

4



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LA POTABILIZACION DEL AGUA EN COMUNIDADES RURALES"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
MARCELINO ALBUERNE CANCINO



MEXICO, D. F.

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/158/1998

Señor
MARCELINO ALBUERNE CANCINO
Presente .

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **M.I. ENRIQUE CESAR VALDEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**“APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LA POTABILIZACION DEL AGUA EN
COMUNIDADES RURALES”**

INTRODUCCION

- I. DIAGNOSTICO DE LOS SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO**
 - II. NORMATIVIDAD RELATIVA AL SUMINISTRO DE AGUA EN
COMUNIDADES RURALES**
 - III. APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y
LOS PROCESOS UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN
LOS SISTEMAS RURALES**
 - IV. ESTUDIOS BASICOS PARA LA REALIZACION DEL PROYECTO**
 - V. ESTUDIO DE CASOS**
- CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

Cd Universitaria, a 26 de enero del 2000

EL DIRECTOR

M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO

Creo que para saber vivir no es necesario controlar, poseer o gobernar todo lo que nos rodea sino únicamente saber utilizar todo lo que nos sucede al caminar por la vida.

Siempre he creído que la fuerza de los pueblos pequeños y las gentes marginadas no está en las armas sino en su capacidad de lucha y de trabajo la que siempre estará respaldada por su capacidad, su cultura, sus tradiciones y por la fe en sí mismos.

Solo quien siente confianza en sí mismo, y siente confianza en la riqueza de su tierra a través de sus recursos naturales, es capaz de escuchar la voz de otros y aceptarlos como iguales. Por ello este trabajo parte del valor, la importancia, la entereza de ser responsable de mí mismo y actuar responsablemente hacia los otros. Trata de introducir esa confianza en la vida de nuestra comunidad para así poder elevar día a día nuestra calidad de vida.

AGRADECIMIENTOS

- A DIOS:** POR SER EL DADOR DE LUZ Y AMIGO INCONDICIONAL EN TODO MOMENTO DE MI VIDA.
- A MIS PADRES:** MARCELINO Y ROSA. POR LA CONFIANZA Y EL INFINITO APOYO QUE EN MI TUVIERON.
- A MIS HERMANOS:** LUZ DEL CARMEN, ROSA ISELA Y JOSE ANTONIO. EJEMPLO DE PERSEVERANCIA, SUPERACION Y UNIDAD.
- A MIS FAMILIARES:** POR CONFIAR EN MI, DANDOME SU APOYO Y COMPRESION. GRACIAS TODOS.
- A MIS PROFESORES Y AMIGOS:** POR CONTRIBUIR EN MI FORMACION PERSONAL Y PROFESIONAL.
M.I. ENRIQUE CESAR VALDEZ.
M.I. GABRIEL MORENO PECERO.
- A MIS AMIGOS:** POR COMPARTIR UNA DE LAS MEJORES ETAPAS DE LA VIDA. A ELLOS.
- A MI UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO:** POR SER MI ALMA MATER Y DARMELAS HERRAMIENTAS PARA SER UNA PERSONA UTIL A LA SOCIEDAD.
-

Introducción	1
I Diagnóstico de los sistemas rurales de abastecimiento	3
I.1 Magnitud y distribución de la población rural en la República Mexicana	6
I.2 Información socioeconómica relativa a las comunidades rurales de la República Mexicana	7
I.3 Descripción de un sistema rural típico de abastecimiento de agua	8
I.4 Análisis estadístico de la información relativa a los índices epidemiológicos y de morbilidad y mortalidad como consecuencia de enfermedades hídricas en la República Mexicana	13
II Normatividad relativa al suministro de agua en comunidades rurales	17
II.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	17
II.2 Ley General de Salud y su reglamento	18
II.3 Ley de Aguas Nacionales y su reglamento	20
II.4 Normas Oficiales Mexicanas en la materia	21
II.5 Niveles de gobierno competentes y sus atribuciones en la materia	22
III Aplicación de la ingeniería civil en las operaciones y los procesos unitarios para el tratamiento de agua en los sistemas rurales	24
III.1 Criterios de selección del proceso de tratamiento	24
III.2 Pretratamiento	26
III.2.1 Sedimentación simple	27
III.2.2 Almacenamiento	29
III.2.3 Filtración preliminar	29
III.2.3.1 Filtración preliminar de flujo vertical	30
III.2.4 Remoción de arenas	32
III.2.5 Control de microorganismos	32
III.3 Adición de compuestos químicos	33
III.3.1 Coagulantes primarios	33
III.3.2 Alcalisis para el control de pH	35
III.3.3 Desinfectantes	37
III.4 Coagulación	40
III.4.1 Floculación	40
III.4.2 Coagulación	42
III.4.3 Mecanismo de coagulación	43

III.5	Sedimentación	44
III.5.1	Sedimentación de flujo horizontal	45
III.5.2	Estructura de entrada	48
III.5.3	Estructura de salida	50
III.5.4	Remoción manual de lodos	51
III.5.5	Sedimentación en placas inclinadas y en tubería	52
III.6	Filtración	53
III.6.1	Filtración lenta de arena	55
III.6.2	Diseño de filtros lentos de arena	56
III.6.3	Filtración dinámica	62
III.6.4	Configuración del filtro	63
III.6.5	Operación y mantenimiento	64
III.7	Desinfección	
IV	Estudios básicos para la realización del proyecto	67
IV.1	Información previa	68
IV.2	Investigación directa	69
IV.2.1	Investigación urbana	69
IV.2.2	Investigación en el campo	69
IV.3	Estudios auxiliares complementarios	70
IV.3.1	Estudios geohidrológicos	70
IV.3.2	Determinaciones hidrométricas	72
IV.3.3	Fotogrametría	72
IV.4	Elaboración integral del proyecto	73
V	Estudio de casos	75
V.1	Características de la unidad potabilizadora de aguas superficiales en la República Mexicana	75
V.1.1	Dosificador de cal en suspensión	77
V.1.2	Dosificador de sulfato de aluminio en solución	80
V.1.3	Tanque mezclador	81
V.1.4	Floculador	81
V.1.5	Sedimentador	83
V.1.6	Cloración	86
V.1.7	Estabilización	86
V.2	Obras construidas	87
VI	Conclusiones	89

Anexo A**Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos** 92**Anexo B****Ley General de Salud** 95**Anexo C****Reglamento de la Ley General de Salud en materia de control sanitario de actividades, establecimientos, productos y servicios** 97**Anexo D****Ley de Aguas Nacionales** 102**Anexo E****Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales** 108**Anexo F****Norma Oficial Mexicana NOM – 127 – SSA 1 – 1994, “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano – límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización”** 117**Anexo G****Programa para la sostenibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades rurales. Ficha ambiental** 125**Anexo H****Programa para la sostenibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades rurales. Componente de atención social y participación comunitaria** 127

Bibliografia

132

INTRODUCCION

La ingeniería sanitaria es la rama de la ingeniería civil que se ocupa de la promoción y conservación de la salud pública por medio de obras que tiende a mejorar la calidad de vida de los individuos proporcionando a la comunidad salud, seguridad y confort

La ciencia y la tecnología del agua es un tema de interés que comprende la aplicación de los principios biológicos, químicos y físicos asociados con las técnicas de ingeniería.

Los objetivos de este trabajo fueron los siguientes:

- Exponer en qué consisten los métodos fundamentales utilizados por el ingeniero civil en la potabilización del agua.
- Investigar cuáles operaciones y procesos unitarios han probado ser adecuados para la potabilización en los sistemas de abastecimiento para comunidades rurales, en cuanto a su planeación, construcción y operación; considerando la adecuada utilización de los recursos naturales y sus impactos en el medio social y económico de cada región.

Este trabajo se estructuró en seis capítulos tratando de ofrecer alternativas comprometidas con el bienestar de la población, tomando en cuenta el uso eficiente del agua y la calidad con que se suministra a los individuos.

En el Capítulo I, "Diagnóstico de los sistemas rurales de abastecimiento" se inicia por definir una comunidad rural; se informa la cobertura actual del abastecimiento de agua y las condiciones en que es suministrada, así como los índices epidemiológicos y de morbilidad y mortalidad como consecuencia de enfermedades hídricas en nuestro país.

El Capítulo II, presenta el marco normativo relativo a las autoridades federales, estatales y municipales responsables de los sistemas rurales de abastecimiento y se presentan las

disposiciones relativas a la cantidad y calidad del agua para consumo humano, cuyo manejo y cuidado es un asunto de prioridad social y económica para el Estado

En el Capítulo III, se estudian los procesos físicos, químicos y biológicos más convenientes para efectuar la potabilización del agua en los sistemas rurales, así como la determinación de los criterios que sigue el ingeniero civil para la selección de uno o algunos de ellos

El Capítulo IV, describe las etapas de desarrollo de los estudios básicos que se llevan a cabo para la realización del proyecto integral de abastecimiento de agua potable a una comunidad rural.

En el Capítulo V, se presentan ejemplos de sistemas donde se han integrado métodos simplificados de operaciones y procesos unitarios convencionales en la potabilización del agua, con el fin de proponer los más convenientes para el servicio de abastecimiento a las comunidades rurales en la actualidad.

Finalmente el Capítulo VI, presenta las conclusiones derivadas de la realización del presente trabajo.

La preparación de este trabajo debe mucho al entusiasmo del M.I. Enrique César Valdez, por la colaboración e interés mostrados, por lo que deseo hacer patente mi agradecimiento por todo su apoyo.

Agradezco la colaboración del Ing Vicente Méndez Alba por las facilidades prestadas en la consulta de la información necesaria

Marcelino Albuérne Cancino.

DIAGNOSTICO DE LOS SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO

La política hidráulica de México, para el mediano y largo plazos, está orientada a garantizar la disponibilidad de agua para satisfacer las necesidades de la población e impulsar el desarrollo de las actividades económicas, de manera compatible con las capacidades ambientales de cada región.

Por lo anterior, los problemas y soluciones del sector hidráulico deben ser analizados desde el punto de vista económico y social, además de los aspectos técnicos y ambientales, para que se logren propuestas viables

En el territorio nacional confluyen dos grandes regiones biogeográficas: la neártica y la neotropical, que dan como resultado diferentes climas y diversidad de especies en la flora y fauna. De la superficie total del país, el 52% es árido y semiárido el 13% es trópico seco, el 20% es templado y el 15% trópico húmedo. Existen ecosistemas con escasez de agua que limitan su extracción y otros en donde se requiere regular las condiciones de abundancia extrema.

El bajo nivel de cobertura en los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, se refleja en aspectos de salud. Si bien se observa que han disminuido las tasas de mortalidad, en algunas localidades subsisten problemas de salud. Por eso es necesario mejorar el nivel actual de los servicios en los medios rural y suburbano, como medida sanitaria preventiva.

Existen diferencias en la disponibilidad del agua a lo largo y ancho del territorio nacional porque la contaminación de los cuerpos de agua limita algunos de los usos. La contaminación afecta tanto al agua superficial como al agua subterránea y disminuye notablemente la disponibilidad determinada en los balances hidrológicos, ya que en muchos casos existirá el recurso pero no podrá utilizarse por su mala calidad

Para obtener un conocimiento más detallado de los recursos hidráulicos y hacer más eficaz la administración y la planeación del agua, las 314 cuencas hidrológicas con que cuenta el país han sido agrupadas en seis regiones administrativas de acuerdo al Programa Hidráulico 1995 - 2000.

Región Noroeste.

La región está integrada por los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit, con una superficie de 415 mil km² (21% del territorio nacional). Habitan la región 7.8 millones de personas (8% de la población del país).

Se estima que en 1995, existía una cobertura del 87.4% en materia de abastecimiento de agua potable y 67% en lo referente al servicio de alcantarillado.

Destacan como demandantes de agua las maquiladoras, el procesamiento de productos agropecuarios y del mar, y la minería.

Región Norte.

La región comprende los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León y la mayor parte de Tamaulipas. Tiene una extensión territorial de 662 mil km² (34% del territorio nacional); y su población total es de 11.6 millones de habitantes (13% de la población del país). La cobertura en materia de abastecimiento de agua potable se estima que en 1995 era del 93.2% y en 72.6% la del servicio de alcantarillado.

Las principales fuentes de contaminación del agua superficial son las descargas del área metropolitana de Monterrey, las ciudades fronterizas del río Bravo, las ciudades de Chihuahua, Saltillo y Monclova en la cuenca del río Bravo, en los ríos Conchos, San Juan y Bravo. En las cuencas cerradas, las descargas del área conurbada e industria pasteurizadora de Torreón, Gómez Palacio y Lerdo, en la laguna de Bustillos y río Bravo. En el estado de Durango es donde se genera menor contaminación. En este estado la principal fuente contaminante son las descargas municipales de la ciudad de Durango y de la industria de la celulosa en el valle del Guadiana.

La calidad del agua en los acuíferos es en general buena, sin embargo, se estima que por el manejo inadecuado de su explotación se ha inducido la degradación de su calidad (concentración de sales y contaminación por aguas residuales). Los principales acuíferos con problemas de este tipo se presentan en el Valle de Juárez, Chihuahua; el Valle del Guadiana, en Durango; y la Región Lagunera en Coahuila y Durango.

Región Noreste.

Comprende los estados de Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí, Veracruz y el sur de Tamaulipas, con una superficie total de 222 mil km² (11% del territorio nacional). En la región se concentra una población de 11.8 millones de habitantes (13% de la población del país). Se tiene una cobertura en materia de abastecimiento de agua potable del 73.3% y del 59.9% en el servicio de alcantarillado.

DIAGNOSTICO DE LOS SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO

Fisiográficamente la región se divide en tres zonas, similares entre si:

a) El Altiplano, que comprende los estados de Aguascalientes, Zacatecas y parcialmente San Luis Potosí, con una población de 3.1 millones de habitantes. Debido a la escasez de agua superficial se han sobreexplotado 20 acuíferos de los 52 detectados en esta región, principalmente por actividades agrícolas, por lo tanto no se cuenta con disponibilidad de agua para reserva y se tiene riesgo de contaminación por descargas de aguas residuales.

De 114 plantas de tratamiento sólo 32 operan en buenas condiciones y el resto tienen deficiencias. Sólo se trata el 26% del efluente total.

b) Las cuencas Pánuco y norte de Veracruz, comprenden parcialmente los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. Concentra a 3.9 millones de habitantes con gran dispersión de la población rural por lo que sus niveles de cobertura en el servicio de abastecimiento de agua potable se ubican por debajo del 37%.

Se caracteriza por la existencia de muchos escurrimientos que producen inundaciones recurrentes en el periodo de lluvias, afectando infraestructura hidráulica, áreas productivas y centros de población. Se tiene contaminación puntual por descargas municipales, industriales y con agroquímicos. Sólo se trata el 15% de un efluente de 150 millones de m³ por año.

c) Las cuencas de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos, en el estado de Veracruz, concentran 4.8 millones de habitantes y la principal industria de toda la región. Existe gran dispersión de comunidades rurales con diferentes grados de marginalidad. Por su actividad económica se tienen altos niveles de contaminación principalmente en los ríos Jamapa, Blanco y en la desembocadura de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos.

Se tienen deficiencias en la cobertura del servicio de alcantarillado que asciende a 34% en las zonas urbanas y hasta el 71% en zonas rurales. De 35 plantas de tratamiento existentes en esta zona, no operan 10. Se trata sólo el 22% de un efluente de 230 millones m³ anuales.

Región Lerma – Balsas.

Constituida por los estados de Colima, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Querétaro, la superficie total de la región es de 252 mil km² (13% del territorio nacional) La población actual que habita en la región se estima en 19 millones de habitantes (22% de la población nacional). Aproximadamente el 20% de la actividad del país se concentra en la región. El porcentaje de cobertura en materia de abastecimiento de agua potable es de 83.8% y el del servicio alcantarillado de 67%.

Los principales problemas son las fugas de agua en las redes de distribución, el desarrollo irregular de los asentamientos urbanos que no poseen alcantarillado; y la falta de plantas de tratamiento para cumplir con el saneamiento integral de las cuencas.

Región Valle de México.

Está constituida por los estados de Hidalgo, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Estado de México y el Distrito Federal, y tiene una superficie de 86 mil km² (4% del territorio nacional), con una población de 29.8 millones de habitantes (32% de la población nacional). En la región se tienen la mayor concentración urbana e industrial de la República Mexicana.

Actualmente el 88.5% de la población cuenta con el servicio de agua potable y el 76% con el de alcantarillado. En la Zona Metropolitana de la ciudad de México el servicio es suficiente, salvo en pequeños asentamientos dispersos, sin embargo, se requiere importar agua de cuencas vecinas para satisfacer la demanda por el crecimiento poblacional y coadyuvar a la recuperación de los acuíferos. El tratamiento de las aguas residuales sólo alcanza el 17%.

La escasa disponibilidad de fuentes de abastecimiento impide satisfacer la demanda para los distintos usos. La contaminación en casi todas las corrientes y cuerpos receptores por la falta de infraestructura de saneamiento de las aguas residuales, impide su adecuada reutilización. La sobreexplotación de los acuíferos, principalmente en la cuenca del Valle de México, se estima que es de casi el 100% con respecto a la recarga.

Región Sureste.

Está integrada por los estados de Tabasco, Oaxaca, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo; tiene una extensión de casi 335 mil km² (17% del territorio nacional). En esta región se asienta una población de 10.8 millones de habitantes (12% de la población nacional), y existe un alto índice de marginalidad.

El 68.9% de la población cuenta con el servicio de agua potable y el 46.3% con el de alcantarillado. En el medio rural, más de la mitad carece de agua potable y cuatro de cada cinco habitantes no tienen servicio de alcantarillado.

Se capta el 30% de las aguas residuales en los sistemas de alcantarillado y sólo se trata el 15%, aunque en forma deficiente. Los rezagos en los servicios de agua potable y alcantarillado han propiciado condiciones de insalubridad, lo que ha favorecido la incidencia de cólera.

1.1 Magnitud y distribución de la población rural en la República Mexicana.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Población (CONAPO), se entenderá por zonas o localidades rurales aquellas cuya población es menor a 2500 habitantes; el resto se considera como zonas o localidades urbanas.

En virtud de la necesidad de extender los servicios pese a las dificultades que se presentan en el diseño de obras de abastecimiento de agua potable en comunidades rurales, es

DIAGNOSTICO DE LOS SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO

necesario conocer la distribución de la población rural en la República Mexicana. En el Cuadro 1.1 se presentan los datos de la población rural por región

Cuadro 1.1 Distribución de comunidades rurales en la República Mexicana en 1995.

REGIÓN	POBLACION TOTAL Millones de habitantes	POBLACION RURAL Millones de habitantes
NORTE	11.6	2.1
NOROESTE	7.8	2.2
NORESTE	11.8	4.9
LERMA-BALSAS	19.0	6.3
VALLE DE MEXICO	29.8	4.8
SURESTE	10.8	5.0
TOTAL	90.8	25.3

Fuente: Consejo Nacional de Población 1995
Comisión Nacional del Agua 1995

La disponibilidad de agua se concentra principalmente en el sureste del país donde de acuerdo con el Cuadro 1.1 la densidad de población y la demanda de agua son bajas, en contraste con el centro, norte y noroeste, donde la densidad de población es mayor y las demandas son altas, pero el agua es escasa.

1.2 Información socioeconómica relativa a las comunidades rurales de la República Mexicana.

Con base en la información de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y del Consejo Nacional de la Población (CONAPO) para 1995, se estima que a nivel nacional, de una población de 91.6 millones de habitantes, 15.1 millones carecen de servicio de agua potable y 30.2 millones carecen de alcantarillado. Los mayores rezagos se localizan en el medio rural; donde 47.5% de la población carece del servicio de agua potable y 79.1% del servicio de alcantarillado, como puede observarse en el Cuadro 1.2

Cuadro 1.2 Cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado por tamaño de localidad rural en 1995.

Tamaño de localidad (habitantes)	Número de localidades	Población (Millones hab)	Cobertura de agua potable (%)	Cobertura de alcantarillado (%)	Población con agua potable (Millones hab)	Población con alcantarillado (Millones hab)
1000-2499	4,661	8.3	67.6	31.0	5.6	2.6
1-999	149,152	17.9	45.4	16.2	8.1	2.9
Subtotal	153,813	26.2	52.5	20.9	13.7	5.5
Total	156,603	91.6	83.5	67.0	67.5	61.4

Fuente: Consejo Nacional de Población 1995
Comisión Nacional del Agua 1995

DIAGNOSTICO DE LOS SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO

En cuanto a las comunidades rurales con menos de 2500 habitantes, se encuentran en condiciones de pobreza y pobreza extrema el 44%, de acuerdo al estudio de Magnitud y Evolución de la Pobreza en México 1984-1992, realizado por INEGI-CEPAL en 1993. Estas localidades no cuentan con recursos para tener acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento

Se estima que en el año 2000, el país tendrá 99.2 millones de habitantes, de los cuales 70.8 millones estarán concentrados en el medio urbano y 28.4 millones en el medio rural. Para que en ese año cuente con agua potable el 87.5% de la población, se debe dotar del servicio a otros 10.3 millones de habitantes, para alcanzar un total de 86.8 millones. Para que cuente con alcantarillado el 76.2% de la población se debe proporcionar el servicio a otros 14.3 millones de habitantes, con el fin de alcanzar un total de 75.7 millones. Véase el Cuadro 1.3.

Se estima que al año 2000, la demanda total del agua potable será de 9.4 km³/año (299 m³/s) y se generarán 7.7 km³/año (244 m³/s) de aguas residuales con 1.95 millones de toneladas de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), de las cuales se captarán en el alcantarillado 6.3 km³/año (200 m³/s), con 1.49 millones de toneladas al año de DBO.

Cuadro 1.3 Perspectivas de los servicios de agua potable y alcantarillado por tamaño de localidad rural en 1995 - 2000.

Tamaño de localidad (habitantes)	Población (año 2000) (Millones hab)	Cobertura de agua potable (%)	Cobertura de alcantarillado (%)	Población servida con agua potable (Millones hab)	Población beneficiada con agua potable (Millones hab)	Población servida con alcantarillado (Millones hab)	Población beneficiada con agua alcantarillado (Millones hab)
1000-2499	9.0	80.0	60.0	7.2	1.6	5.4	2.9
1-999	19.4	60.0	50.0	11.6	3.5	9.7	6.8
Subtotal	28.4	66.3	53.2	18.8	5.1	15.5	9.7
Total	99.2	87.5	76.2	86.8	10.3	75.7	14.3

Fuente: Consejo Nacional de Población 1995
Comisión Nacional del Agua 1995

I.3 Descripción de un sistema rural típico de abastecimiento de agua.

Un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en Zonas Rurales (S A A P Z R), es apropiado para localidades con menos de 2500 habitantes, sin embargo, existen poblados mayores que, debido a su distribución espacial, caracterizada por un alto grado de dispersión, y/o debido también a su condición socioeconómica, es más adecuado abastecerlos con un SAAPZR.

La Figura 1.1 muestra la configuración de un sistema rural típico de abastecimiento de agua potable para satisfacer los requerimientos de comunidades con poblaciones pequeñas y medianas. Se observa que las partes de que consta un sistema rural son en general, las mismas

que para un sistema en el medio urbano, en particular las siguientes fuente, captación (obra de toma), conducción, tratamiento de potabilización, conducción (alimentación a la red) y red de distribución

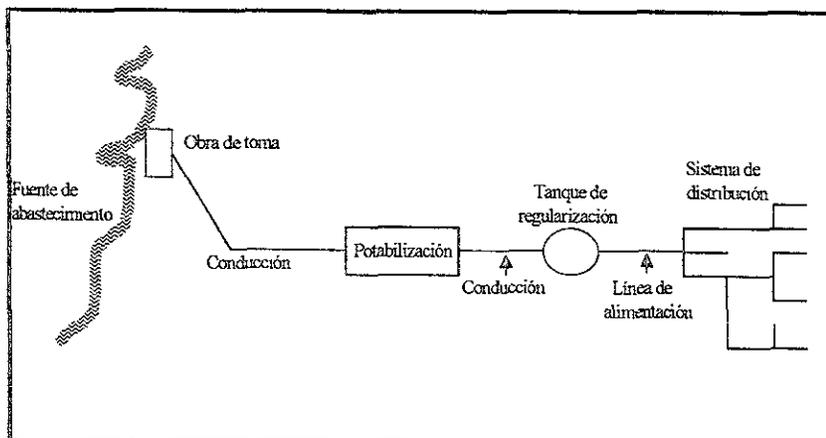


Figura 1.1 Sistema rural típico de abastecimiento de agua potable, con fuente superficial

Sin embargo, a diferencia de los sistemas urbanos de abastecimiento de agua potable en los que en general se construyen redes de distribución en malla, en los sistemas rurales la red de distribución es en general del tipo abierta o ramificada, ya que por la dispersión de viviendas que suele haber en el medio rural, resultaría muy costoso construir redes en malla o cerradas. Por otra parte, es común que se instalen puestos de toma en plazas o lugares públicos pero no tomas domiciliarias en cada predio

A continuación se ilustran diferentes esquemas de abastecimiento de agua potable para satisfacer los requerimientos en las comunidades rurales; donde se indican sus elementos y sus arreglos más comunes así como sus condiciones de aplicación

En localidades donde las viviendas están muy dispersas y se dispone de una fuente de agua subterránea a poca profundidad es común que la captación se realice con un pozo excavado. La extracción se lleva a cabo utilizando una bomba de mano, la desinfección se realiza empleando un dosificador que deposita cloro directamente dentro del pozo, como se ilustra en la Figura 1.2.

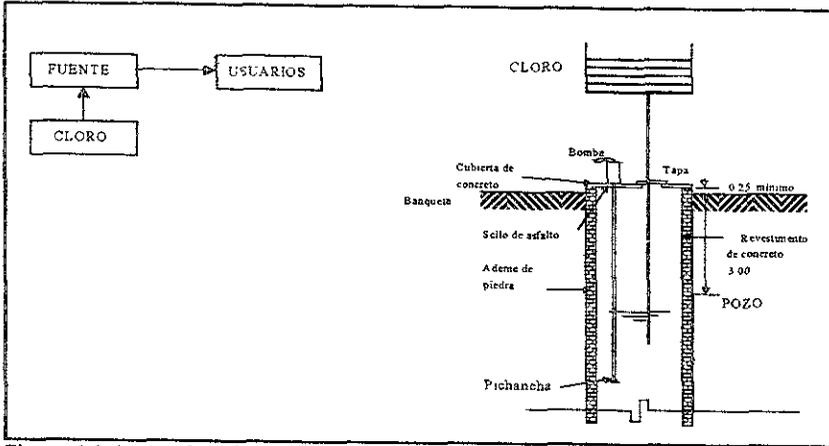


Figura 1.2 Agua subterránea a poca profundidad y usuarios dispersos.

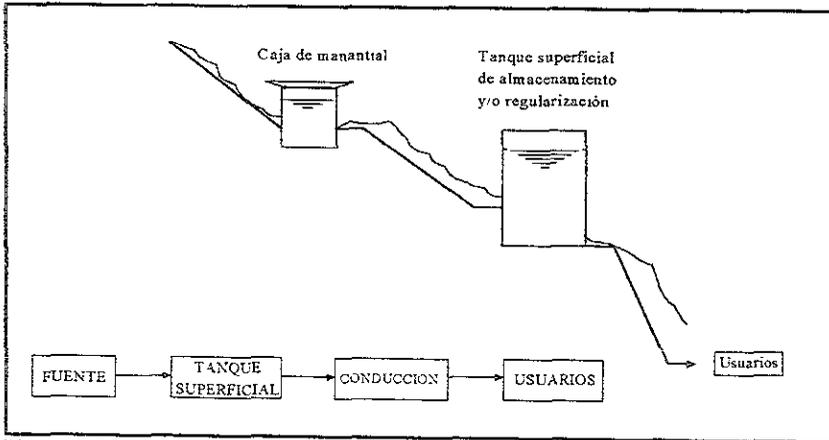


Figura 1.3 Manantial o arroyo de montaña.

Cuando la fuente de abastecimiento es un manantial o un arroyo de montaña, generalmente el agua es de buena calidad para consumo humano requiriéndose únicamente su desinfección, la cual puede realizarse a nivel domiciliario. Asimismo, si la topografía de la zona lo permite, es muy conveniente construir un tanque superficial de regularización y efectuar la conducción hasta la red de distribución por gravedad, como se muestra en la Figura 1.3.

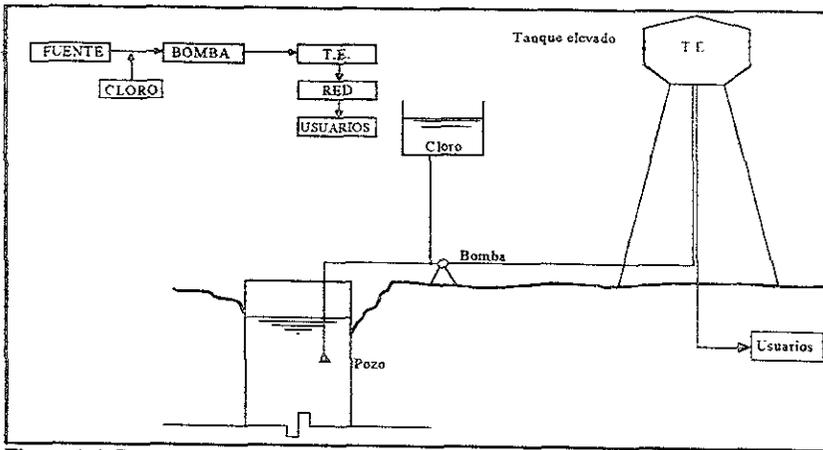


Figura 1.4. Fuente de agua subterránea y terreno plano.

En localidades con terreno plano y donde la fuente de abastecimiento es un acuífero somero, una captación por medio de un pozo excavado es adecuada. La extracción se realiza empleando una bomba que conduce el agua a un tanque elevado de regularización. La desinfección se lleva cabo conectando un dosificador de cloro en el tubo de succión de la bomba. Este esquema, mostrado en la Figura 1.4, es apropiado para localidades donde los usuarios no están muy dispersos.

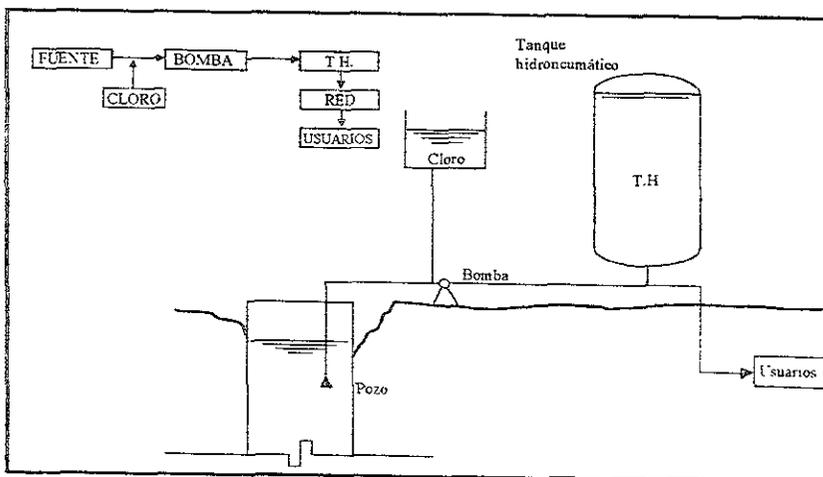


Figura 1.5 Fuente de agua subterránea y terreno plano.

La Figura 1.5, ilustra una alternativa para sistemas con las mismas características indicadas en la Figura 1.4, con el uso de un tanque a presión (tanque hidroneumático), que se construye al nivel del piso, por lo que su costo generalmente es menor que el de un tanque elevado. Una desventaja que tienen los sistemas con tanque a presión es que el tiempo de contacto con cloro podría ser muy corto antes del consumo y también se tendría presente un olor concentrado de cloro. Otra desventaja es la necesidad de mantener el aire dentro del tanque por medio de un compresor.

El esquema mostrado en la Figura 1.6 se aplica cuando la fuente de abastecimiento es superficial y el agua tiene turbiedad baja. La captación se realiza mediante un pozo de succión construido en la margen de la fuente y el agua se extrae utilizando una bomba. Para clarificar el agua se emplea un sedimentador y un filtro lento de arena que alimentan un cárcamo (tanque de agua clara), desde donde se bombea hacia un tanque elevado de regularización. La desinfección se realiza conectando un dosificador de cloro en la tubería de alimentación del cárcamo.

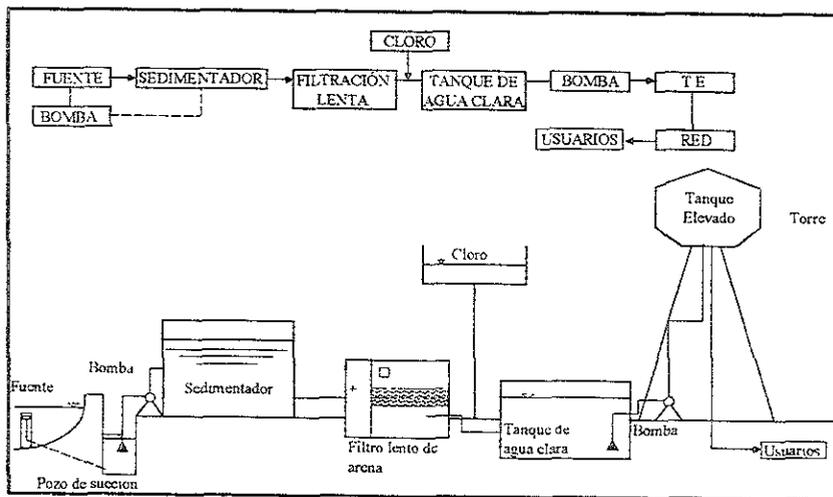


Figura 1.6 Fuente de agua subterránea y terreno plano

Cuando la fuente de abastecimiento es subterránea y el agua contiene hierro y manganeso en exceso puede considerarse el sistema mostrado en la Figura 1.7. La captación se lleva a cabo mediante un pozo. La extracción se realiza utilizando una bomba de pozo profundo que descarga a un tanque de filtración, mediante aspersores para aerear el agua y disminuir el olor y las concentraciones de hierro y manganeso, así como también para oxidar algunos compuestos orgánicos e introducir oxígeno disuelto. Después de la filtración se descarga a un cárcamo de bombeo (tanque de agua clara), desde donde se bombea hasta un

tanque elevado de regularización. La desinfección se realiza conectando un dosificador de cloro en la tubería de alimentación del cárcamo de bombeo.

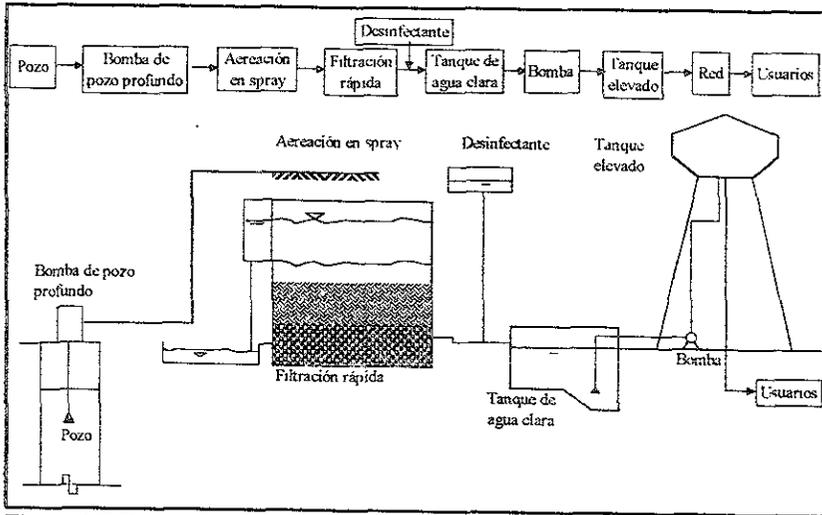


Figura 1.7 Fuente de agua subterránea y terreno plano.

1.4 Análisis estadístico de la información relativa a los índices epidemiológicos y de morbilidad y mortalidad como consecuencia de enfermedades hídricas en la República Mexicana.

Debido a la importancia que tiene el agua en la vida del hombre, si está contaminada, se convierte en un medio con gran potencial para transmitir una amplia variedad de males y enfermedades. En los países desarrollados las enfermedades hídricas son raras, lo que se debe esencialmente a la presencia de sistemas eficientes de abastecimiento de agua y eliminación de agua residual. Sin embargo, en los países en vías de desarrollo, tal vez cerca de 2000 millones de personas no cuentan con abastecimiento de agua seguro y saneamiento adecuado.

Existe preocupación por posibles riesgos para la salud que pueden surgir a largo plazo por la presencia de pequeñas concentraciones de impurezas en el agua de beber, en especial de compuestos potencialmente carcinógenos. También hay varios contaminantes, de origen natural producidos por el hombre, que tienen efectos conocidos en la salud de quienes los consumen.

DIAGNOSTICO DE LOS SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO

Cuadro 1.4 Padecimientos de enfermedades diarreicas agudas (EDA). Epidemiología de morbilidad debida a enfermedades hídricas en la República Mexicana

PADECIMIENTOS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Abceso hepático amibiano	2560	3141	3540	3001	3541	7477	6243	3560	9040
Amibiasis intestinal	1002566	1142216	1274980	1098496	988711	1529003	1387107	1512477	1596850
Cólera	0	2690	9410	11091	4075	16430	1088	2336	2490
Fiebre tifoidea	14963	14694	12030	8049	8639	8882	9149	12698	15310
Giardiasis	57275	78183	88250	71178	60473	70609	64820	73035	77100
Infecciones intestinales y las mal definidas	2492830	2821295	3266260	3132237	2676056	3432913	4058244	4597919	4840370
Intoxicación alimentaria bacteriana	54677	59444	57160	47755	39476	49182	48267	51820	54700
Otras infecciones intestinales debidas a protozoarios	-	-	-	-	-	62454	77487	100128	105700
Paratifoidea y otras salmonelosis	94535	104105	109920	97975	100242	147809	1581805	192867	203700
Shigelosis	14965	14134	14110	16200	15975	31278	32256	38140	40260
Total de casos	3734371	4239902	4835660	4285984	3897788	5352067	7266566	6586010	6952250
Total de habitantes	81246445	83389057	85627971	87327888	89297820	91158290	93234721	95201603	97167680
TASAS DE MORBILIDAD POR EDA	4.6%	5.1%	5.6%	5.1%	4.4%	5.9%	7.8%	6.9%	7.2%

Fuente: Secretaría de Salud y Asistencia
Centro de Estudios de Población y Salud. Morbilidad 1995

Las enfermedades hídricas más comunes, ciertamente las que causan el mayor daño a escala global, son aquellas que se propagan por el agua contaminada con heces u orina humanas. Con este tipo de enfermedad, la infección ocurre cuando el organismo patógeno llega al agua que consume una persona que no es inmune a la enfermedad. La mayoría de las enfermedades en esta categoría, el cólera, la tifoidea, la disentería bacilar, etc. siguen una ruta de transmisión fecal - global y los brotes se caracterizan porque enferman simultáneamente varias personas que toman de la misma fuente de agua. Debe observarse que aunque estas enfermedades pueden ser transmitidas por el agua, también se difunden por cualquier otra ruta.

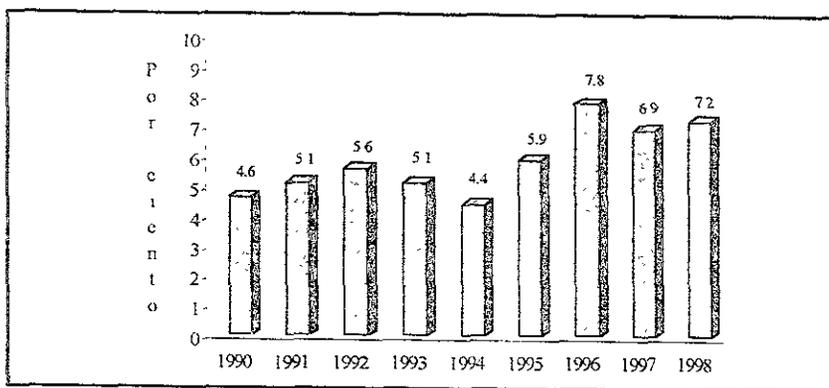


Figura 1.8 Tasa de morbilidad por EDA causadas por enfermedades hídricas 1990 - 1998.

DIAGNOSTICO DE LOS SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO

que permita la ingestión de la materia fecal de una persona enferma, los datos que se presentan en el Cuadro 1.4 indican el número de padecimientos de enfermedades diarreicas, producidas por el consumo de agua contaminada en la República Mexicana.

En este inciso se presentan, la tasa de morbilidad por enfermedades diarreicas agudas producidas por agua y las causas de ellas relativa a la población total.

Las fuentes principales para integrar la información mencionada son la Secretaría de Salud y Asistencia y el Centro de Estudios de Población y Salud.

Cuadro 1.5 Principales causas de mortalidad por enfermedades hídricas en la República Mexicana.

CAUSAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Enfermedades infecciosas y parasitarias	4096	30127	24647	23768	26676	20007	18748
Enfermedades del aparato digestivo	33238	34286	38096	37255	37416	38347	38672
Enfermedades, síntomas y estados morbosos mal definidos	9716	8872	8383	7772	6930	7215	7449
Total de casos	83950	73285	68126	68825	64922	66389	64869
Total de habitantes	81249645	83388057	85627971	87327888	89297820	91158290	93234721
TASAS DE MORTALIDAD POR ENFERMEDADES HÍDRICAS	0.10%	0.09%	0.08%	0.08%	0.07%	0.07%	0.07%

Fuente: Secretaría de Salud y Asistencia.

Centro de Estudios de Población y Salud. Mortalidad 1997

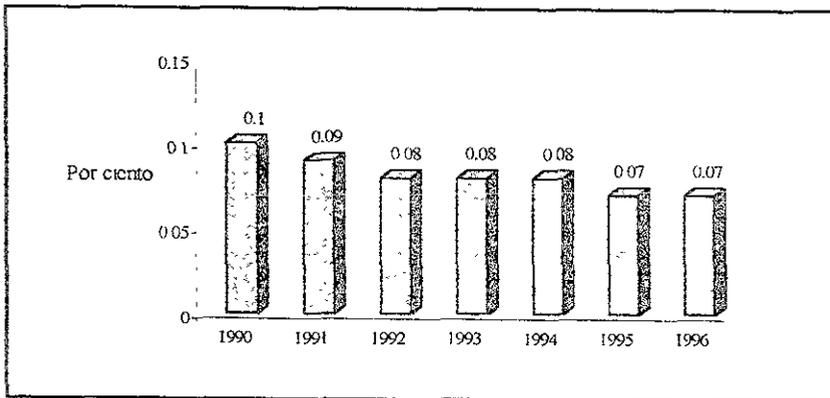


Figura 1.9 Tasa de mortalidad causadas por enfermedades hídricas 1990 – 1996

México atraviesa por una rápida y profunda transición demográfica, caracterizada por cambios muy acentuados en la mortalidad por enfermedades hídricas como se muestra en el Cuadro 1.5 y la Figura 1.9. No obstante las considerables ganancias logradas en la sobrevivencia de los mexicanos, persisten las desigualdades regionales y de grupos socioeconómicos. Las diferencias en entidades federativas son igualmente notorias, por ejemplo la mortalidad en el Estado de Oaxaca es de 2.4 veces mayor que la del Distrito Federal o Nuevo León.

Gran parte del rezago de la mortalidad puede y debe ser evitado, pues resulta de enfermedades infecciosas y parasitarias, que son susceptibles de tratarse mediante intervenciones adecuadas de salud y nutrición. En la República Mexicana se estima que la extracción total de agua para uso doméstico es de $8.5 \text{ km}^3/\text{año}$ ($270 \text{ m}^3/\text{s}$). Existe capacidad instalada para desinfectar el 95% del agua que se suministra a la población, y reciben un proceso de potabilización $2.2 \text{ km}^3/\text{año}$ ($70 \text{ m}^3/\text{s}$).

NORMATIVIDAD RELATIVA AL SUMINISTRO DE AGUA EN COMUNIDADES RURALES

En este capítulo se presenta el marco normativo relativo a la competencia de los niveles de gobierno federal, estatal y municipal en materia de abastecimiento de agua a las comunidades rurales, así como a la cantidad y calidad del agua para consumo humano

La política del agua debe enfrentar con sentido futuro el reto del agua y atender las demandas de la sociedad. La instrumentación de esta política ha requerido organizar la tarea del Estado, y posteriormente, alentar la movilización social para resolver los problemas del agua, que son consecuencia de la escasez del recurso, su explotación excesiva, su uso poco eficiente y su contaminación.

En congruencia con los principios rectores del federalismo y de impulso a la descentralización y fortalecimiento institucional, la aplicación de las políticas señaladas en este capítulo demanda una estrecha vinculación entre las dependencias en las distintas instancias de gobierno y los grupos sociales afectados. Se pretende consolidar un marco institucional que permita administrar el agua en forma eficiente, mediante el mejor conocimiento de la disponibilidad de los recursos en cantidad y calidad, así como las demandas de los usuarios en comunidades rurales.

II.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

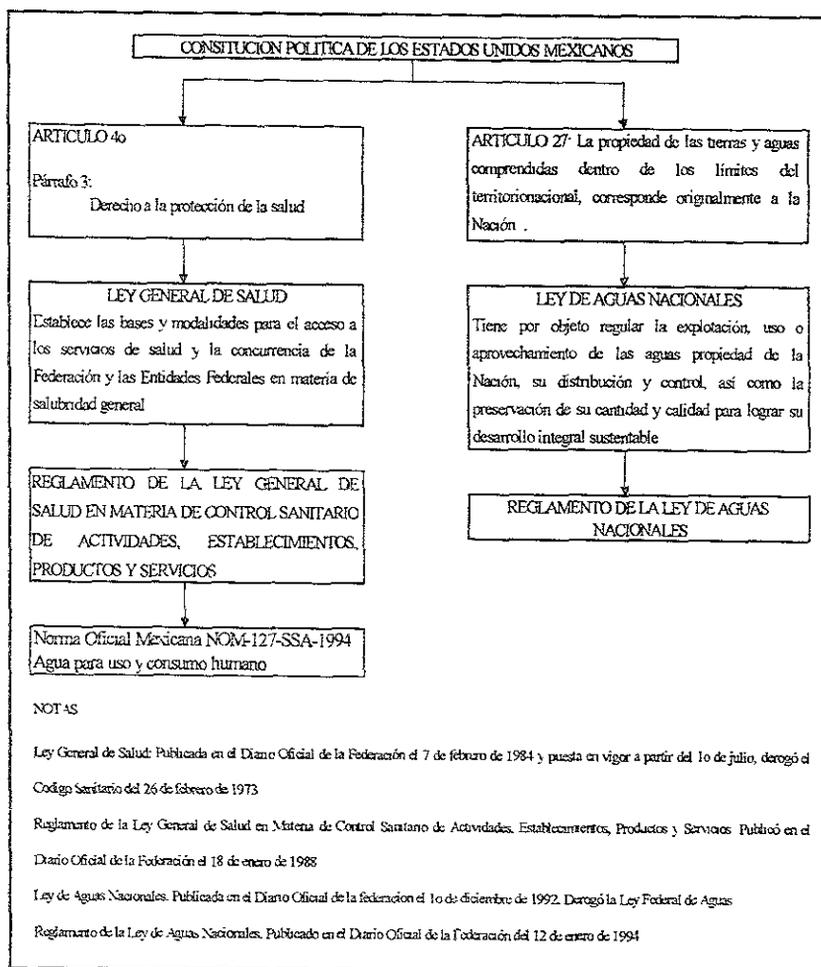
La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 27 (Anexo A), consagra el principio de que la propiedad de las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originalmente a la Nación, y sólo por excepción cuando se demuestre que las aguas no tienen tal carácter, se considerarán de propiedad privada. Por tanto, las aguas nacionales son bienes del dominio público y, en consecuencia, son inalienables, imprescriptibles e inembargables en los términos de la Ley General de Bienes Nacionales

La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, según lo dispuesto en el citado artículo 27 Constitucional, sólo podrá realizarse por los particulares mediante concesiones que otorgue el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes, en cuyo otorgamiento se tiene que observar lo dispuesto en el

antepenúltimo párrafo del artículo 28 Constitucional (Anexo A), que establece no sólo el principio de la legalidad para otorgar concesión, sino además la facultad potestativa de concesionar en casos de interés general

II.2 Ley General de Salud y su reglamento.

Cuadro 2.1



NORMATIVIDAD RELATIVA AL SUMINISTRO DE AGUA EN COMUNIDADES

La salud humana depende no sólo de la cantidad, sino también de la calidad del agua que se utiliza. En México, la autoridad encargada para la emisión de normas y criterios de calidad de agua para consumo humano es la Secretaría de Salud (ver Cuadro 2.1). A esta dependencia se debe la elaboración del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios (Anexo B), que entró en vigor el 19 de enero de 1988. En el Título Tercero, Capítulo I del Reglamento mencionado, se define como agua potable toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud.

El impacto de los problemas asociados a la calidad del agua para consumo humano pueden modificar considerablemente las propiedades, efectos y usos de la misma; la información disponible sobre la calidad del agua indica que los parámetros que más afectan a los cuerpos de aguas superficiales son: turbiedad, color, dureza, hierro y manganeso, arsénico y microorganismos patógenos.

El exceso de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio produce incrustaciones en tuberías y causan la dureza en el agua que, entre otros inconvenientes, obliga al consumo elevado de jabón.

El exceso de sales (cloruros y sulfatos) produce sabor desagradable y limita su uso. Sin embargo, hay poblaciones que consumen agua con 2000 mg/litro, que actuarían como laxante en personas no acostumbradas a ingerir tales cantidades.

El hierro colorea el agua, le da un sabor desagradable y se incrusta en las tuberías.

Los nitratos, arriba de 50 mg/litro, pueden producir alteraciones de la sangre en niños de corta edad (metahemoglobinemia o síndrome del niño azul).

En cuanto a los niveles máximos de contaminación por sustancias orgánicas, se han incluido el Bario, Cadmio y Mercurio. En cuanto al Bario, causa serios efectos tóxicos sobre el corazón, vasos sanguíneos y nervios, la dosis fatal de esta sustancia está entre 550 a 600 mg. Se encuentra presente en forma natural en manantiales minerales como sales de carbonato y artificialmente en veneno para ratas.

El Cadmio es altamente tóxico, 134 a 150 mg/l en alimentos causan enfermedades, pues se acumula en los tejidos provocando alteraciones en el metabolismo y anemia. En dosis mayores afecta las arterias renales. Se origina en las descargas sin control de las plantas de galvanoplastia o por operaciones de galvanizado, también la corrosión de tuberías galvanizadas puede apartarlo.

Los fluoruros arriba de 1.5 mg/l suelen provocar la aparición de manchas oscuras en los dientes y su ausencia predispone las caries dentales.

La turbiedad es objetable por su apariencia y también porque las sustancias que la producen crean problemas en el lavado de ropa, en la fabricación de hielo y de refrescos o en otros usos, además de que reducen la efectividad del desinfectante, durante el tratamiento.

Sustancias como el Plomo, el Arsénico o el Cromo pueden ser tóxicas.

Por estas razones, la Secretaría de Salud ha fijado las cantidades máximas aceptables de las sustancias que puede contener el agua para ser considerada potable en la NOM – 127 – SSA1 – 1994, que se refiere a los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Esta norma se incluye en el Anexo D de este trabajo.

II.3 Ley de Aguas Nacionales y su reglamento.

La Ley de Aguas Nacionales (Anexo C) aprobada el 2 de diciembre de 1992, es reglamentaria de los párrafos quinto y sexto del artículo 27 de la Constitución, mencionados anteriormente.

Entre sus características más importantes destacan las siguientes:

1. Reitera el principio Constitucional por el cual la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, sólo puede realizarse mediante título de concesión por el Ejecutivo Federal, a través de la Comisión Nacional del Agua.
2. Considera, el objetivo de regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su calidad para lograr el desarrollo integral sustentable de los recursos hidráulicos del país
3. Da un tratamiento integral a la administración del recurso, en cantidad y calidad, considerando las aguas superficiales y las subterráneas como un recurso unitario.
4. Establece claramente el marco institucional para la administración del recurso hidráulico, esclareciendo el papel rector del Estado y la coordinación entre los diferentes niveles de gobierno.
5. Propicia una mayor participación de los usuarios en el aprovechamiento y administración del recurso.
6. Incorpora la planeación hidráulica como punto básico para la administración del recurso para cuencas hidrológicas
7. Establece los principios de una administración objetiva para regular los derechos y obligaciones de los usuarios del recurso, y los complementa con disposiciones específicas para los usos más importantes: el uso agrícola, los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento, la generación de energía hidroeléctrica y otros usos productivos.
8. Establece disposiciones específicas para la regulación de las cuencas y acuíferos que presentan serios problemas de escasez, sobreexplotación o contaminación, a través del establecimiento de zonas reglamentarias o zonas de veda o de reserva
9. Otorga un mayor énfasis a los aspectos de control de la contaminación del agua, para lo cual establece las bases para la instrumentación de un sistema de permisos de descarga de aguas residuales con objeto de asegurar el cumplimiento de las Normas Oficiales

Mexicanas en materia ecológica, así como de las demás condiciones que impongan los objetivos de calidad del agua que se establezcan.

- 10 Incorpora mecanismos del mercado y confirma la obligación de pagar los derechos por el uso del agua y por alejamiento de las aguas residuales, para lograr el uso eficiente del agua y la conservación de su calidad.
- 11 Establece un marco de transición para que los usuarios, existentes puedan ajustar su aprovechamiento al nuevo régimen de derechos y obligaciones, en cantidad y calidad.

La Ley de Aguas Nacionales, sustenta la evolución del marco institucional y la instrumentación de los demás elementos de la política hidráulica. Su aplicación inmediata se apoya, en las disposiciones que contiene su Reglamento, puesto en vigor el 13 de enero de 1994, dicho reglamento toma en cuenta las condiciones existentes en la explotación, uso y aprovechamiento del agua, para ir las adaptando a los nuevos instrumentos regulatorios y a los nuevos objetivos de la política hidráulica nacional

Dentro de la perspectiva más global con la que fue diseñada la Ley, su Reglamento podrá ajustarse sucesivamente para facilitar el estricto cumplimiento de las nuevas disposiciones legales

II.4 Normas Oficiales Mexicanas en la materia.

La prevención y control de la contaminación del agua; el control de la calidad del agua que se abastece para consumo humano y otros usos que pudieran afectar la salud pública y la protección general del ambiente y los ecosistemas acuáticos, se sustenta en un conjunto de normas emitidas por distintas dependencias, incluida la Comisión Nacional del Agua (CNA), conforme al marco jurídico. Esto incluye

- Las Normas Oficiales Mexicanas relativas a la calidad del agua que compete expedir a SEMARNAP, conforme a un programa de transformación y complementación de las normas técnicas ecológicas.
- Las disposiciones de la Ley General de Salud y las Normas Oficiales Mexicanas (Anexo D) que compete expedir a la Secretaría de Salud, las cuales se relacionan con la calidad del agua para consumo humano.
- Los criterios ecológicos emitidos por la SEDESOL, conforme a lo establecido en la ley del Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente.
- Los parámetros y los límites máximos que deben cumplir las descargas a los cuerpos receptores, conforme al uso a que estén destinados y en función de las metas sobre calidad del agua que deriven de las Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales, que emita y publique la Comisión Nacional del Agua en los términos de ley.
- La emisión de Condiciones Particulares de Descarga por parte de la Comisión Nacional del Agua, las cuales forman parte integral de los permisos de descarga que expida la

propia Comisión, y que son resultado de considerar conjuntamente las Normas Oficiales Mexicanas y la Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales.

- La emisión de Condiciones Particulares de Descarga por parte de los municipios o de los organismos encargados de los servicios municipales de agua potable, alcantarillado y saneamiento, conforme a lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente para el control de las descargas que se vierten a las redes municipales.

El impacto de la normatividad en la prevención y control de la contaminación del agua dependerá, consecuentemente, de los valores absolutos que se asignen a los límites impuestos por las normas, la clasificación de los cuerpos de agua y las condiciones particulares de descarga, mientras que el avance en la aplicación de las mismas dependerá de la efectividad del sistema de permisos de descarga, cuya instrumentación corresponde a la Comisión Nacional del Agua.

II.5 Niveles de gobierno competentes y sus atribuciones en la materia.

Mediante Decreto del Ejecutivo Federal publicado el 16 de enero de 1989 en el Diario Oficial de la Federación, se creó la Comisión Nacional del Agua, como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. La Comisión Nacional del Agua cambió del sector agricultura al de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), como un órgano desconcentrado.

“La Comisión Nacional del Agua es el instrumento para llevar a cabo el manejo integral del gasto, el financiamiento y el ingreso de modo que articule eficientemente los esfuerzos nacionales en la creación de obras hidráulicas y sistemas de aprovisionamiento, distribución, usos y aprovechamientos del agua; ejercerá un balance para que a la cantidad corresponda también la calidad del agua, y enfrentará los usos múltiples de la misma a nivel de las cuencas hidrológicas, con equidad y sentido futuro”

La Ley de Aguas Nacionales reforzó el marco institucional para la administración del recurso y consolidó su papel como autoridad federal única en materia de cantidad y calidad del recurso hidráulico nacional, superficial y subterráneo.

Como principio fundamental, la Ley otorga a la Comisión Nacional del Agua el ejercicio de las atribuciones que competen a la autoridad hidráulica en el ámbito federal, con excepción de las que deba ejercer directamente el Ejecutivo Federal, mismas que la propia Ley señala. Dentro de este principio general, la Ley destaca, entre otras atribuciones, en materia de calidad del agua que se atribuye a la Comisión la competencia exclusiva en la materia, de conformidad con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, estableciendo la coordinación con la SEMARNAP.

La Comisión Nacional del Agua informa a un Consejo Técnico integrado por los titulares de las Secretarías de Hacienda y Crédito Público; de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural; de Desarrollo Social, de Salud; de Energía; de Contraloría y Desarrollo Administrativo; y de la SEMARNAP. El titular de esta última preside el Consejo Técnico. Una de las facultades del Consejo es llevar a cabo la programación y acción coordinada entre las dependencias de la Administración Pública Federal que deban intervenir en asuntos del agua, reuniéndose para conocer la formulación y avance de los programas de la Comisión y establecer las medidas de coordinación y demás acciones particulares que coadyuven a la ejecución adecuada de dichos programas.

La Comisión Nacional del Agua lleva a cabo sus acciones en el nivel central, a través de seis áreas sustantivas: Operación, Construcción, Técnica, Administración del Agua, Programación y Administración. Contando con áreas de apoyo: Programas Rurales y Participación Social, Comunicación Social, Contraloría General, Asuntos Jurídicos, y Revisión y Liquidación de Créditos Fiscales.

Existen seis gerencias regionales, que dependen de la Dirección General y que agrupan cada una, varios Estados de la República. Las gerencias estatales en cada entidad federativa dependen de la Gerencia Regional correspondiente. Las gerencias regionales organizan y coordinan el manejo del agua, tomando en cuenta la naturaleza regional del recurso, ya sea por cuenca hidrológica o por acuífero. Las gerencias estatales trabajan en contacto pleno con los usuarios y con el sistema hidrológico.

La Ley propicia la organización de los usuarios y establece mecanismos para canalizar su participación. Destaca la constitución de los Consejos de Cuenca, para la planeación por cuencas hidrológicas, así como para la instrumentación de acciones para la administración del recurso y desarrollo hidráulico. Y son concebidas como instancias de coordinación y concertación que coadyuven con la autoridad en la planeación, programación, gestión, control, fiscalización y evaluación de las acciones por realizar. Conforme al Reglamento de la Ley, corresponde a los Consejos de Cuenca sancionar los programas hidráulicos que haya formulado la autoridad con el recurso de los propios Consejos y, en general, de los usuarios y grupos sociales interesados. Los Consejos, en los términos de la Ley, juegan un papel definitivo en la concertación de prioridades de uso, así como en la definición de medidas para enfrentar los problemas de escasez extrema o contaminación grave en la cuenca o cuencas respectivas. La inserción de los Consejos de Cuenca dentro del marco institucional sintetiza conceptos básicos de la política del agua, reconociendo el principio de integrabilidad que determina a la cuenca hidrológica como la unidad de gestión del recurso hidráulico.

APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES

La potabilización del agua, como medio para proporcionar agua limpia, agradable y segura para el consumo humano, cobra especial interés tomando en cuenta la variedad de las condiciones de calidad que conlleva el uso de las aguas superficiales como fuentes de suministro a los centros de población. El objetivo principal del ingeniero civil es elegir, en función de los parámetros de calidad que más afectan los cuerpos de agua del país, los procesos físicos, químicos y biológicos a utilizar en la potabilización del agua en los sistemas rurales.

III.1 Criterios de selección del proceso de tratamiento.

El término tratamiento se refiere a todos aquellos procesos que de una u otra manera sean capaces de alterar favorablemente las condiciones de un agua. El tratamiento no está, en general constituido por un solo proceso, sino que será necesario, de acuerdo con las características propias del agua cruda, integrar un tren de procesos esto es, una serie de procesos capaz de proporcionar al agua las características de calidad que sean necesarias para hacerla apta para su utilización.

Cuando el tratamiento que se le da al agua es con el fin de hacerla apta para la bebida, se le llama potabilización a este tratamiento y planta potabilizadora a la obra de ingeniería civil en la que se construyen las unidades necesarias para producir el agua potable.

Son tres los objetivos principales de una planta potabilizadora, proporcionar agua.

1. Segura para consumo humano
2. Estéticamente aceptable y
3. Económica

La planta potabilizadora puede ser diseñada para tratar agua cruda de cualquier tipo de fuente. Dependiendo de la calidad del agua cruda y de la calidad final deseada para el agua tratada, serán necesarios uno o más procesos. En la Figura 3.1 se presenta un diagrama de flujo de planta de tratamiento convencional para clarificación del agua.

APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES

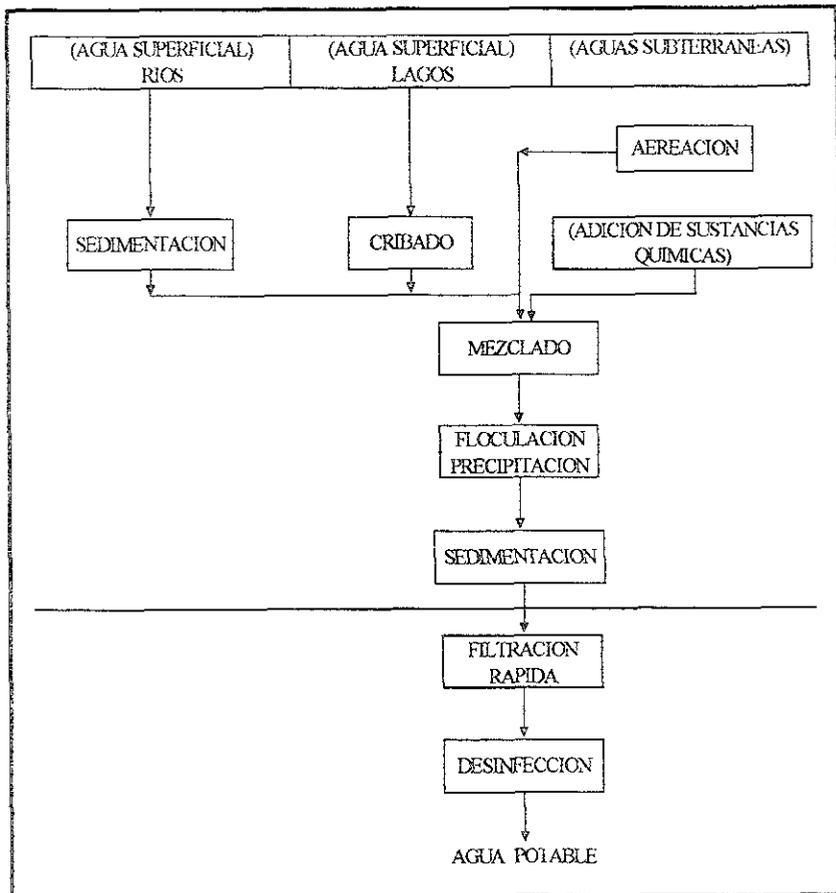


Figura 3.1 Diagrama de flujo de una planta de tratamiento convencional para agua potable

Puede observarse en la Figura 3.1 operaciones previas que dependen de la fuente de suministro, así para el agua de río se requiere eliminar sólidos arrastrados por la corriente, mediante sedimentación, para el agua de los lagos es necesario remover los sólidos arrastrados del fondo del lago por medio del cribado utilizando canales de rejillas; y por último para el agua subterránea es necesario en ocasiones eliminar gases disueltos, como el bióxido de carbono por medio de aereación

El diseño de una planta potabilizadora requiere de un análisis minucioso de la calidad de las aguas y de los procesos.

APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES

Hay tres clases principales de procesos de tratamiento:

1. Procesos físicos que dependen esencialmente de las propiedades físicas de la impureza, como tamaño de partícula, peso específico, viscosidad, etc. Ejemplos comunes de este tipo de proceso son: cribado, sedimentación, filtrado, transferencia de gases
2. Procesos químicos que dependen de las propiedades químicas de una impureza o que utilizan las propiedades químicas de reactivos agregados. Algunos procesos químicos son coagulación, precipitación, intercambio iónico.
3. Procesos biológicos que utilizan reacciones bioquímicas para quitar impurezas solubles o coloidales, normalmente sustancias orgánicas. Los procesos biológicos aerobios incluyen filtrado biológico y los lodos activados. Los procesos de oxidación anaerobia se usan para la estabilización de lodos orgánicos y desechos orgánicos de alta concentración.

III.2 Pretratamiento.

Pretratamiento se refiere a los procesos de tratamiento preliminares diseñados para remover las partículas grandes y sedimentables del agua cruda antes de que esta llegue a las unidades de tratamiento iniciales, es decir: la coagulación química y el mezclado en plantas de filtración rápida o lenta de arena. El pretratamiento sólo se justifica para tratar aguas de ríos o arroyos turbios. Los lagos, embalses superficiales y otros cuerpos de agua inmóviles inherentemente presentan una sedimentación natural del material pesado suspendido. Además, las variaciones estacionales en la calidad del agua cruda de los ríos pueden hacer necesario el pretratamiento sólo en una época del año, tal como la temporada de crecidas.

Cuadro 3.1 Métodos convencionales de pretratamiento.

Pretratamiento	Intervalo de turbiedad ^a (UTN) ^b
Sedimentación simple	20 a 100
Almacenamiento	>1000
Filtración preparatoria	20 a 150

Fuente: Adaptada de Huisman y Wood, 1974.

^a Para pretratamiento antes de la filtración lenta de arena.

^b La unidad de turbiedad nefelométrica (UTN), la unidad de turbiedad Jackson (UJJ), y la unidad de turbiedad formazin (UTF), son numéricamente iguales y son intercambiables para todos los propósitos prácticos en plantas de tratamiento.

El Cuadro 3.1 indica los métodos comunes convencionales de pretratamiento (sedimentación simple, almacenamiento y filtración preliminar) dependiendo de la turbiedad del agua. Los intervalos de valores de turbiedad son sugeridos para pretratamiento antes de la filtración lenta de arena.

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

Para la filtración lenta de arena, el pretratamiento es esencial si el agua cruda tiene una turbiedad de más de 50 UTN durante períodos mayores de pocas semanas. La purificación más eficiente ocurre cuando la turbiedad promedio del agua en la parte superior de los filtros lentos de arena es de 10 UTN o menos. En general no se deben utilizar filtros lentos de arena, aún cuando estén precedidos por algún tipo de pretratamiento, para tratar aguas fluviales turbias.

La selección del tipo más adecuado de pretratamiento para un diseño particular se debe hacer con base en investigaciones de campo, en las cuales se toman de todos los regímenes del río a fin de determinar las variaciones en las características del agua cruda.

III.2.1 Sedimentación simple.

El proceso de sedimentación simple, permite la remoción por gravedad de sólidos suspendidos en el agua cruda y la agregación natural de las partículas en un tanque sin usar coagulantes. La eficiencia de este proceso, medido por la remoción de turbiedad, depende considerablemente del tamaño de las partículas suspendidas y de su velocidad de sedimentación. El Cuadro 3.2 muestra diámetros de partículas e intervalos de sedimentación para materiales suspendidos encontrados en el agua.

Cuadro 3.2 Efecto del tamaño decreciente de las esferas sobre la tasa de sedimentación.

Diámetro de la partícula (mm)	Orden de tamaño	Área superficial Total ^a	Tiempo requerido para sedimentarse ^b
10	Grava	3.14 cm ²	0.3 seg
1	Arena gruesa	31.4 cm ²	3 seg
0.1	Arena fina	314 cm ²	30 seg.
0.01	Arenilla	0.314 m ²	33 min.
0.001	Bacterias	3.14 m ²	55 h.
0.0001	Partículas coloidales	31.4 m ²	230 días
0.00001	Partículas coloidales	0.283 ha	6.3 años
0.000001	Partículas coloidales	2.83 ha	63 años mínimos

Fuente: Adaptada de AWWA (1971), pág. 70.

^a Área para partículas del tamaño indicados producidos a partir de una partícula de 10 mm de diámetro con un peso específico de 2.65.

^b Cálculos basados en una esfera con un peso específico de 2.65 para sedimentarse 30 cm.

La sedimentación simple es bastante conveniente en las comunidades rurales tropicales por las siguientes razones: 1) la turbiedad de los ríos se puede atribuir en gran parte a la erosión del suelo, y el barro es sedimentable, y 2) las altas temperaturas en estos lugares mejoran el proceso de sedimentación al reducir la viscosidad del agua. Se ha podido demostrar que las aguas de alta turbiedad se clarifican más eficazmente que las de baja turbiedad. Los tanques de sedimentación simple o de presedimentación se pueden utilizar como unidades en plantas de filtración lenta de arena. En éstas, sin embargo, su uso se limita a los casos en que

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

es posible reducir la turbiedad del agua cruda a 30 UTN o menos, a fin de evitar la obstrucción demasiado frecuente del lecho de arena. La factibilidad técnica y económica de alcanzar dicho límite utilizando sedimentación simple se puede determinar mediante pruebas de sedimentación del agua cruda (Camp, 1946; IRC, 1981b)

El diseño de los tanques de sedimentación simple es semejante al de los tanques de sedimentación convencionales, excepto que los tiempos de detención son generalmente más cortos y las cargas superficiales más altas. La profundidad mínima del tanque es también menor, debido a que los requerimientos para almacenamiento de lodos no son tan grandes como en el caso de los tanques convencionales que siguen la coagulación y floculación. El tanque puede operar intermitentemente, conservándolo vacío hasta que se necesite. Los criterios de diseño para tanques de sedimentación simple rectangulares se resumen en el Cuadro 3.3. Los valores incluidos en la lista son generalizados y sirven sólo como guía. La construcción de los tanques de sedimentación simple puede ser considerablemente sencilla.

Cuadro 3.3 Criterios de diseño para tanques de sedimentación simple.

Parámetro	Intervalo de valores
Tiempo de detención (h)	0.5 a 3
Carga superficial (m/día)	20 a 80
Profundidad del tanque (m)	1.5 a 2.5
Relación longitud / anchura	4 : 1 a 6 : 1
Relación longitud / profundidad	5 : 1 a 20 : 1

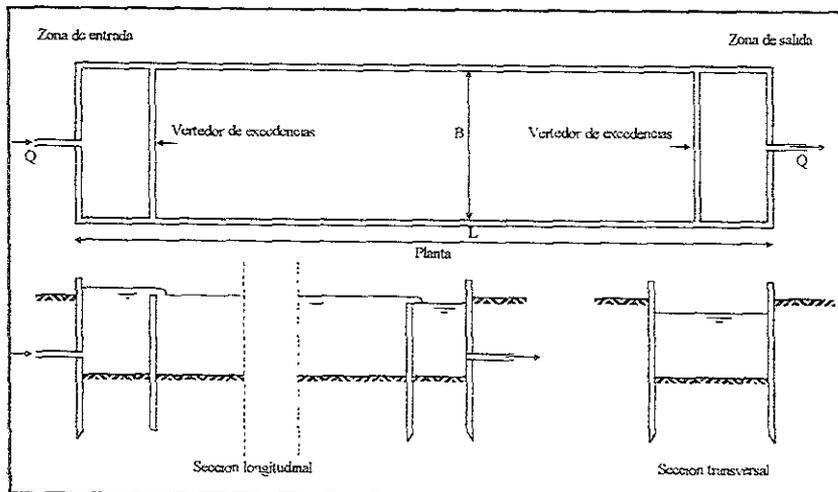


Figura 3.2 Tanque de presedimentación rectangular de flujo horizontal. Fuente: IRC, 1981 b

APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES

En el caso de sistemas de abastecimiento pequeños, como es el de los sistemas rurales, el diseño más adecuado es un tanque rectangular, ya que los requerimientos para su operación son más sencillos. En la Figura 3 2 se muestra un esquema de este tipo de tanques

III.2.2 Almacenamiento.

Los embalses o los aljibes de almacenamiento se pueden utilizar para la presedimentación. El tiempo de detención generalmente es mucho mayor que el de los tanques convencionales de sedimentación variando de aproximadamente una semana o varios meses. Para ríos, o arroyos extremadamente turbios (turbiedad anual promedio de más de 1000 UTN), el almacenamiento proporciona el mejor pretratamiento. El almacenamiento sirve a varios propósitos en el tratamiento de agua:

- 1) Reduce la turbiedad mediante sedimentación natural,
- 2) Atenúa las fluctuaciones repentinas en la calidad del agua cruda;
- 3) Mejora la calidad del agua al reducir el número de bacterias patógenas (si se protege el lugar de almacenamiento);
- 4) Mejora la confiabilidad del suministro de agua debido a que se cuenta con agua durante los períodos de abastecimiento escaso de agua cruda,
- 5) Se puede extraer agua durante los períodos cortos de turbiedad excesivamente alta, cuando no se alimenta al estanque de almacenamiento con agua del río.

El diseño de embalses de almacenamiento no está sujeto a criterios bien definidos, pero debe tomar en consideración las condiciones locales, especialmente la disponibilidad del terreno para la construcción del embalse. A los embalses de almacenamiento se les puede dar forma de estanques o lagunas aprovechando la topografía natural, o bien pueden construirse aprovechando represas artificiales. La capacidad de un embalse de almacenamiento deberá tener en cuenta las pérdidas provocadas por la evaporación y las filtraciones, especialmente en zonas áridas. En lugares donde la filtración es un problema, el fondo del embalse se debe cubrir con algún tipo de capa impermeable, tal como arcilla o concreto.

III.2.3 Filtración preliminar.

Las partículas removidas en los filtros son mucho más pequeñas que los poros del medio filtrante, de esta forma el proceso de filtración no es interceptar y colectar. Los procesos principales son sedimentación en los poros, adhesión a las partículas del medio filtrante y en los filtros lentos de arena, degradación bioquímica de las partículas capturadas.

Los filtros preliminares permiten una penetración profunda de los materiales suspendidos en el lecho filtrante y cuentan con una gran capacidad de almacenamiento de sedimentos. Los materiales sólidos retenidos por los filtros se remueven mediante chorros de agua, o si es necesario mediante excavación del medio filtrante, lavándolo y reemplazándolo.

APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES

La filtración preliminar utiliza medios filtrantes mucho más gruesos que los que son utilizados en la filtración lenta o rápida, según se indica en la siguiente comparación:

Filtros lentos de arena	0.15 a 0.35 mm de diámetro
Filtros rápidos de arena	0.4 a 0.7 mm de diámetro
Filtro preliminares	> 2.0 mm de diámetro

La velocidad de filtración puede ser tan baja como aquella utilizada en los filtros lentos de arena o superior a la utilizada en filtros rápidos, dependiendo del tipo de filtro, naturaleza de la turbiedad, y grado o nivel de remoción de turbiedad deseado.

Los filtros preliminares a menudo se utilizan antes de los filtros lentos de arena debido a su eficiencia para remover sólidos suspendidos. Estudios de campo demuestran que en muchos casos, ni la presedimentación ni el almacenamiento son tan eficaces como los filtros preliminares, para pretratar el agua cruda de acuerdo a las normas físicas requeridas por los filtros lentos de arena. Sin embargo, el uso de filtros se limita a los casos de turbiedades anuales promedio del agua cruda de 20 a 150 UTN, a fin de evitar la obstrucción demasiado frecuente y garantizar su operación continua por un período más largo.

Existen básicamente dos tipos de filtros preliminares, mismos que se diferencian por la dirección del flujo: de flujo vertical (FV) y de flujo horizontal (FH). Las restricciones estructurales limitan la profundidad del lecho filtrante en los filtros de FV, pero hacen posible la velocidad de filtración altas y retrolavado del medio filtrante. Por otra parte, los filtros de FH gozan prácticamente de una longitud ilimitada, pero normalmente están sujetos a velocidades de filtración bajas y generalmente requieren limpieza manual de los medios filtrantes.

III.2.3.1 Filtración preliminar de flujo vertical.

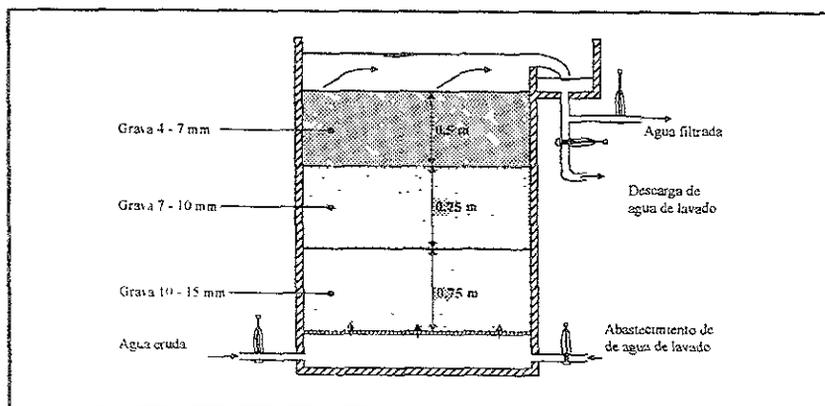


Figura 3.3. Filtro preliminar de grava de flujo ascendente. Fuente : Adaptada de IRC, 1982 b

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

Los filtros preliminares de FV se subdividen a su vez en unidades de flujo ascendente y flujo descendente. En la Figura 3.3 se muestra el arreglo típico de un filtro de flujo ascendente. Varias capas de grava, disminuyendo en tamaño desde una capa gruesa (10 a 15 mm) colocada directamente sobre el sistema de desagüe inferior hasta capas sucesivamente más finas (7 a 10 mm y 4 a 7 mm), permiten una penetración profunda en el lecho filtrante de los sólidos suspendidos

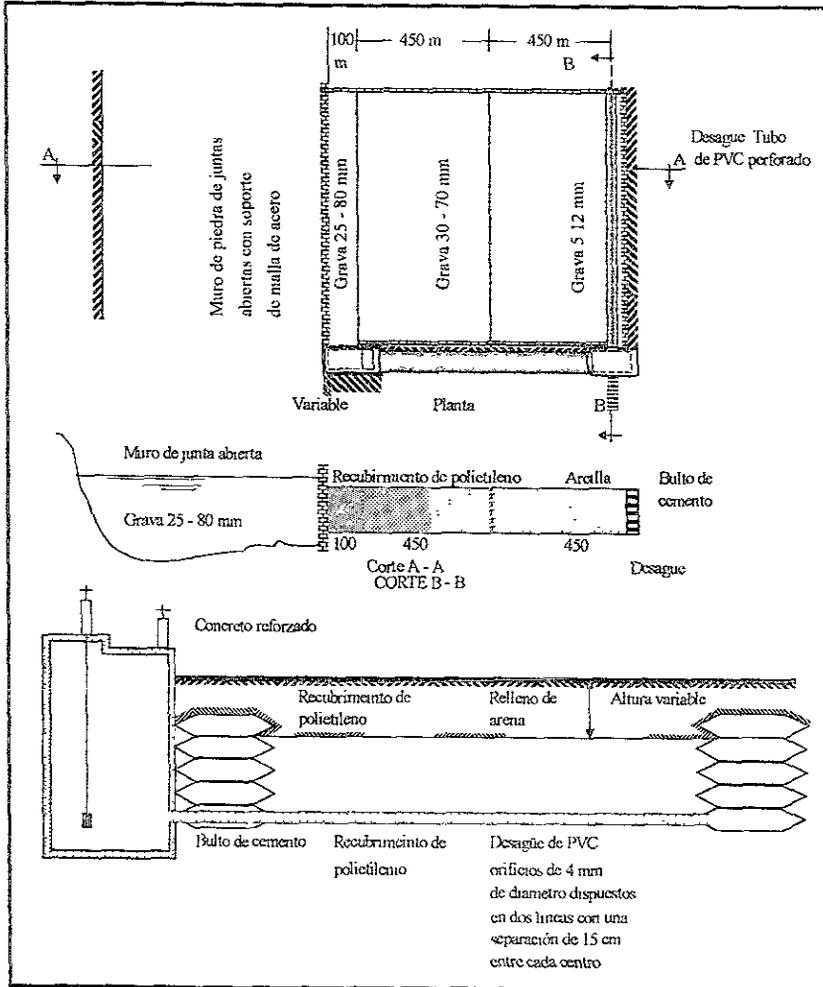


Figura 3.4 Filtro preliminar de flujo horizontal construido junto al lecho de una corriente de agua. Fuente: CEPIS, 1982, 2 (3).

III.2.4 Remoción de arenas.

La arenilla consiste en partículas de arena, grava u otros materiales minerales, y a menudo se encuentra suspendida en los ríos y arroyos de corriente rápida. Sin remoción de arena, las instalaciones que extraen agua de estas fuentes a menudo sufren de atascamiento de bombas, tuberías principales de transmisión y tanques, lo cual produce desgaste excesivo en el equipo e interfiere con la operación de la planta. Aun cuando se dispone de muchos dispositivos desarenadores mecánicamente operados, para los países en desarrollo las cámaras desarenadoras de limpieza manual son una alternativa adecuada.

Las cámaras desarenadoras generalmente se diseñan para mantener una velocidad de flujo y tiempo de recorrido constantes, ya que con este criterio se permite que la mayor parte de granos de arena se asienten en el piso de la cámara, mientras que los sólidos orgánicos más ligeros continúan en suspensión.

Para plantas pequeñas, una alternativa es colocar un canal Parshall más bajo que el piso de la cámara desarenadora de manera que ésta se pueda construir con lados verticales y utilizar todo el fondo para almacenamiento de arena. La ventaja de un canal Parshall para una sección de control, es que la pérdida de carga es baja y el canal se puede utilizar para medir el flujo hacia el interior de la planta. En instalaciones pequeñas es aconsejable permitir de tres a siete días de almacenamiento en el canal, dependiendo de la fiabilidad del personal de la planta para vaciar la cámara regularmente. El almacenamiento se obtiene bajando el nivel de piso del canal desarenador. Se deben instalar por lo menos dos canales, de manera que uno se pueda aislar, drenar y limpiar mientras el otro está en operación. Si bien se puede disponer de la arena para rellenar huecos, también se pueden utilizar en la planta de banquetas y vías de acceso a cocheras.

Un separador de arena operado hidráulicamente es un dispositivo simple y efectivo para remover arena, arenilla y otros sólidos abrasivos antes de que entren a la bomba del agua cruda, reduciendo de esta manera el desgaste en los impulsores y cojinetes y prolongando la eficiencia de la bomba. Opera con los principios de las fuerzas de gravedad y centrífuga. No hay piezas móviles que se desgasten y requieran reemplazarse y la operación se limita a la purga periódica de sólidos de la cámara colectora, lo cual se puede hacer manualmente. Los separadores de arena se pueden instalar directamente en el lado de succión de bombas de turbina o sumergibles. Si las condiciones no son adecuadas para su instalación en el lado de succión de la bomba, el separador de arena se puede instalar en el lado de descarga para mantener libres de sólidos tuberías de transmisión y unidades de tratamiento, llevando a cabo en realidad la misma función de una cámara desarenadora convencional.

III.2.5 Control de microorganismos.

Los microorganismos que generan sabores y olores usualmente son inoocuos. Son visibles bajo un microscopio e incluyen bacterias, protozoarios, algas, pequeños gusanos, crustáceos y otros microorganismos. El almacenamiento de agua en un embalse abierto da

oportunidad para que los microorganismos, particularmente algas, crezcan y se desarrollen. Entre más grandes sea la concentración de nutrientes en el agua, mayor será el crecimiento de las algas. En una región particular se puede determinar observando los estanques y lagos de esa región. En general, debido a que las algas requieren luz solar, los crecimientos no son abundantes donde las aguas son turbias a consecuencia del sedimento.

Es mejor limitar el crecimiento de estos organismos cubriendo los embalses para excluir la luz. Donde esto no es posible, se puede utilizar un alguicida tal como sulfato de cobre o el cloro. Cuando el tratamiento con alguicidas se estime necesario, es deseable aplicarlo a la primera señal de crecimiento que pueda provocar problemas de sabor y olor. Las dosis requerida depende del tipo de organismos y de su cantidad relativa y, por lo tanto, el examen microscópico de muestras de agua estancada es deseable. Cuando se utiliza sulfato de cobre por lo general una dosis de 0.3 mg/l es suficiente, excepto cuando la alcalinidad es alta (Cox, 1964). Cuando la alcalinidad sea superior a 50 mg/l, se debe duplicar la dosis debido a que el Cu se precipita como CuCO_3 . La experiencia de una localidad específica proporcionará la mejor pauta para la determinación de la dosis.

III.3 Adición de compuestos químicos.

Los productos químicos necesarios en las plantas de tratamiento de agua incluyen desinfectantes, generalmente cloro, un coagulante, generalmente el sulfato de aluminio; y cuando es necesario un álcali, generalmente cal para control de pH.

III.3.1 Coagulantes primarios.

Los coagulantes metálicos basados en el aluminio, y en menor grado el hierro, se utilizan casi exclusivamente en el proceso de coagulación. La elección del coagulante se determina en condiciones de laboratorio, dependiendo de la elección final de las consideraciones económicas.

Sales de aluminio

El sulfato de aluminio hidratado ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$) se obtiene en forma de terrones, pulverizado o líquido. El sulfato de aluminio (densidad aproximada de 480 kg/m^3) se mide por volumen o peso y normalmente se disuelve en agua antes de introducirlo en el mezclador rápido. El contenido de aluminio soluble en agua del sulfato de aluminio seco es de 11 a 17% de Al_2O_3 .

La dosificación del sulfato de aluminio se puede reducir en algunos casos mediante: 1) pretratamiento de aguas fluviales excesivamente turbias, 2) filtración directa de aguas de baja

turbiedad (< 50 UTN), 3) la utilización de coadyuvantes coagulantes, y 4) ajuste del pH óptimo

La dosis correcta de sulfato de aluminio se determina inicialmente a partir de la prueba de jarras del agua cruda, y a continuación se modifica mediante la experiencia real de operación en la planta. La formación óptima de flocúlos utilizando sulfato de aluminio, ocurre cuando el valor del pH se encuentra entre 6.0 y 8.0. Si la alcalinidad es insuficiente para reaccionar con el sulfato de aluminio, se debe añadir un álcali como la cal. Las reacciones del sulfato de aluminio con la alcalinidad del agua es imposible de determinar con exactitud, pero las siguientes cantidades sirven como una guía (American Works Association, 1971)

1 mg/l de sulfato de aluminio reacciona con:

- 0.50 mg/l de alcalinidad natural, expresada como CaCO_3
- 0.33 mg/l de cal viva al 85% como CaO
- 0.39 mg/l de cal apagada al 95% como Ca(OH)_2
- 0.54 mg/l de sosa comercial como Na_2CO_3

Para alimentar el sulfato de aluminio adecuadamente se utilizan alimentadores químicos tipo solución. El sulfato de aluminio en seco (gránulos) se disuelve en agua a una concentración de 3 a 7% en tanques, y se alimenta en seguida al agua cruda. La concentración más alta que se puede lograr prácticamente en soluciones de sulfato de aluminio es de 12 a 15% en peso. Estas soluciones saturadas se utilizan en alimentadores de sulfato de aluminio.

Sales férricas

Cuatro tipos de sales férricas se utilizan como coagulantes,

1) Sulfato ferroso ($\text{Fe SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)

Nombre común.	Caparrosa, sulfato de hierro, sulfato de azúcar, vitrolo verde.
Forma disponible	Gránulos, cristales, polvo, terrones.
Propiedades.	Higroscópico, muy corrosivo
Peso	Aproximadamente 1000 kg/m^3 .
Concentración comercial.	20% de Fe.
Alimentación.	Como gránulos secos, 60 g/l con un tiempo de disolución de 5 min

2) Caparrosa clorada

3) Sulfato férrico ($\text{Fe SO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ y $\text{Fe (SO}_4)_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$)

Nombre común	Ferrifloc, ferriclear, sulfato de hierro
Forma disponible	Gránulos
Propiedades:	Higroscópico, muy corrosivo.
Peso:	Aproximadamente $1,150 \text{ kg/m}^3$.
Concentración comercial:	El de $3\text{H}_2\text{O}$ debe contener 18.5% de Fe; el de $2\text{H}_2\text{O}$ debe contener 21% de Fe.
Alimentación	En seco, 170 a 290 g/l con un tiempo de disolución de 20 min.

4) Cloruro férrico. (Fe Cl_3 (anhidro y como solución); $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (cristales)

Nombre común:	Ferrichlor, cloruro de hierro.
Forma disponible.	Solución, terrones y gránulos
Propiedades:	Higroscópico, muy corrosivo, solución al 1% - pH 2.0.
Peso:	En solución pesa aproximadamente $1,440 \text{ kg/m}^3$, en cristales 1000 kg/m^3 , compuesto químico anhidro 1440 kg/m^3
Concentración comercial.	En solución debe contener 35 a 40%; cristales 60% y anhidro 96 y 97% de FeCl_3 .
Alimentación:	En forma de solución conteniendo hasta un 45% de FeCl_3 , 800 g/l para la forma anhidra.

Los coagulantes de hierro en la actualidad se recuperan de soluciones residuales utilizadas en la limpieza de metales en las acerías, y en años recientes se han tornado cada vez más competitivos.

III.3.2 Alcalisis para el control de pH.

Si la alcalinidad natural del agua cruda es insuficiente para reaccionar con la dosificación del coagulante agregado (es decir, el pH cae por debajo del rango para la coagulación óptima), entonces se deben añadir álcalis. Tres tipos de álcalis son adecuados para utilizarse:

1) Carbonato sódico (Na_2CO_3)

Nombre común:	Sosa comercial
Forma disponible	Cristales y polvo
Propiedades:	Alcalino, higroscópico, solución al 1% - pH 11.2
Peso:	480 a 1000 kg/m^3 , extra ligero a denso
Concentración comercial	58% Na_2O
Alimentación	En cristales densos 30 g/l con un tiempo de disolución de 10 min

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

2) Oxido de Calcio (CaO)

Nombre común:	Cal viva, cal cocida, cal química.
Forma disponible:	Terrones, guijarros, triturada o molida en bultos a prueba de humedad.
Propiedades:	Inestable, cáustica e irritante, se transforma en hidróxido de calcio con desprendimiento de calor cuando se le añade agua; solución saturada - pH 12.4
Peso:	880 a 1100 kg/m ³ .
Concentración comercial:	70 a 96 de CaO
Alimentación:	En guijarros de 2 cm o triturada de manera que pase a través de una argolla de 2.5 cm, la concentración en solución varía de 165 a 285 g/l, después de apagarla diluirla a 110 g/l (solución al 10%).

3) Hidróxido de calcio (Ca(OH)₂)

Nombre común:	Cal hidratada, cal apagada.
Forma disponible:	Polvo
Propiedades:	Polvoriento, cáustica e irritante, solución saturada - pH 12.4.
Peso:	560 a 800 kg/m ³
Concentración comercial:	62 a 74 de CaO.
Alimentación:	En seco 60 g/l máximo y como suspensión 110 g/l máximo

La sosa cáustica, generalmente no se recomienda debido al alto costo y al cuidado extremo que se debe observar durante su manejo. La sosa comercial es un polvo blanco que se disuelve fácilmente en el agua, de manera que su alimentación es menos difícil que la de otros álcalis; las soluciones de sosa comercial no obstruyen los orificios de dosificación o las tuberías de alimentación y, a diferencia del óxido de calcio, no es necesario agitarlas continuamente. Además, el carbonato sódico proporciona iones CO₃ para ayudar el control de la corrosión.

La cal se produce en forma ya sea no apagada (cal viva u óxido de calcio) o apagada (hidratada o hidróxido de calcio). El óxido de calcio o cal viva se debe apagar (es decir, hidratar utilizando una pequeña cantidad de agua) antes de utilizarla. El hidróxido de calcio o cal hidratada, sin embargo, no se tiene que apagar, no se deteriora cuando se almacena, y contiene menos impurezas que la mayor parte de los óxidos de calcio activos, haciendo menos problemática la obstrucción de orificios y tuberías.

La cal es relativamente insoluble en agua y en la mayoría de los casos se alimenta en forma de suspensión. Los tanques de solución y las tuberías de alimentación que almacenan y transportan las suspensiones acuosas de óxidos de calcio se obstruyen fácilmente y se deben de limpiar rutinariamente. En el diseño, es esencial prever las medidas necesarias para una limpieza fácil. Una alternativa para la alimentación de suspensiones acuosas de óxido de

calcio es la utilización de torres de saturación del óxido de calcio que producen soluciones saturadas.

III.3.3 Desinfectantes.

La desinfección de los sistemas de abastecimiento de agua potable, se lleva a cabo universalmente mediante el uso del gas cloro o compuestos de gas cloro (hipocloritos). Su capacidad para eliminar organismos patógenos y mantener una concentración residual en el sistema de distribución, así como también su amplia disponibilidad y costo moderado, lo hacen adecuado para la desinfección. En la actualidad, la única opción viable en vez de cloración para la desinfección de los suministros de aguas comunales, es la ozonización. El periodo disponible para la interacción como tiempo de contacto, es importante para el diseño de sistemas de desinfección para tratamiento de agua. El tiempo mínimo de contacto durante la cloración, debe ser de 10 a 15 minutos a fin de garantizar una desinfección efectiva, este periodo generalmente se consigue durante la trayectoria del agua clorada dentro de las tuberías de distribución antes del primer consumidor. En las plantas de filtración, el pozo de agua clarificada bien puede diseñarse para que proporcione el contacto a través de deflectores para evitar el cortocircuito hidráulico.

La decisión de utilizar ya sea gas cloro o hipocloritos se debe basar en varios factores:

- 1 La cantidad de agua que se va a tratar,
- 2 El costo y disponibilidad de los productos químicos,
- 3 El equipo requerido para su aplicación,
- 4 La destreza requerida para su operación y control.

El equipo de alimentación de gas cloro es más caro, más difícil de operar y mantener, y más peligroso que los hipocloradores tipo solución. Por otra parte el gas cloro generalmente es menos caro que el hipoclorito que contiene una cantidad equivalente de cloro disponible, y se puede almacenar durante más tiempo sin deteriorarse.

Cloro gaseoso

El cloro (Cl_2) es un gas amarillo verdoso que, a presión, se convierte en líquido. El cloro líquido se puede adquirir a una concentración de 99.8% en cilindros de acero presurizados que se surten en varios tamaños desde 40 ó 100 kg a 900 kg. Los cilindros se llenan de tal manera que el cloro líquido ocupe el 80% de la capacidad a una temperatura de 65° C. El flujo de gas cloro desde el recipiente depende de la presión interna, que a su vez depende de la temperatura del cloro líquido. La tasa normal de descarga para un cilindro de 50 kg a 21° C es de aproximadamente 800 g/h con una contrapresión de 240 kPa; la tasa de descarga para un cilindro de 900 kg es aproximadamente de 7 kg/h en condiciones similares. Si la demanda de cloro requiere el uso de varios cilindros es preferible la conexión múltiple de los cilindros a un clorador en vez de proveer alimentadores separados para cada cilindro.

APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES

Los cilindros de cloro conectados al tubo múltiple se deben colocar sobre básculas, sosteniendo cada una un cilindro para proporcionar un servicio continuo cuando se reemplazan los cilindros vacíos. Por lo menos dos cilindros se deben conectar al múltiple de conexión. El peso de cada cilindro se debe registrar a intervalos regulares (por lo menos una vez al día) a fin de determinar la cantidad real de cloro utilizado, lo cual sirve para verificar la exactitud de la dosis

El gas cloro es peligroso y corrosivo, por consiguiente se debe tener cuidado en el manejo de los recipientes. Nunca se deberá aplicar calor a los cilindros o válvulas de cloro. Los cilindros se deben almacenar en un lugar seco y protegidos de calor. En lugares tropicales es importante que los cilindros de cloro y el equipo alimentador se protejan de los rayos del sol. El área de almacenamiento debe estar al aire libre, en caso de estar bajo techo, debe estar bien ventilada, preferentemente mediante ventilación forzada. Los cilindros se deben almacenar y utilizar en el orden en que se recibieron. Se debe disponer de máscaras para protección del personal contra los vapores de cloro

Su alimentación es como gas vaporizado de un líquido y como solución acuosa 2.4 g/l o más, por medio de un alimentador de gas.

Compuestos de hipoclorito

Los hipocloritos de calcio y sodio y la cal clorada (polvo blanqueador) son los compuestos comúnmente utilizados. El cloro libre disponible en estos compuestos varía de 12 a 15% para el hipoclorito de sodio de 33 a 37% para la cal clorada y de 65 a 70% para los hipocloritos de calcio. Las cales cloradas son inestables y la exposición al aire, luz y humedad provoca que el contenido de cloro disminuya rápidamente. Los hipocloritos de calcio son considerablemente más estables; en condiciones normales, pierden al año de 3 a 5% del cloro libre disponible. La elección del hipoclorito para una instalación particular se debe basar en el costo y disponibilidad.

Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$)

Nombre común.	HAR (Hipoclorito de alta resistencia), Perchloron, Pittchlor.
Forma disponible.	Polvo, gránulos, perdigones.
Propiedades.	No higroscópico, corrosivo y oloroso.
Peso.	800 a 900 kg/m ³
Concentración comercial.	65 a 70% de Cl ₂ .
Alimentación	En forma de solución hasta una concentración de 2% (30 g/l)

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

Hipoclorito de sodio (NaOCl)

Nombre común:	Líquido blanqueador, cloro blanqueador
Forma disponible:	Líquido.
Propiedades:	Corrosivo y oloroso, relativamente estable, generalmente libre de sólidos suspendidos.
Peso:	-----
Concentración comercial:	12 a 15% de Cl ₂ disponible
Alimentación:	Como solución diluido con agua a una concentración de 0.5 a 1.0% de Cl ₂ disponible.

Cal clorada (CaO · 2CaOCl₂ · 3H₂O)

Nombre común:	Polvo blanqueador, cloruro de cal
Forma disponible:	Polvo.
Propiedades:	Corrosivo, oloroso, inestable, se deteriora.
Peso:	720 a 800 kg/m ³
Concentración comercial:	25 a 37% de Cl ₂ disponible.
Alimentación:	Se debe disolver y mezclar totalmente en un tanque, seguido de un periodo de sedimentación para remover los sólidos insolubles, aproximadamente 30 g/l hacen una solución al 1% de Cl ₂ disponible.

Ozono

El ozono (O₃) es una forma alotrópica del oxígeno que se produce al pasar oxígeno seco o aire por una descarga eléctrica (5000 a 20000 V, 50 a 500 Hz). Es un gas azul inestable y altamente tóxico con un olor picante de heno recién cortado. Es un poderoso agente oxidante así como un desinfectante. Es útil en el blanqueado del color y en la remoción de sabores y olores. Como el oxígeno, es sólo ligeramente soluble en el agua y debido a su forma inestable, no deja residual. A menos que se disponga de energía barata, el tratamiento con ozono es mucho más caro que la cloración, pero tiene la ventaja de remover bien el color. En estas circunstancias, el filtrado y la ozonización puede dar un agua terminada similar a la producida por una planta más compleja de coagulación, sedimentación, filtrado y cloración. Debido a la ausencia de residuales de ozono en el sistema de distribución, puede haber un crecimiento biológico con sus problemas concomitantes de color, sabor y olor. Tales crecimientos en el sistema de distribuciones pueden evitar si se agrega una pequeña dosis de cloro después de la ozonización.

El ozono debe manufacturarse en el sitio con el paso de aire seco por una descarga eléctrica de alto voltaje y alta frecuencia. Hay dos tipos principales de ozonizador, el tipo placa con electrodos planos y dieléctricos de vidrio y el tipo de tubo con electrodos cilíndricos coaxiales con cilindros de dieléctrico de vidrio. El lado de alta tensión se enfría por convección y el lado de baja tensión por agua. El aire pasa entre los electrodos y se ozoniza.

por la descarga a través del claro de aire. La producción de ozono es normalmente hasta de un 4% del peso del aire, con una demanda de energía de 25 kWh/kg de ozono producido. El ozono reacciona con la materia orgánica para formar ozónidos en ciertas condiciones

III.4 Coagulación.

Muchas impurezas en el agua natural y en la residual están presentes como sólidos coloidales que no sedimentan. Su remoción se puede lograr si se promueve la aglomeración de esta clase de partículas por floculación, con o sin el uso de un coagulante, seguida por procesos de sedimentación o flotación

III.4.1 Floculación.

El agitado del agua por mezclado hidráulico o mecánico causa gradientes de velocidad cuya intensidad controla el grado de floculación producida. El número de colisiones entre partículas está relacionado directamente con el gradiente de velocidad y es posible determinar la potencia que se requiere para dar un grado particular de floculación como se especifica por el gradiente de velocidad, para una buena floculación el gradiente deberá estar entre los valores de 20 a 70 m/s m. Con valores más bajos la floculación es inadecuada y con valores más altos las partículas de floculo tienden a fragmentarse. El tiempo de retención normal en los tanques de floculación es de 30 a 45 min. Para la floculación mecánica la profundidad del tanque es equivalente a 1 ½ o 2 diámetros de paleta y el área de las paletas es de 10 a 25% del área transversal del tanque.

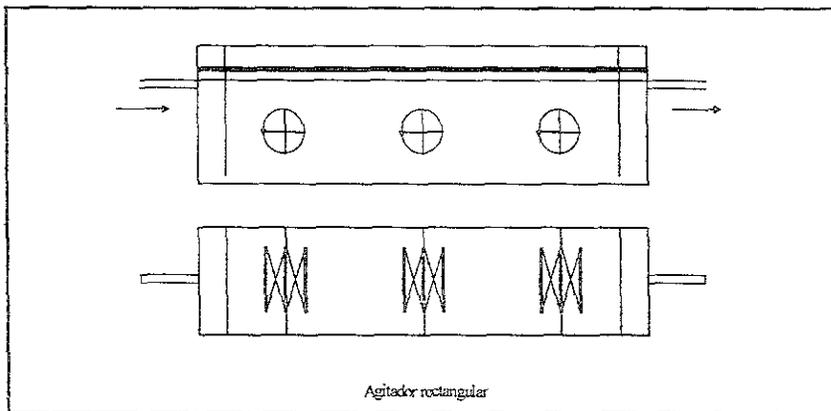


Figura 3.5 Tanques de floculación.

Los floculadores mecánicos permiten tener más control sobre el proceso que los floculadores hidráulicos pero requieren más mantenimiento. La floculación y la sedimentación se pueden combinar en una sola unidad y el tanque de tipo manto de lodos es muy popular para propósitos de tratamientos de agua.

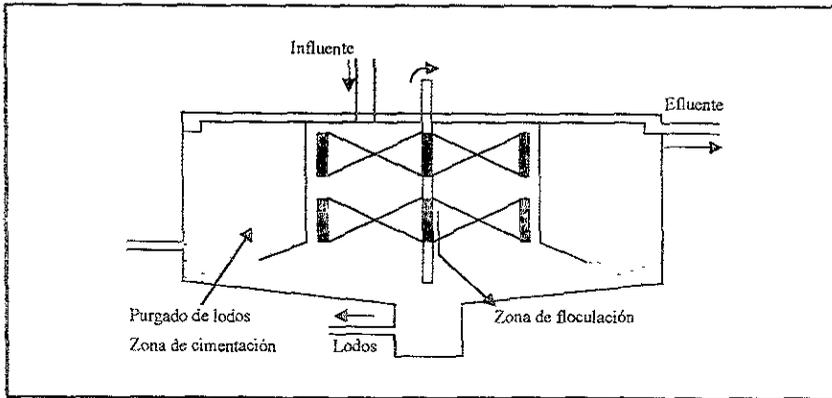


Figura 3.6 Tanque de floculación. Floculación y sedimentación combinadas

Con la floculación de suspensiones coloidales diluidas sólo se tienen colisiones esporádicas y la aglomeración no ocurre en grado importante. En tales circunstancias la clarificación se logra de una mejor manera con la coagulación química seguida por floculación y la sedimentación. Antes de que la floculación pueda efectuarse, es esencial dispersar el coagulante, cuya dosis normal es de 30 a 100 mg/l en todo el cuerpo de agua. Esto se lleva a cabo en una cámara de mezclado rápido con una turbina de alta velocidad (Figura 3.7) o agregando el coagulante en un punto de turbulencia hidráulica, por ejemplo, en un salto de agua en un canal aforador. El coagulante es una sal metálica que reacciona con la alcalinidad del agua para producir un flóculo insoluble de hidróxido del metal que incorpore a las partículas coloidales. Mediante la floculación de esta fina precipitación se producen sólidos sedimentables.

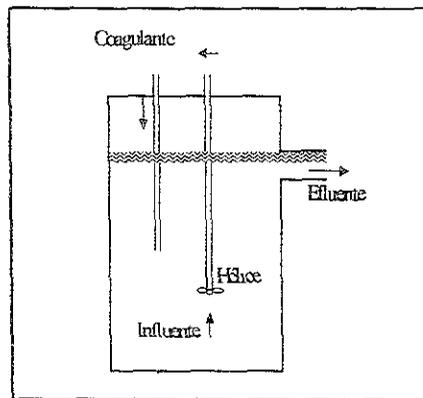


Figura 3.7 Mezclador rápido.

III.4.2 Coagulación.

El coagulante más popular para el tratamiento de agua es el sulfato de aluminio (alumbre) $Al_2(SO_4)_3$. Para una coagulación satisfactoria debe haber alcalinidad que reaccione con el alumbre y también dejar un residuo adecuado en el agua tratada.

La solubilidad del $Al(OH)_3$ depende del pH, la cual es baja entre un pH de 5 y 7.5, fuera de estos límites la coagulación con sales de aluminio no tiene éxito. Otros coagulantes que algunas veces se usan son el sulfato ferroso (caparrosa) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, sulfato férrico $Fe_2(SO_4)_3$ y cloruro férrico $FeCl_3$.

Con concentraciones muy bajas de materia coloidal, la formación del flóculo es difícil y se pueden requerir ayuda de coagulantes (co - coagulantes). Éstos pueden ser simples aditivos como partículas de arcilla que forman núcleos por precipitación del hidróxido, o polielectrolitos, polímeros sintéticos pesados de cadena larga, que al agregarse en pequeñas cantidades ($< 1 \text{ mg/l}$) promueven la aglomeración y fortalecen el flóculo. Debido a la naturaleza esponja de las partículas del flóculo, éstas tienen un área superficial muy grande y son capaces de la adsorción de la materia disuelta en solución. Este efecto de superficie activa resulta en que la coagulación quita tanto el color disuelto como la turbidez coloidal del agua. Una muestra de agua cruda con 60°H de color y 30 unidades de turbiedad, normalmente mejoraría a 5°H y 5 UTN después de la coagulación, floculación y sedimentación.

III.4.3 Mecanismos de coagulación.

La estabilidad de suspensiones coloidales hidrofóbicas se explica por la forma en la Figura 3.8. Se genera una repulsión mutua de las cargas electrostáticas de la superficie, pero se puede lograr la desestabilización con la adición de iones de carga opuesta para reducir las fuerzas repelentes y permitir que las fuerzas de atracción molecular se hagan dominantes. Es de importancia el valor del potencial zeta, que es el potencial eléctrico en el borde de aglomerado de partículas. En teoría, un potencial zeta de cero debería ofrecer las mejores condiciones para la coagulación. Sin embargo, cuando se trata con las suspensiones heterogéneas que se encuentran en el agua, parece que hay muchos factores que superar y las mediciones de este potencial no siempre tienen mucho valor en circunstancias operacionales.

En el caso de concentraciones relativamente bajas de sólidos suspendidos, la coagulación ocurre cuando se entrelazan para formar productos de hidrólisis insolubles que son el resultado de una reacción entre el coagulante y el agua. En esta "coagulación de barrido", la naturaleza de la materia suspendida original es de poca importancia y son las propiedades del producto de hidrólisis las que controlan la reacción. Desafortunadamente, el comportamiento de los coagulantes cuando se agregan al agua, puede ser muy complejo.

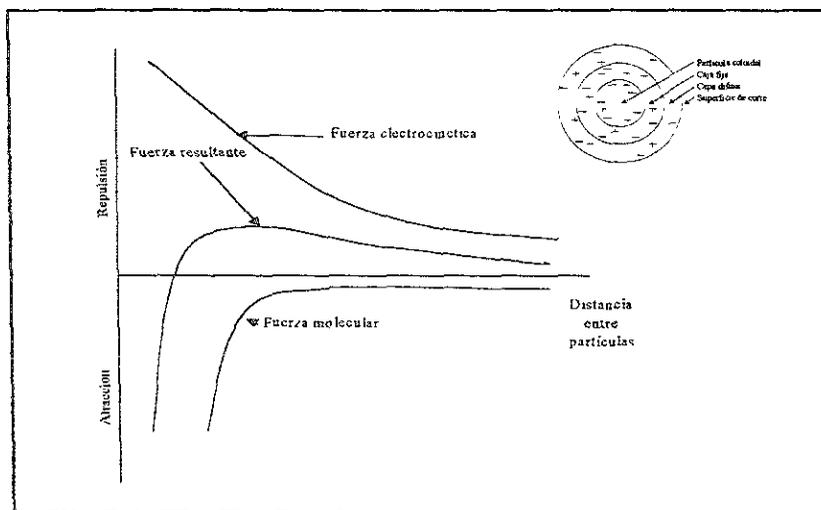


Figura 3.8 Fuerzas que actúan en una partícula de floculo.

En el caso del sulfato de aluminio las reacciones simplificadas



esto es, en general



se apartan mucho de lo real.

Los productos de la hidrólisis del aluminio son muy complejos. Su naturaleza se ve afectada por factores tales como la edad y la concentración de la solución coagulante. Los productos de la hidrólisis del aluminio incluyen compuestos en forma



puediendo aparecer complejos de sulfato

Con concentraciones más altas de sólidos suspendidos, la teoría coloidal puede ofrecer una base para explicar las reacciones observadas. Así, la desestabilización de una suspensión coloidal ocurre debido a la adsorción de iones metálicos parcialmente hidrolizados, fuertemente cargados. La adsorción continua resulta en la inversión de carga y la reestabilización de la suspensión que sí ocurre con altas dosis de coagulante. En esta situación, la naturaleza de las partículas coloidales tiene marcada influencia en el proceso de coagulación.

Cuando se usa la coagulación para quitar el color del agua, parece que la reacción depende de la formación de precipitados a partir de la combinación de sustancias orgánicas solubles y el coagulante. Así, generalmente hay una relación directa entre la concentración del color y la dosis del coagulante que se requiere para removerlo.

III.5 Sedimentación.

El proceso de sedimentación en el tratamiento de agua, facilita al asentamiento y remoción de las partículas más grandes y pesadas suspendidas en el agua. Más comúnmente, se utiliza para remover las partículas floculadas antes de la filtración. La eficiencia de la remoción en el estanque de sedimentación determina las cargas subsecuentes en los filtros, y por lo tanto, tiene una influencia notable en la capacidad, duración del ciclo del filtro y la calidad del agua filtrada. Las dos clasificaciones para el diseño de los estanques de sedimentación son: 1) unidades de flujo horizontal y 2) unidades de flujo vertical. El diseño de ambos tipos de unidades implica factores tales como forma, número de tanques, dimensiones, velocidad y dirección del flujo, tiempo de retención, volumen de almacenamiento de lodos, métodos de remoción de lodos, arreglos de entrada y salida y las características del agua floculada entrante.

III.5.1 Sedimentación de flujo horizontal.

La sedimentación de flujo horizontal es un proceso de separación por gravedad, en el cual un tanque de sedimentación proporciona un medio tranquilo que permite a las partículas de peso específico mayor que el del agua sedimentarse en el fondo del tanque. Un tanque de sedimentación de flujo horizontal bien diseñado puede remover hasta un 95% de la turbiedad del agua cruda después de una coagulación y floculación eficaz; la turbiedad restante se elimina en los filtros. Los clarificadores rectangulares de flujo horizontal sin remoción mecánica de lodos son ventajosos para comunidades en países en vías de desarrollo debido a la simplicidad y capacidad para adaptarse a varias condiciones de agua cruda, tales como cambios repentinos de turbiedad, incrementos de flujo, o gastos demasiados altos. En la Figura 3.9 se muestra un tanque rectangular de sedimentación de flujo horizontal. El agua floculada se distribuye uniformemente a través de la zona de entrada por medio de un sistema distribuidor, tal como una mampara perforada. El agua recorre lentamente la longitud del tanque depositando flocúlos en el fondo del mismo y formando una capa de lodo que toma la forma de perfil de lodos mostrado en la Figura 3.7. El sobredrenante clarificado se acumula en los vertederos de salida o en las artesas sumergidas. El piso inclinado del fondo facilita la limpieza manual y el drenaje del lodo, usualmente por medio de mangueras de alta presión o boquillas fijas en el piso del tanque.

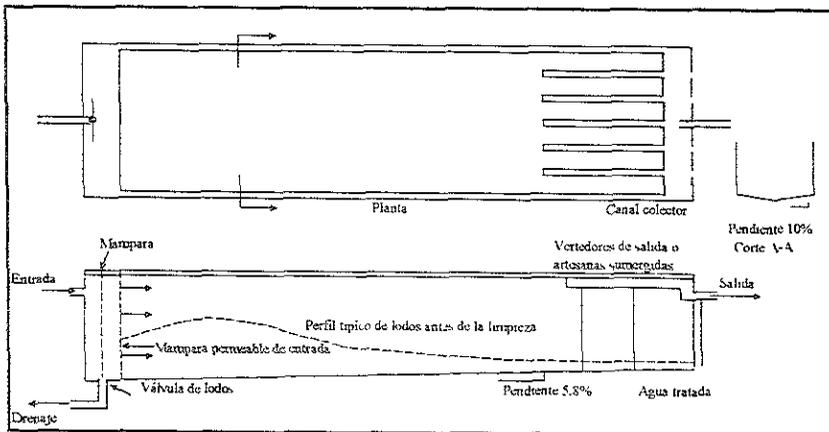


Figura 3.9 Tanque convencional de sedimentación de flujo horizontal. Fuente, Adaptada de Hudson, 1981

Son varias las ventajas de las unidades de flujo horizontal respecto a las unidades de flujo ascendente

1. El proceso es más tolerante a las variaciones hidráulicas y de calidad
2. El proceso proporciona un rendimiento predecible en la mayoría de las condiciones climáticas y operacionales.

- 3 Los resultados a escala del laboratorio son aplicables a escala de planta
- 4 El proceso opera excepcionalmente bien cuando las cargas de lodo son muy altas
- 5 Los costos de construcción son bajos y permiten la ampliación.
- 6 La operación y el mantenimiento son sencillos.

Criterios de diseño:

Tres criterios básicos que regulan el diseño de los tanques de sedimentación 1) cantidad de agua que se va a tratar, 2) tiempo de residencia determinado y 3) gasto superficial seleccionado (o gasto de derrame) El gasto superficial se define como la relación entre el gasto influente y el área superficial del tanque, y puede expresarse en unidades de gasto por unidad de área superficial del tanque.

Las fórmulas básicas que se aplican al diseño de tanques de sedimentación son:

$$t = \frac{24V}{Q} \quad (3.1)$$

$$v_s = \frac{24H}{t} \quad (3.2)$$

$$v_s = \frac{Q}{WL} \quad (3.3)$$

donde:

v_s = gasto superficial o velocidad de sedimentación ($m^3 / día / m^2 = m / día$)

t = tiempo de residencia (h)

Q = gasto ($m^3 / día$)

V = volumen del tanque (m^3)

H, W, L = profundidad, anchura y largo del tanque (m)

Si el periodo de sedimentación es corto y se forma una separación distinguible entre la zona superior clarificada y la zona inferior de sólidos sedimentados, entonces la floculación puede no ser necesaria. Si el periodo es relativamente largo y las dos zonas no están bien definidas, entonces es probable que esté presente el material coloidal y la floculación es necesaria. La prueba de sedimentación se debe repetir, utilizando agua coagulada, después de efectuar las pruebas de jarras para determinar la dosis óptima de coagulante y, si es necesario, de coadyuvantes coagulantes.

Una suposición inherente a la prueba de sedimentación es que el proceso de sedimentación no es obstaculizado por corrientes de densidad, remolinos, cambios de

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

temperatura u otras condiciones encontradas en la práctica. La experiencia ha demostrado que existe una discrepancia entre los valores de diseño deducidos mediante fórmulas teóricas y pruebas de laboratorio y aquellos valores de diseño han resultado ser más eficaces en la práctica. Por ejemplo, el tiempo de residencia teórica se calcula dividiendo el volumen del tanque entre el gasto a través del mismo. Sin embargo, el cortocircuito provocado por las corrientes de densidad y los remolinos en las estructuras de entrada y salida, por las mamparas y por la configuración y dimensiones del tanque, hace que el periodo de flujo a lo largo del tanque observado para algunas de las partículas de agua en el tanque sea más corto (y algunas veces más largo) que el tiempo de residencia teórico. Como la remoción se incrementa con el tiempo de residencia, ésta será considerablemente menor con el cortocircuito que ocurriría si todas las partículas del agua se mantuvieran juntas durante el tiempo teórico de residencia. Aunque la mayoría de los diseños tratan de reducir el cortocircuito en los tanques de sedimentación, no se puede eliminar completamente. Por lo tanto, el diseño de los tanques de sedimentación se apoya en gran parte en la experiencia y debe integrar los resultados de las pruebas experimentales de sedimentación con los criterios establecidos que han demostrado ser eficaces en la práctica

En las pruebas de sedimentación de laboratorio, el tiempo que se requiere para que los sólidos suspendidos promedio del agua en todos los puntos de extracción arriba de la zona de lodos disminuyan a una concentración de 2 mg/l, se debe multiplicar por un factor de seguridad de 3 para obtener el tiempo de residencia del tanque de sedimentación propuesto.

Cuadro 3.4 Criterios de diseño para tanques de sedimentación de flujo horizontal.

Tipo	Descripción	Gasto superficial (velocidad de sedimentación) (m / día)	Tiempo de residencia (h)
A	Instalaciones pequeñas de operación precaria	20 a 30	3 a 4
B	Instalaciones planificadas con tecnología nueva ^a y operación razonable	30 a 40	2 1/2 a 3 1/2
C	Instalaciones planificadas con tecnología nueva ^a y buena operación	35 a 45	2 a 3
D	Instalaciones grandes con tecnología nueva ^a y excelente operación, con medidas para añadir coadyuvantes coagulantes cuando sea necesario	40 a 60	1 1/2 a 2 1/2

Fuente Adaptada de Azevedo-Netto, 1977.

^a Unidades de mezclado hidráulico rápido y floculación de adecuadamente diseñados

El Cuadro 3.4 presenta los gastos superficiales recomendados (velocidades de sedimentación) y los tiempos de residencia para varias condiciones que se pueden encontrar en la práctica. Los valores varían de 20 a 60 m/día, dependiendo del tipo de unidad y el pretratamiento utilizado

APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES

Los criterios de diseño restantes se ocupan principalmente de reducir los problemas de turbulencia, cortocircuito y lavado del fondo (esto es, perturbación de la capa de lodo). Se recomienda una profundidad del tanque de 3 m para permitir la acumulación y almacenamiento de lodo en el tanque. La relación entre la profundidad del tanque, tiempo de residencia y gastos superficiales se observa en la gráfica de la Figura 3.10. Por ejemplo: un tiempo de residencia de 3 h y un gasto de derrame de 30 m/día fijarían la profundidad del clarificador en 3.75m. Para reducir la probabilidad de cortocircuitos se recomienda una relación longitud anchura (L/W) de 3 m o más. Las velocidades de flujo horizontal están fijadas por estas restricciones y deben variar de 4 a 36 m/h. Debe hacerse notar que estas velocidades no son uniformes a través de la sección transversal del tanque, a causa del efecto de fricción generado por el piso y las paredes del tanque. La fricción del tanque también es un factor que contribuye a la formación de corrientes. El número de tanques que se debe seleccionar para una planta particular es determinado por: 1) el efecto sobre la producción de agua si se saca de servicio un tanque, y 2) el tamaño, más grande que se espera produzca resultados satisfactorios. Una planta de tratamiento debe incluir un mínimo de dos tanques y más cuando sea factible, para reducir efectos de una mayor velocidad y un tiempo de residencia más corto cuando se saca de servicio el tanque para limpieza.

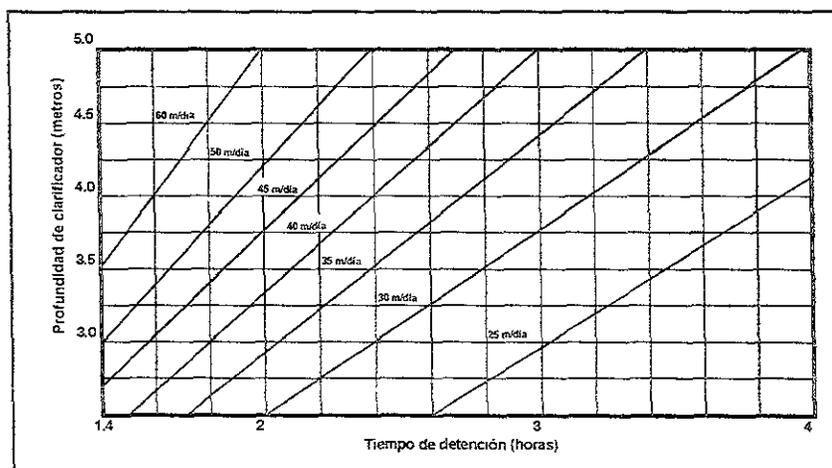


Figura 3.10 Tiempos de detención para diferentes gastos de derrame y profundidades de clarificador, Fuente Arboleda, 1973

III.5.2 Estructuras de entrada.

Las estructuras de entrada se deben diseñar de tal manera que el agua floculada que entra al tanque, se distribuya uniformemente a través del área transversal completa de la zona de entrada sin causar turbulencia excesiva, lo cual fragmentaría los flocúlos. Es importante lograr una buena distribución de flujos entre tanques paralelos. La calibración adecuada de lumbreras y múltiples se debe preferir con mucho a los dispositivos reguladores.

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

Un tipo eficiente de estructura de entrada incluye una mampara perforada en una pared difusora colocada después de unas mamparas de impacto, como se muestra en la Figura 3.11. Se recomiendan velocidades a través de la mampara perforada de aproximadamente 0.2 a 0.3 m/seg. La caída de presión a través de las lumbreras se estima en 1.7 veces la carga de velocidad ($v^2 / 2g$). La pared difusora usualmente se construye con concreto, aunque también se puede utilizar mamparas de madera o mampostería de ladrillos. En el diseño de mamparas perforadas para tanques de sedimentación es necesario cumplir cuatro requerimientos básicos (Hudson, 1981).

1. La velocidad a través de las lumbreras debe ser aproximadamente cuatro veces más alta que cualquiera de las velocidades de aproximación a fin de igualar la distribución de flujo tanto horizontal como verticalmente.
2. Para evitar fragmentar los flocúlos, el gradiente de velocidad a través de los conductos y lumbreras de entrada se debe mantener en un valor cercano a, o un poco más alto que el de la última porción del floculador.
3. Se debe instalar el máximo número posible de lumbreras, a fin de reducir la longitud de la zona de turbulencia de entrada producida por la difusión de los chorros sumergidos provenientes de las lumbreras en la entrada de la mampara perforada.
4. La configuración de las lumbreras debe ser tal que asegure que los chorros de descarga dirijan el flujo hacia la salida del tanque

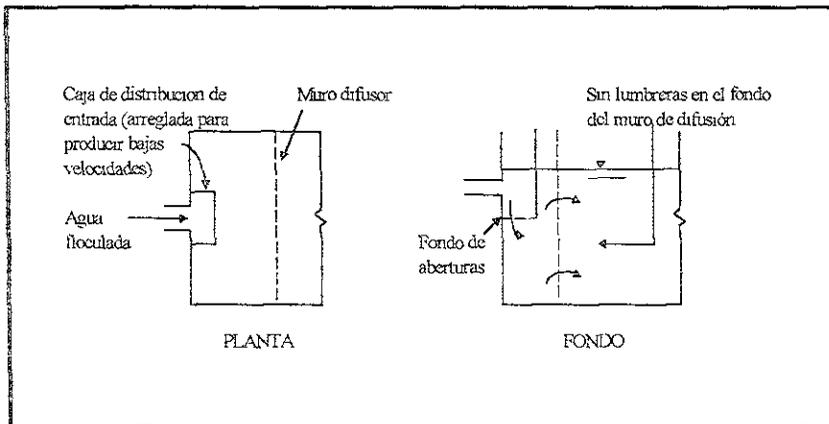


Figura 3.11 Arreglo de entrada compuesto por una caja de distribución de flujo, seguida de una pared de difusión. Fuente: Hudson

III.5.3 Estructura de salida.

Los vertedores o arquetas perforadas son las estructuras más utilizadas para sacar del tanque el agua efluente. La longitud de los vertedores se debe seleccionar de modo tal que se eviten las velocidades altas de aproximación y perturbación de la capa de lodos. La fórmula siguiente es útil para determinar una longitud aceptable de vertedor

$$L = \frac{0.2Q}{Hv_s} \tag{3.4}$$

donde.

- L = longitud de vertedor combinada (m)
- Q = gasto (m^3 / día)
- H = profundidad del tanque (m)
- v_s = velocidad de sedimentación (m/día)

Los vertedores de terminación simple o circunferenciales o los orificios sumergidos funcionan también como las configuraciones más largas y elaboradas. Las arquetas o vertedores de salida se pueden arreglar ya sea paralela o transversalmente a la dirección del flujo en el tanque. Una distancia de centro a centro equivalente a una o dos veces la profundidad del tanque es razonable para el espaciamiento de los conductos de salida.

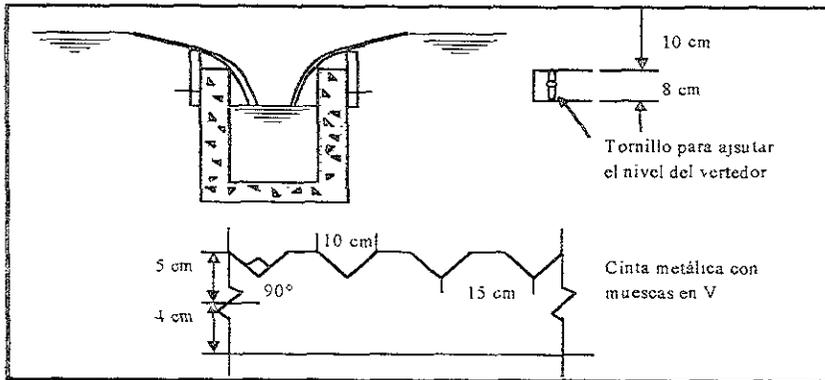


Figura 3.12 Vertedor triangulares ajustables, fijos en arquetas efluentes. Azevedo-Netto, 1977.

Los vertedores triangulares ajustables son convenientes para asegurar un flujo uniforme a través de la pila colectora, especialmente cuando se utilizan gastos bajos de derrame. Se construyen de tiras metálicas con muescas en V de aproximadamente 5.0 cm de profundidad y una separación entre sí de 15 a 30 cm, y se sujetan con tornillos a la pared de concreto de la

pila colectora (Figura 3 12). Sin embargo, los vertedores de derrame se deben nivelar con exactitud, lo cual puede ser difícil en los lugares donde no se dispone de personal calificado

Las artesas perforadas, por otro lado, cuentan con lumbreras sumergidas 30 a 90 cm a partir de la superficie y por ende no requieren nivelado preciso. Las artesas sumergidas son útiles para evitar que los desechos flotantes entren a los conductos de salida y puedan provocar fácilmente cambios en el nivel de agua del tanque. El almacenamiento en el tanque de sedimentación a menudo se utiliza para permitir algunas diferencias temporales entre el caudal afluente a la planta y la descarga de la misma. Esto no es posible hacerlo cuando se utilizan vertedores de derrame a la salida del tanque. Las artesas perforadas se pueden usar para evitar que las velocidades se incrementen demasiado a lo largo de ellas.

III.5.4 Remoción manual de lodos.

En los tanques de sedimentación que se limpian manualmente, una porción importante del volumen se reserva para la acumulación de lodo entre limpiezas. En las plantas con un buen mezclado y floculación, la capa de lodo tenderá a ser más profunda a la entrada que a la salida (véase Figura 3.9). Por lo tanto, es deseable una profundidad de almacenamiento de lodo que disminuya gradualmente de 2 m a la entrada a aproximadamente 0.3 m a la salida. Cuando la capa de lodo exceda los límites de almacenamiento se debe sacar de servicio y limpiar. Para facilitar el drenaje eficiente del tanque, el piso debe tener una pendiente de 10% aproximadamente de las paredes laterales al centro y de 5 a 8% del extremo de salida al extremo de entrada.

La remoción de lodo se logra prontamente vaciando primero el tanque mediante la abertura de una o más válvulas de lodo localizadas en el extremo de entrada. A continuación, el lodo remanente en el tanque se puede dirigir con chorros de agua hacia al drenaje con ayuda de mangueras de alta presión o boquillas fijas en el piso del tanque

La frecuencia de la remoción de lodos varía considerablemente dependiendo de la capacidad del tanque, la turbulencia del agua cruda y las tendencias hacia la putrefacción con los sabores y olores resultantes o problemas de flotación de lodo. Una estimación razonable para la mayoría de las plantas, sin embargo, es aproximadamente una vez cada tres o cuatro meses.

La instalación de sedimentadores de placas inclinadas o de tubería en los tanques de sedimentación permite gastos superficiales mucho más altos, y por lo tanto, puede dar por resultado cantidades mayores de lodo generado en un espacio pequeño. En consecuencia, las unidades que incorporan sedimentadores de placas inclinadas o de tubería requieren remoción frecuente de lodos debajo de los módulos de sedimentación. En tales situaciones, para evitar el desagüe del tanque a intervalos relativamente cortos pueden utilizar tolvas hidráulicamente drenadas. Los pisos de las tolvas deben formar un ángulo no menor de 55° por encima de la horizontal ya que el lodo usualmente no descenderá por pendientes más planas bajo el agua

III.5.5 Sedimentación en placas inclinadas y en tubería.

La sedimentación en placas inclinadas y la sedimentación en tubería se han convertido en componentes importantes del tratamiento de agua en años recientes. Cuando se instalan en clarificadores tipo manto de lodo de flujo ascendente o en tanques de flujo horizontal, en dichas unidades pueden mejorar el rendimiento clarificador e incrementar la capacidad de los clarificadores convencionales en un 50 a 150%. Además, también se pueden incorporar al diseño de tanques nuevos de sedimentación, reduciendo el área de sedimentación de un cuarto a un sexto de la que requieren los tanques convencionales

En los países en desarrollo, el uso de sedimentadores de placas inclinadas o de tubo se debe limitar, en la mayoría de los casos, a la ampliación de la capacidad del tanque de sedimentación y/o mejoramiento de la calidad del afluente de la planta. También su utilización puede ser limitada en climas soleados y calientes donde el crecimiento de algas en los tubos y placas puede ser un problema que dificulta el mantenimiento.

En el Cuadro 3.5 se presentan los gastos superficiales recomendados para los tanques de sedimentación de flujo horizontal equipados con sedimentadores de tubos o placas inclinadas para dos categorías de turbiedad del agua cruda: 0 a 100 UTN y 100 a 1000 UTN. Estas cargas se aplican específicamente a regiones de agua templada (temperatura casi siempre superior a 10°C)

Cuadro 3.5 Carga para tanques de sedimentación de flujo horizontal equipados con sedimentadores de placas inclinadas o de tubos en áreas de agua templada (arriba de 10°C)

Velocidad de sedimentación basada en el área total del clarificador (m/día)	Velocidad de sedimentación basada en la porción cubierta por las placas o tubos (m/día)	Turbiedad probable de efluente (UTN)
(A) Turbiedad del agua cruda 0 a 100 UTN		
120	140	1 a 3
120	170	1 a 5
120	230	3 a 7
170	200	1 a 5
170	230	3 a 7
(B) Turbiedad del agua cruda 100 a 1000 UTN		
120	140	1 a 5
120	170	3 a 7

Fuente: Culp y Culp, 1974.

Para una autolimpieza eficiente, los tubos o las placas inclinadas usualmente se disponen a un ángulo de 40 a 60° respecto a la horizontal. El ángulo más adecuado para un diseño particular depende de las características del lodo del agua en tratamiento, usualmente 55° arriba de la horizontal. La distancia entre las placas inclinadas paralelas o, similarmente, el diámetro de los tubos de sedimentación, es aproximadamente de 5 cm. Los pasajes formados por las placas, o el interior de los tubos, comúnmente son de aproximadamente un metro de

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

largo Se debe tener cuidado en el diseño de los sistemas colectores de salida para asegurar una distribución uniforme del flujo a través de los módulos de placas o tubos. Esto se logra de manera más fácil utilizando vertedores de derrame de arquetas sumergidas

Cuando se instalen sedimentadores de tubos o de placas inclinadas en tanques de sedimentación de flujo horizontal, es aconsejable no colocarlos cerca de la zona de entrada donde la turbulencia podría inhibir la eficacia de los sedimentadores. Además, a veces es necesario complementar el sistema colector de efluente existente con vertedores o arquetas adicionales, de manera que se pueda transportar la carga incrementada y permitir la pérdida de carga adicional a través de la canaleta influente

III.6 Filtración.

Cuadro 3.6 Características generales de construcción y operación de los filtros lentos y rápidos de arena

	FILTROS LENTOS DE ARENA	FILTROS RÁPIDOS DE ARENA
Velocidad de filtración	0.1 a 0.2 a 0.4 m/h	4 a 5 a 21 m/h
Tamaño del lecho	Estenso, 2,000 m ²	Pequeño 40 a 400 m ²
Profundidad del lecho	30 cm de grava, 90 a 110 cm de arena, usualmente reducido mediante raspado a no menos de 50 - 80 cm.	30 a 45 cm de grava, 60 a 70 cm de arena, no reducida mediante el lavado
Tamaño de la arena	Tamaño efectivo 0.25 a 0.3 mm, coeficiente de uniformidad de 2 a 2.5 a 3	Tamaño efectivo 0.55 mm y mayores; coeficiente de uniformidad 1.5 y no menor dependiendo del sistema de drenaje inferior
Distribución del tamaño del grano arena en el filtro	No estratificado	Estratificado, con los granos más pequeños o ligeros en la parte superior y los más gruesos o pesados en el fondo
Sistema de drenaje inferior	1 - Laterales de arquilla de juntas abiertas colocados sobre piedra gruesa descargando en conductos de drenaje maestros de concreto arquilla 2 - Laterales de tubos perforados descargando en cañerías principales	1 - Laterales de tubos perforados, descargando en cañerías principales 2 - De tipo de fondo falso, con orificios 3 - Varios, generalmente patentados
Caida de presión	Inicial de 6 cm, final de 1.20 m	Inicial de 30 cm, final de 240 a 275 m
Duración del ciclo de filtración entre limpiezas	20 a 30 a 60 días	12 a 24 a 72 horas
Penetración de la materia suspendida	Superficial	Profunda, particularmente con medios filtrantes y dobles mezclados
Método de limpieza	Raspado la capa superficial de arena y lavado y almacenamiento in arena lavada para reemplazo periódico del lecho	Descargando y removiendo la materia suspendida mediante flujo ascendente o retrocedido que fluidifica el lecho. Posible uso de sistemas auxiliares de lavado
Cantidad de agua utilizada en la limpieza de la arena	0.2 a 0.6 % del agua filtrada	1 a 4 a 6% del agua filtrada
Tratamiento preparatorio del agua	Generalmente ninguno usando la turbiedad del agua cruda es 7° 50 CTN	Cogulación, floculación y sedimentación
Costo de construcción	Relativamente bajo	Relativamente alto
Costo de operación	Relativamente bajo de vida la arena se limpia en el sitio de la planta	Relativamente alto
Costo de depreciación	Relativamente bajo	Relativamente alto

Fuente: Adaptada de Fair, Geyer y Okum, 1968

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

La filtración es un proceso físico, químico y (en algunos casos) biológico para separar del agua las impurezas suspendidas mediante el paso a través de un medio poroso. Dos tipos generales de filtros se utilizan comúnmente en el tratamiento del agua: el filtro lento de arena y el filtro rápido de arena. Un filtro lento de arena se compone de una capa de arena fina no clasificada, a través de la cual se filtra el agua a una velocidad lenta, el filtro se limpia periódicamente raspando una delgada capa de arena sucia de la superficie a intervalos de varias semanas a meses. La arena se lava después de varias raspaduras, y se regresa al filtro. La velocidad lenta de filtración permite la formación de una capa activa de microorganismos llamada el *schmutzdecke* sobre el lecho de arena, misma que proporciona el tratamiento biológico. Esta capa es particularmente efectiva en la remoción de microorganismos, incluyendo los patógenos, del agua.

Debido a las altas velocidades de filtración, el requerimiento de espacio para una planta de filtración rápida es aproximadamente de 20% del que se requiere para los filtros lentos de arena, aunque éstos usualmente no requieren etapas de pretratamiento. El Cuadro 3.6 resume los criterios de diseño, y la Figura 3.13 muestra los planos simplificados para cada tipo de filtro. Otro tipo de filtración que tiene aplicaciones definidas en los países en desarrollo, es aquel que utiliza la filtración de flujo ascendente seguida por un lecho de flujo descendente, y puede ser una alternativa económica de los esquemas convencionales de filtración - sedimentación - filtración.

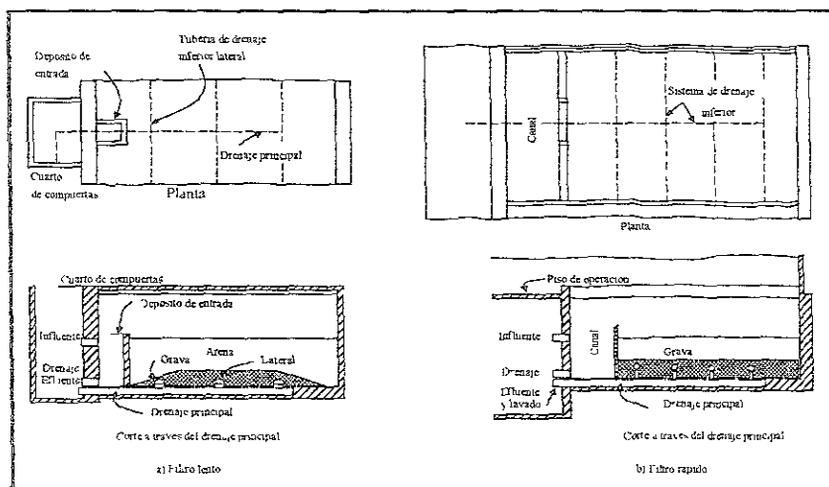


Figura 3.13. Dibujos simplificados de filtros lentos y rápidos. Fuente: Adaptada de Fair, Geyer y Okun, 1968.

III.6.1 Filtración lenta de arena.

Las velocidades de filtración de los filtros lentos de arena son aproximadamente 20 a 50 veces más lentas que la de los filtros rápidos. A causa de que el filtro se limpia manualmente removiendo la capa superior de arena sucia en lugar de retrolavarla, la arena no se estratifica y sus características hidráulicas son reguladas por las porciones más finas de la arena. Otra característica distintiva de los filtros lentos de arena, es la presencia de una capa delgada, conocida como el *schmutzdecke*, que se forma sobre la superficie del lecho de arena e incluye una gran variedad de microorganismos biológicamente activos. Éstos descomponen la materia orgánica y llenan también los intersticios de la arena de modo que la materia sólida se retiene con bastante efectividad. Las impurezas presentes en el agua cruda se eliminan casi por completo en la capa superior de 0.5 a 2 cm del lecho filtrante.

La limpieza del lecho filtrante se realiza quitando la capa superior cuando el filtro se encuentra demasiado obstruido con impurezas. A menos que el agua a tratarse esté excesivamente turbia o contenga altas concentraciones de algas, los filtros lentos de arena se pueden utilizar continuamente durante varios meses antes de que sea necesaria la limpieza. La operación de limpieza la pueden realizar operarios no calificados utilizando herramientas manuales, y terminarse en uno o dos días. Después de la limpieza, se requiere un tiempo (hasta una semana) para que el *schmutzdecke* se vuelva a formar y retorne la calidad efluente del filtro a su nivel interior.

El uso principal de la filtración lenta de arena es en la remoción de materia orgánica y organismos patógenos de las aguas crudas de turbiedad relativamente baja. El tratamiento biológico que ocurre en el *schmutzdecke* del filtro es capaz de reducir la cuenta total de bacterias en un factor de 10^3 a 10^4 y la de *E. Coli* en un factor de 10^2 a 10^3 (IRC, 1981b). Por consiguiente, se pueden realizar ahorros considerables en las cantidades de cloro requerido para desinfección. Esta ventaja es particularmente importante en las áreas rurales de los países en desarrollo donde la cloración ha probado no ser muy confiable, y donde la filtración lenta de arena puede proporcionar una medida de seguridad más confiable que, por ejemplo, los filtros rápidos requieren cloración continua para asegurar la desinfección.

Los filtros lentos de arena son los más prácticos para el tratamiento de agua con turbiedades menores de 50 UTN, si bien se pueden tolerar turbiedades más altas por unos cuantos días. La mejor purificación ocurre cuando la turbiedad es menor de 10 UTN (Huisman y Wood, 1974). Cuando se esperan turbiedades más altas, los filtros lentos de arena deben estar precedidos de algún tipo de pretratamiento.

Los filtros lentos de arena brindan varias ventajas para los países en desarrollo

- 1 El costo de construcción es bajo
- 2 La simplicidad del diseño y operación significa que los filtros se pueden construir y utilizar con escasa supervisión técnica. Se requiere poca tubería, equipo o instrumentación especiales.

- 3 La mano de obra requerida para el mantenimiento puede ser no calificada debido a que la tarea principal es la limpieza de los lechos, lo que se puede hacer a mano
4. Las importaciones de material y equipo son insignificantes y no se requieren compuestos químicos.
- 5 No se requiere energía si se dispone de presión hidrostática por gravedad, y no existen partes móviles o requerimientos de aire comprimido o agua a alta presión.
6. Las variaciones de calidad del agua cruda y temperatura se pueden tolerar siempre que la turbiedad no se torne excesiva; la sobrecarga no es perjudicial durante períodos cortos.
- 7 Se ahorra agua, un factor importante en muchas regiones, debido a que no se requieren grandes cantidades de agua para lavado.

La filtración lenta de arena es el método de tratamiento de agua más barato, simple y eficiente para aguas superficiales de baja turbiedad en los países en desarrollo. Sin embargo, no se debe considerar como una panacea para el tratamiento de todas las aguas superficiales en los países en desarrollo, aun cuando vaya precedida por unidades de pretratamiento.

III.6.2 Diseño de filtros lentos de arena.

Las partes esenciales de un filtro lento de arena se muestra en la Figura 3.14. Los filtros lentos de arena, a causa de que no se retrolavan son muchos más simples en diseño que los filtro rápidos. Los criterios pertinentes de diseño para los filtros lentos de arena se resumen a continuación (adaptados de Huisman y Wood, 1974):

1. Velocidad de filtración. La velocidad de filtración más comúnmente utilizada para operación normal es de 0.1 m/h, aunque es posible producir agua segura a velocidades tan altas como 0.4 m/h. A mayores velocidades de filtración, los intervalos entre limpiezas se acortan, pero la calidad del agua tratada no se deteriora. Cuando se retira al servicio un filtro para lavarlo, se pueden utilizar velocidades mayores de filtración.
2. Capa de agua sobredrenante. La profundidad del agua debe proporcionar una presión suficiente para vencer la resistencia del lecho filtrante y evitar el aire atrapado. En la práctica usualmente se selecciona una presión de 1.0 a 1.5 m.
3. Lecho filtrante. El espesor del lecho de arena varía entre 1.0 y 1.4 m. Este espesor se debe reducir a no menos de 0.5 a 0.8 m después de remover las capas superiores de arena durante la limpieza del filtro. La arena debe tener un tamaño efectivo entre 0.15 y 0.35 mm y un coeficiente de uniformidad entre 1.5 y 3, si bien es deseable un coeficiente menor de 2. La selección y clasificación cuidadosas de la arena no son tan críticas como en el caso de los filtros rápidos. El uso de arena localmente disponible o de calidad similar a la utilizada en la industria de la construcción puede reducir costos.
4. Grava filtrante. La grava del filtro se debe clasificar de tal modo que la arena no penetre el sistema de drenaje inferior, pero que al mismo tiempo permita el flujo libre del agua cuando se utilice un número limitado de conductos de desagüe inferiores. Por ejemplo cuando se utiliza un fondo de filtro que consiste en ladrillos extendidos con juntas abiertas (10 mm de ancho), normalmente se utilizan cuatro capas de grava con los

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

siguientes intervalos de tamaño 0.4 a 0.6 mm, 1.5 a 2 mm, 5 a 8 mm, y 15 a 25 mm. cada capa tiene un espesor de aproximadamente 10 cm.

5. Profundidad de la cámara de filtración La profundidad mínima de la cámara de filtración se determina a partir de los elementos siguientes (Paramasivan y Mhaisalkar, 1981):

Bordo libre por arriba del nivel sobrenadante	0.20 m
Agua sobrenadante	1.00 m
Medio filtrante (inicialmente)	1.00 m
Apoyo de cuatro capas de grava	0.30 m
Fondo de filtro de ladrillos	0.20 m

Total 2.70 m

Es una práctica general utilizar una cámara filtrante con una profundidad de 3 a 4 m, pero una profundidad de 2.70 m reduce los costos.

6. Sistema de drenaje inferior. Un método sencillo de drenaje inferior consiste en un sistema de conductos principales y laterales hechos de tubos perforados de asbestocemento o plástico. También se puede utilizar un fondo de filtro de ladrillos, losas de concreto o concreto poroso. Los ladrillos se deben colocar de tal modo que: 1) el espacio libre entre ladrillos adyacentes sea más pequeño que el tamaño del medio filtrante, y 2) se formen hileras con una separación de 10 cm entre sí para obtener conductos laterales de drenaje que conducen a un gran colector. El colector usualmente se conecta a la cámara de control de filtración mediante un orificio o tubo pequeño.

Cuadro 3.7 Pautas generales para determinar el número requerido de filtros lentos de arena para comunidades de diferentes tamaños.

Población	Número total de unidades	Capacidad de reserva
> 2,000	2	100%
2,000 a 10,000	3	50%
10,000 a 60,000	4	33%
60,000 a 100,000	5	25%

Fuente: Arboleda, 1973.

7. Número de lechos filtrantes. En plantas grandes de tratamiento, siempre se deben construir por lo menos dos unidades de filtración y se debe contar con unidades de reserva. El Cuadro 3.7 proporciona algunas pautas generales para determinar el número de unidades de filtración para una población de diseño dada (Arboleda, 1973)

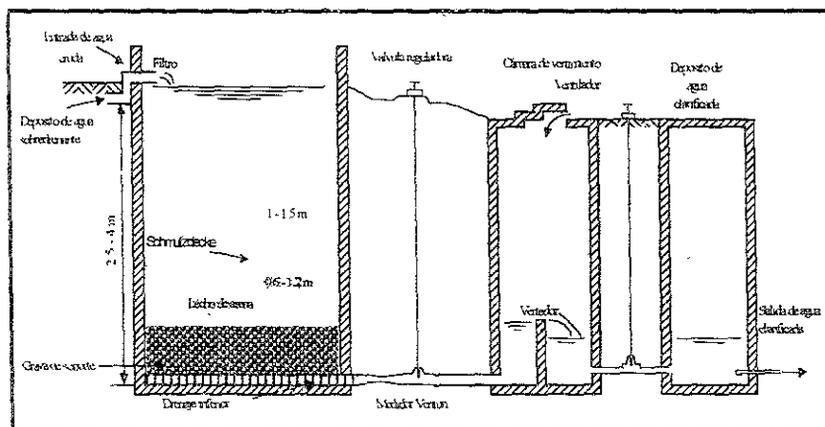


Figura 3.14 Diagrama de un filtro lento de arena. Fuente, Huisman y Wood, 1974.

8. Control del filtro. Los filtros lentos de arena se operan convencionalmente a una velocidad constante. La velocidad se controla manteniendo una caída de presión constante a través del filtro. Para regular la velocidad de filtración y profundidad del agua sobre el filtro, se puede utilizar una válvula manual precedida por un medidor venturi (Figura 3.14). El intervalo normal de caída de presión provocada por las condiciones de limpias a obstruidas en el lecho de arena y por los accesorios del filtro es de 0.6 a 1.2 m. Un vertedor efluente, tal como el mostrado en la Figura 3.14, es un dispositivo útil para evitar el aire atrapado. Otro método práctico para controlar la velocidad de filtración, es la instalación de una válvula de flotador en el tubo efluente del filtro, como se muestra en la Figura 3.15b. La válvula se activa con el nivel de agua en una cámara de flotación. El nivel del orificio o salida del filtro debe quedar por arriba de la parte superior del lecho de arena.

En los filtros dinámicos se utilizan comúnmente estructuras de salida de tubos telescópicos (Figura 3.15c). El tubo inferior se fija verticalmente y se conecta al tubo efluente de agua filtrada que conduce al pozo de agua clarificada, el tubo superior es ajustable y se mueve verticalmente en el interior del tubo fijo, respondiendo a las fluctuaciones en el nivel del agua o por medio de un flotador unido al extremo del tubo. Un vertedor circular, sustentado por el flotador, mantiene un gasto constante de agua hacia el pozo de agua clarificada. El gasto se puede modificar ajustando el nivel del vertedor en el tubo deslizante. La altura del flotador se limita con cadenas, de suerte que la filtración se detendrá después de alcanzar la caída de presión máxima permisible.

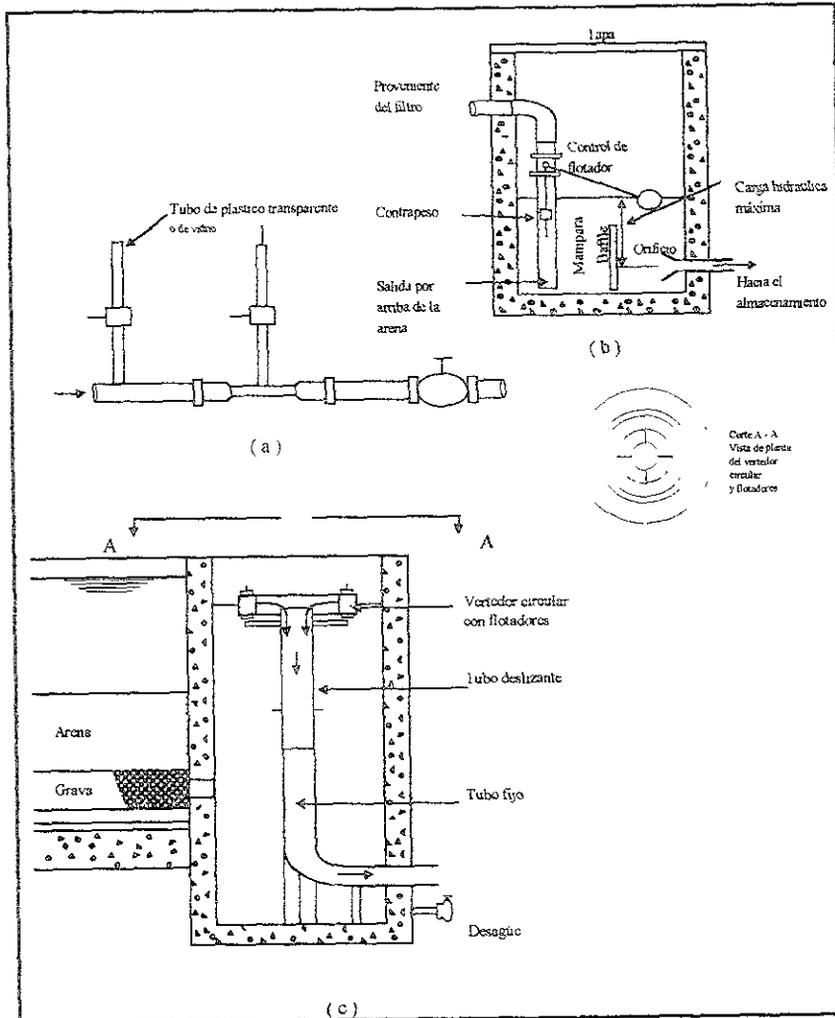


Figura 3.15 Dispositivos típicos para el control de la velocidad en los filtros lentos de arena a) operación y control simple utilizando conectores de plomería comunes calibrados de su instalación. La elevación de salida es por encima de la superficie de arena, b) control de flotador y estructura de salida de orificio, c) estructura de salida de tubo telescópico. Fuente. (a, B) Salvato, 1982, c) Arboleda, 1973

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

Cuadro 3.8 Criterios generales de diseño para filtros de arena.

Parámetros	Intervalos	Valor preferido
Velocidad de filtración (m/h)	0.1 a 0.2	0.1
Profundidad del lecho filtrante (m)	1.0 a 1.4	1.0
Área por lecho filtrante (m ²)	10 a 100	—
Altura del agua sobredrenante (m)	1.0 a 1.5	1.0
Profundidad del sistema de drenaje inferior (m)	0.3 a 0.5	
Especificaciones del lecho filtrante	CU = 1.5 a 3.0 T.E. = 0.15 a 0.35 m	0.4
Número de filtros	mínimo, 2	

En aquellos casos en los que la entrada de agua cruda se cierra cuando se abre la válvula de salida del filtro, se debe tomar en consideración la posibilidad de operar el filtro a una velocidad declinante. El sobredrenante drena a través del filtro a una velocidad declinante. El vertedor del efluente debe estar colocado por lo menos 0.2 m por arriba de la parte superior del lecho filtrante, para evitar la desecación del *schmutzdecke* al final del periodo de filtración. Para almacenamiento se requiere una cantidad suficiente de agua encima del lecho filtrante. Los criterios para el diseño de filtros lentos se resumen en el Cuadro 3.8.

En las regiones donde la arena es cara o difícil de obtener, las raspaduras superficiales de un filtro lento de arena se pueden lavar y reutilizarse posteriormente. No obstante, las raspaduras se deben lavar inmediatamente, de lo contrario el material sufre una fermentación anaerobia, produciendo compuestos generadores de olores y sabores que son casi imposibles de eliminar con el lavado.

El dispositivo hidráulico mostrado en la Figura 3.16a se puede utilizar para lavar la arena removida de un filtro. En esta unidad la arena y suciedad se separan mediante chorros de agua a través de un tubo en el interior de una cámara donde la arena se sedimenta pero la suciedad es arrastrada por el agua. La tasa de derrame del aparato lavador no debe exceder la velocidad de sedimentación de la partícula más pequeña de arena que habrá de retenerse. Sin embargo, en la práctica, la turbulencia y concentración de arena reducen apreciablemente la tasa de derrame deseada, de modo que el gasto de la solución de agua - arena entrante generalmente es suficiente para llevar a cabo la separación sin agua suplementaria. La arena o arenilla que sedimenta en el fondo se expelle hidráulicamente o se puede eliminar por medio de una compuerta de guillotina. Usualmente se conectan en serie varios elevadores de arena semejantes. La arena limpia finalmente se expelle hacia un depósito abierto de almacenamiento. Los tubos que transportan las soluciones de agua arena deben ser del calibre adecuado para producir velocidades de 1.5 m/seg o mayores. Se pueden lavar aproximadamente 8 m³ de arena por hora por cada metro cuadrado de área superficial del lavador (Fair, Geyer y Okun, 1968).

En instalaciones pequeñas, el lavador de arena (equipado con una compuerta de guillotina) puede servir como área de almacenamiento para la arena lavada; en instalaciones

grandes se puede utilizar un separador de arena (Figura 3 16b) para separar la arena del agua de lavado y almacenamiento

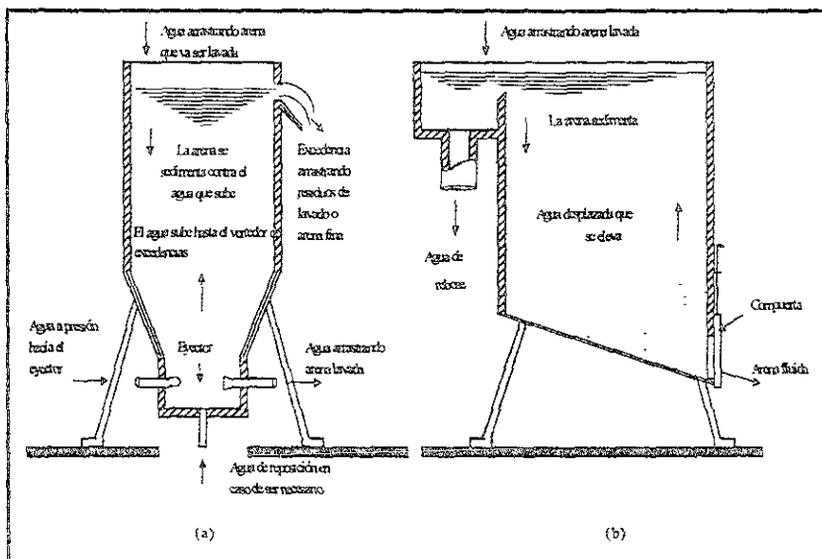


Figura 3.16. a) Lavador de arena hidráulicamente operado, b) Separador de arena operado por gravedad Fuente. Fair, Geyer y Okun, 1968, vol. 2.

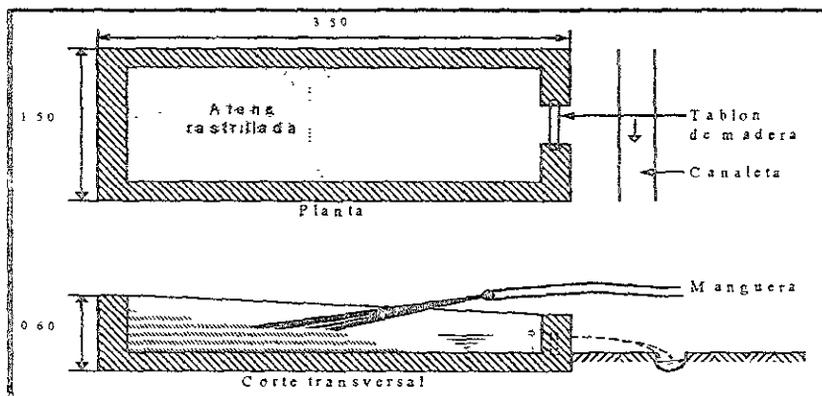


Figura 3.17 Plataforma para limpieza manual de arena Fuente: IRC, 1981b.

En plantas más pequeñas, donde los lavadores hidráulicos de arena no son convenientes, la arena se puede lavar totalmente a mano como se ilustra en la Figura 3 17 La arena se agita

dentro de una cámara mediante agua corriente a baja velocidad para no arrastrar las partículas finas. Este proceso continúa hasta que se aclara el agua, indicando que la arena está limpia. La arena se puede entonces almacenar quedando lista para el reemplazo en el filtro.

Cuando el lecho alcanza un espesor mínimo de 0.5 a 0.8 m, se debe agregar más arena a éste. La arena limpia se debe colocar sobre la grava, y la arena más vieja se debe colocar en la parte superior para que los propágulos de los microorganismos formen el *schmutzdecke* más rápidamente y asegurar que toda la arena se lave de cuando en cuando.

III.6.3 Filtración dinámica.

Este es un tipo de sistema de filtración lenta de arena único en su género, conocido como filtración dinámica. El filtro consiste en un canal poco profundo, de aproximadamente un metro de profundidad, con un lecho de arena y un sistema de drenaje inferior similares a aquéllos utilizado en los filtros lentos de arena convencionales (véase Figura 3 18). El agua cruda fluye sobre la superficie del lecho en una capa delgada, con una profundidad aproximada de 1 a 3 cm, y enseguida sobre un vertedor hacia un canal de derrame que conduce al desagüe. Parte del caudal (aproximadamente un 10% del total) se percola a través del lecho de arena hacia el sistema de drenaje inferior, y se transporta a un pozo de agua clarificada aproximadamente con la misma velocidad que un filtro lento de arena convencional.

Las principales ventajas de los filtros dinámicos con relación a los filtros lentos de arena convencionales son: 1) bajo costo de construcción, debido a las paredes del filtro pueden ser muy bajas, requieren menos excavación y se pueden construir de concreto no reforzado o mampostería de ladrillos; 2) se pueden aplicar regularmente turbiedades hasta de 50 UTN, y aun mayores durante periodos cortos, tales como durante las tormentas, y 3) la limpieza del lecho de arena es más simple, debido a que la superficie se rastrilla a diario para evitar la obstrucción excesiva, en lugar de remover físicamente unos cuantos centímetros de arena sucia para lavarla.

Las principales desventajas son: 1) se requiere un volumen de agua mucho mayor para servir a una población equivalente (la fuente de suministro debe ser por lo menos 10 veces la capacidad requerida) y 2) el *schmutzdecke* formado en estos filtros probablemente es menos eficiente que el de los filtros lentos de arena convencionales. Además, debido a las extensas áreas requeridas, estos filtros son adecuados sólo para instalaciones pequeñas. Las velocidades de filtración, sistemas de drenaje inferior y control del filtro son las mismas que en el caso de los filtros lentos de arena convencionales.

III.6.4 Configuración del filtro.

El filtro es rectangular, con una relación longitud - anchura de aproximadamente 5:1. Se debe construir un mínimo de dos unidades, cada una diseñada para no menos del 65% de la capacidad requerida, de modo que una unidad se puede sacar de servicio sin sobrecargar, de modo excesivo la(s) unidad(es) en operación.

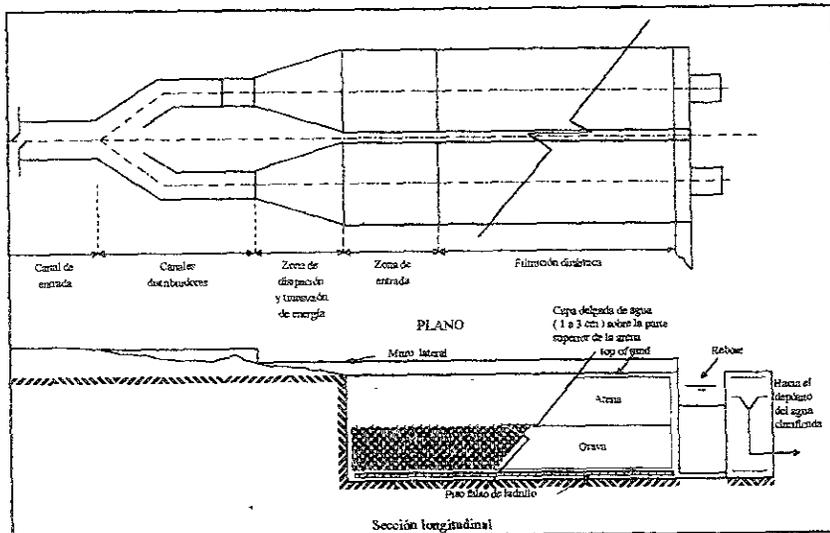


Figura 3.18 Diagrama de un filtro dinámico. Fuente: Arboleda, 1973.

El agua cruda fluye sobre la superficie del lecho con una velocidad de 0.2 a 0.35 m/seg, formando una capa delgada de aproximadamente 1 a 3 cm de profundidad, lo cual asegura que no exista erosión del medio filtrante o sedimentación de las partículas orgánicas grandes transportadas por el agua. Por lo tanto, normalmente no se requiere un tanque de presedimentación, debido a que gran parte del material que se precipitará en la superficie del filtro es arrastrado por el agua que fluye sobre la superficie de la arena.

Se recomiendan los tamaños siguientes de medios filtrantes:

Medio filtrante	Tamaño efectivo (mm)	Coefficiente de uniformidad	Espesor (cm)
Arena de filtro	0.25 a 1.0	2 a 3	60 a 80
Capa superior de grava de soporte	1.0 a 2.0	-	5
Capa inferior de grava de soporte	2.0 a 4.0	-	5

Los aspectos únicos de diseño de la filtración dinámica se encuentran en la estructura de entrada y de salida. La estructura de entrada incluye un canal de disipación de energía y transición, que está diseñado para reducir la turbulencia y velocidades de arrastre cuando el agua cruda fluye sobre la superficie del filtro. Un agua poca profunda sobre el medio filtrante combinada con condiciones turbulentas, puede fomentar también la formación de burbujas de aire que serían atrapadas por el medio filtrante, reduciendo así su eficiencia. El canal de disipación de energía y transición conecta el conducto de agua cruda a la zona de entrada, y consta de un área transversal que se ensancha y un fondo de pendiente invertida que sirve para disipar la energía del agua cruda entrante. La zona de entrada, colocada delante de la cámara de filtración, se debe construir de concreto ya que la experiencia ha demostrado que existe la posibilidad de que se formen vórtices en esta región, lo cual puede provocar problemas de erosión. Las dimensiones laterales de la zona de entrada son las mismas que las de la unidad filtrante.

La estructura de salida consta de un vertedor de derrame rectangular colocado a todo lo ancho del filtro y un canal de rebose que transporta el flujo no filtrado de regreso a la fuente del agua cruda. La elevación del agua sobre la cresta del vertedor, debe ser similar a la del filtro para permitir el drenado completo del gasto excedente sin erosionar el medio filtrante. El canal de rebose se debe diseñar para transportar aproximadamente un 90% del total de gasto de agua cruda.

III.6.5 Operación y mantenimiento.

El filtro se limpia raspando la porción superior del medio filtrante (aproximadamente 3 cm), de manera que las partículas retenidas sean arrastradas por la corriente superficial. La operación de limpieza se debe realizar cuando la caída de presión alcanza un valor predeterminado. En la práctica, se utilizan ciclos de filtración de 24 a 49 horas, dependiendo de la calidad del agua cruda y la velocidad de filtración. Las velocidades menores de 0.30 m/h y las turbiedades mayores de 30 UTN requieren períodos de filtración de 24 horas. Cuando las capas inferiores del medio filtrante muestren señales de obstrucción, el medio filtrante se debe remover y reemplazar. Esta operación normalmente ocurre cada 6 a 12 meses.

III.7 Desinfección.

El requerimiento de calidad más importante para agua potable es el que indica que el agua debe estar libre de organismos que puedan transmitir enfermedades al consumidor. Los procesos de sedimentación y filtrado reducen hasta cierto punto el contenido de microorganismos, no obstante es necesario darle una desinfección final para asegurar que no lleve microorganismos patógenos. En los casos en que no exista otro tipo de tratamiento disponible, la desinfección sería el requerimiento para eliminar la contaminación bacteriana.

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

Los siguientes factores influyen en la desinfección del agua:

- La naturaleza y número de organismos a ser destruidos
- El tipo y concentración del desinfectante usado.
- La temperatura del agua a desinfectar. Mientras más alta mejor será la desinfección.
- El tiempo de contacto. A períodos largos de contacto, se logra una mejor desinfección.
- La naturaleza del agua a desinfectar. Si el agua contiene partículas suspendidas, especialmente coloidales y de naturaleza orgánica el proceso de desinfección será inhibido.
- El pH (acidez / alcalinidad) del agua.
- Mezclado. Un mezclado eficiente propicia la dispersión adecuada del desinfectante en el agua, lo cual promueve un mejor proceso de desinfección

La desinfección con cloro es por mucho el tipo de tratamiento más usado, el cual es muy apropiado para sistemas rurales debido a que es confiable, económico y porque después de reaccionar con los contaminantes deja un residuo que puede ser medido para probar su efectividad. La presencia de cloro residual después de 30 minutos del contacto a un pH normal, asegura la calidad del agua desde el punto de vista microbiano, sin necesidad de hacer un análisis bacteriológico.

En contacto con el agua el cloro se hidrolisa, quedando en solución diluida, en donde el ácido hipocloroso (HOCL), es el que tiene la acción desinfectante. La reacción del HOCL es más activa en PH ácido, pues la mayor está en forma disociada (HOCL), y una pequeña parte como OCL. A estas dos últimas formas se les conoce como el "Cloro Residual Libre"

La aplicación de cloro en aguas con amoniaco o compuestos orgánicos nitrogenados producen cloraminas. El cloro en estas formas es llamado "Cloro Residual Combinado".

El siguiente Cuadro 3.9 muestra los productos empleados en cloración y sus características.

Cuadro 3.9 Características de los productos químicos empleados en la cloración

Producto Químico	Forma Física	% de Cloro Disponible	Observaciones
Cloro gas	Gas	100	Peligroso
Hipoclorito de sodio	Líquido	10	Descompuesto por la luz. Poco estable
Hipoclorito de Calcio	Sólido	70	Estable
Cal Clorada	Sólido	25	Poco estable

Aguas superficiales o de pozos someros siempre requieren mayor consumo de cloro, o sea que reaccionan con el desinfectante. Esta reacción se debe a la destrucción de materia orgánica. Así, siempre es necesario la adición de una cantidad de cloro mayor que la indicada

**APLICACION DE LA INGENIERIA CIVIL EN LAS OPERACIONES Y LOS PROCESOS
UNITARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA EN LOS SISTEMAS RURALES**

en el Cuadro 3.10, en donde se presentan los valores recomendados de cloro residual para asegurar que el agua está libre de organismos patógenos para el ser humano.

La cantidad de desinfectante necesaria para la desinfección puede ser calculada con la fórmula

$$C = \frac{PV}{\%10} \quad (3.5)$$

Donde

C = cantidad del producto empleado (gramos)

P = concentración deseada de cloro residual (mg)

V = volumen de agua a ser desinfectado (l)

% = porcentaje de cloro disponible en el producto (Cuadro 3.10)

Cuadro 3.10 Valores mínimos recomendados para el residual mínimo de cloro libre y combinado para acción bactericida en función del pH.

pH	Cloro Libre mg/l		Cloramina mg/l	
	10 min. De contacto		60 min. De contacto	
6 - 7	0.2		1	
7 - 8	0.2		1.5	
8 - 9	0.4		1.8	
9 - 10	0.8		1.8 - 2.0	

CAPITULO IV

ESTUDIOS BASICOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Programa Hidráulico 1995 – 2000, informa que 13 8 millones de habitantes en zonas rurales menores a 2, 500 habitantes contaban con servicio de agua potable en 1995, y propone la meta de incrementar la cobertura a 18 8 millones de habitantes para el año 2000, es decir, incrementar la población servida con el abastecimiento de agua en 5 millones.

Aunque es poco probable alcanzar la meta, lo cierto es que en los próximos años se requerirá contar con los estudios y proyectos tendientes a reducir los rezagos en el sector de abastecimiento de agua. En este Capítulo se abordarán los aspectos relativos a la metodología para el desarrollo de este tipo de estudios.

Un estudio debe ser encauzado hacia dos finalidades específicas 1) realizar un buen proyecto y, 2) ejecutar económicamente obras de abastecimiento de agua potable.

El alcanzar estos objetivos es algo que depende de las limitaciones que imponga la disponibilidad real de tiempo y el tipo de localidad que se estudia, de esta manera, el proyecto posiblemente contendrá los siguientes aspectos

- 1) La mejor solución del problema.
- 2) Ciertas alternativas que se propongan y que servirán para seleccionar:
 - a) Las obras de construcción urgente;
 - b) Las de construcción inmediata,
 - c) Las de construcción futura;
 - d) Las ampliaciones previstas y solicitadas,
 - e) Las de mejoramiento del sistema y
 - f) Aquellas obras que por razones económicas y sociales convenga construir en etapas
- 3) La certeza en el proyecto, apoyado en un estudio completo.
- 4) La seguridad para planear la ejecución de las obras.
- 5) Datos suficientes para señalar en forma legal, apropiada y conveniente, el proceso de los financiamientos
- 6) Información suficiente para elaborar los programas de construcción de las obras
- 7) Se conocerá la realidad económica y social de los habitantes de la localidad que se estudia.
- 8) Existirá una preparación moral y cívica de los que promueven la obra y sus moradores

Un estudio de abastecimiento de agua potable para comunidades rurales debe ser completo, procurando que contenga la información técnica y estadística justa, verídica y suficiente para el diseño de un proyecto apropiado, conveniente y económico

Se sugiere desarrollar el estudio en las cuatro etapas generales siguientes:

1. Información previa
2. Investigación directa
3. Estudios auxiliares complementarios
4. Elaboración integral del estudio

IV.1 Información previa.

A continuación se presenta la información que es necesario recopilar en esta etapa.

Antecedentes. Finalidades

Es conveniente saber previamente de quién proviene la iniciativa de promoción para realizar las obras y conocer con precisión la clase de obra que se ordena estudiar, para ser proyectada y construida.

Información general y datos preliminares:

Cartas geográficas de la región
Aerofotografías
Planos de la localidad
Planos fotogramétricos
Planos geológicos

Datos estadísticos:

Censos de población	Comunicaciones
Morbilidad	Transportes
Mortalidad	Económicos
Climatológicos	Culturales
Hidrológicos	Históricos
Geohidrológicos	Políticos
Geológicos	Sociales

Datos sobre recursos naturales:

Aguas superficiales
Aguas subterráneas
Agrícolas
Ganaderos
Forestales
Mineros

IV.2 Investigación directa.

En localidades rurales donde se construirán obras para el abastecimiento de agua potable, es importante apoyarse con información precisa recabada en el área de estudio (Ver Anexo F). Con la investigación directa se logra captar la percepción que tiene la comunidad acerca del problema, el examen de los recursos con que cuenta y la disposición de involucrarse en la solución de su problemática es por eso que para una adecuada investigación es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

IV.2.1 Investigación urbana.

Debe realizarse esta actividad precisamente en la localidad propuesta, en las etapas siguientes.

- a) Comprobación de los datos estadísticos obtenidos en la etapa de información previa; ratificación en la misma localidad del número de habitantes efectivos y la realidad de los predios rurales existentes para determinar con exactitud el verdadero número de tomas domiciliarias.
- b) Durante este proceso de investigación directa, se recabarán datos de la misma localidad, como número de viviendas habitadas permanentemente, temporalmente y abandonadas, establecimientos comerciales, etc.
- c) También se obtendrá información económica, costo de la vida, salarios, sueldos, precios de la materia prima, etc.

IV.2.2 Investigación en el campo.

En localidades rurales donde el proyecto de obra tenga como finalidad la construcción, ampliación o rehabilitación de sistemas de agua potable, además de la promoción de la participación comunitaria, las acciones de atención social se orientarán también a reflexionar sobre otros aspectos que es necesario considerar para garantizar el éxito del proyecto entre otros:

- a) La identificación de las fuentes de abastecimiento fuera de la población, el cual se refiere a la localización de las fuentes de aprovisionamiento; para lo cual es necesaria la calidad, la cantidad y la disponibilidad física del agua, que puede ser de manantial, de río, de lago, de alguna presa de almacenamiento, de galería filtrante, o subterránea extraída por medio de pozo profundo.
- b) Localizada la fuente de abastecimiento y definida la posibilidad de utilizarla, serán determinados los caudales y la calidad, procediéndose a continuación a resolver la forma de conducirla, ya sea por gravedad o por bombeo; para lo cual se necesita explorar la faja de terreno por la que se puede llevar la tubería de conducción, hasta cierto lugar cuya elevación, a inmediaciones de la localidad, permita por su altura la construcción del respectivo tanque regulador o de una planta potabilizadora, en su caso.
- c) Ambas investigaciones directas; investigación urbana e investigación de campo, requieren forzosamente de sus correspondientes levantamientos topográficos, los cuales pueden alcanzar precisiones que deben determinarse de conformidad con el problema que se trata de resolver, así como de acuerdo con la importancia y magnitud de la futura obra.

Los levantamientos topográficos pueden efectuarse en poblaciones de reducida extensión superficial ejecutando las mediciones con procedimientos taquimétricos para que el costo no sea elevado. Con los datos recabados se construirá el plano, con información suficiente para proyectar las obras de captación, la línea de conducción, el tanque regulador y la red de distribución de agua.

IV.3 Estudios auxiliares complementarios.

Son aquellas actividades correspondientes a técnicos especializados, las cuales son de gran importancia para que el estudio de abastecimiento de agua potable adquiera un carácter integral. Entre los estudios más importantes se tienen los siguientes:

IV.3.1 Estudios geohidrológicos.

Comprenden varios procesos, los cuales se encuentran relacionados con las circunstancias que se presenten debidas a las condiciones geológicas e hidrológicas de la región que se estudia, así como la importancia de la población y la situación económica de sus habitantes

Un problema de abastecimiento de agua potable puede ser resuelto, conociendo los caudales disponibles y aprovechables de un manantial o de un río, quedando por resolverse el tratamiento de las aguas, si es necesario. Es conveniente estudiar el sitio en donde afloran, para diseñar su forma de captación. Posteriormente se traza la línea de conducción hasta el tanque regulador y después la red de distribución a la localidad.

En caso de no contar con fuentes de abastecimiento, como las indicadas anteriormente de una manera general, se procede a investigar la posibilidad de obtener aguas subterráneas de preferencia cercana, y a continuación, reconocer otras fuentes que resuelvan el problema, aún cuando se encuentren distantes

Para la localización de las aguas subterráneas se practicará primero una exploración general de carácter geohidrológico, y el técnico indicará el sitio apropiado para la perforación de un pozo profundo en donde exista la posibilidad para obtener agua del subsuelo

Cuando se presente cierta inseguridad en la determinación de la profundidad más conveniente de la perforación o que sea necesario explorar una zona más amplia, para lograr que la obra resulte de mayor confianza, se utilizarán los procedimientos geofísicos, los cuales pueden efectuarse con la técnica geoelectrica cuando la extensión por investigar no sea demasiado grande. Cuando la superficie terrestre por explorar alcance valores del orden de dos kilómetros cuadrados, entonces se tendrá que proceder a la técnica geosísmica, a fin de cubrir rápidamente grandes extensiones, y una vez señalados los puntos probables para las perforaciones, se procederá a detallar el sitio de la perforación con el método geofísicoeléctrico

Dada la localización con los sondeos eléctricos se practicará la perforación hasta la profundidad que previamente se haya determinado; se conocerá entonces la estratigrafía, la profundidad, la profundidad de la roca basal y la situación de los acuíferos explotables.

Realizada la perforación, se proyectará y construirá debidamente el pozo, previo el registro eléctrico, efectuándose a continuación una investigación hidrogeológica, con la cual se podrá determinar la potencialidad de los acuíferos, la permeabilidad y la cantidad de aguas subterráneas almacenadas en la zona explorada, con la cual se puede programar para el futuro la máxima cantidad posible de explotación del subsuelo

Esté último procedimiento de investigación requiere primero la perforación de pozos de prueba para estudio, y luego la construcción definitiva de los pozos de explotación. De esta manera, conociendo la disponibilidad y los caudales que se puedan extraer, así como las necesidades de la población por servir, se podrá diseñar el equipo de bombeo necesario, indispensable y útil, con lo cual se obtendrán verdaderas economías en la obra, puesto que cuando se determinen varias localizaciones de posible explotación, se deberá elegir aquella que satisfaga las condiciones económicas siguientes: menor distancia, para que la línea de conducción no resulte costosa; contar también con la posibilidad de obtener energía eléctrica cercana a la estación de bombeo y situar el pozo en un lugar en donde se cuente con caminos de acceso para facilitar la conservación y la operación de los equipos

IV.3.2 Determinaciones hidrométricas.

Se requiere estudiar y cuantificar las fuentes posibles de aprovechar para el abastecimiento de agua a la localidad.

La investigación hidrométrica se refiere a dos tipos de determinaciones, la primera consiste en aforar en distintas épocas del año la fuente de aprovisionamiento o deducir su valor utilizando los datos hidrológicos correspondientes, de acuerdo con las precipitaciones pluviales de la región y otros fenómenos meteorológicos correlativos para determinar el caudal mínimo disponible

El aspecto hidrométrico que se menciona, también se halla íntimamente relacionado con los estudios hidrogeológicos, puesto que éstos necesitan pruebas de bombeo, aforos y determinaciones del comportamiento de los acuíferos, capacidad y posibilidad de explotabilidad para que el abastecimiento a la población sea el conveniente y apropiado.

Otro aspecto importante que tiene la hidrometría, es en los sistemas de abastecimiento de agua que se hallan en operación y necesitan mejoramiento o ampliaciones en sus líneas de conducción o en sus redes de distribución, precisamente cuando la localidad haya crecido a tal grado que su dotación se encuentre muy reducida. Presentándose esta situación que es una de las más frecuentes, es indispensable investigar desde el punto de vista hidrométrico, las redes de distribución y la línea de conducción; aprovechar el proceso para revisar el estado en que se encuentren las tuberías, las cuales, por el tiempo en que han estado en servicio y por la calidad de las aguas, pueden hallarse incrustadas o tener efectos corrosivos que permitan frecuentes deterioros, roturas en las tuberías del sistema y fugas de agua lamentables

Los resultados de las observaciones servirán para conocer los gastos dentro de la red, los sentidos del flujo, diámetros efectivos de las tuberías, estado en que se encuentran y la realidad completa de los caudales de agua desde la fuente de aprovisionamiento hasta el último punto de las redes; incluyéndose invariablemente las determinaciones con observaciones directas de los niveles piezométricos en el sistema, con lo que se podrá conocer la verdadera dotación a los habitantes de la localidad

IV.3.3 Fotogrametría.

Los planos fotogramétricos son auxiliares muy importantes de un estudio; sustituyen confiablemente a cualquier levantamiento topográfico terrestre realizado con tránsito y nivel; puesto que, contando con la aerofotografía aparecen todos los detalles de la zona: vegetación, terrenos cultivados, caminos, veredas, aspectos orográficos e hidrogeográficos, así como la población en estudio con su verdadero perímetro predial, con sus calles, construcciones, etc.

Se debe considerar que la topografía y la fotogrametría están relacionadas. Los levantamientos aerofotográficos se apoyan en puntos situados en forma directa, los cuales

tienen previamente conocidas sus coordenadas (controles terrestres). A partir de estos puntos de apoyo, se procederá a la elaboración de los siguientes planos:

- Mosaicos aerofotográficos
- Mosaicos rectificadados
- Planos fotogramétricos

De acuerdo con las necesidades del problema que se trate de resolver, o la obra que se pretenda realizar, el proyecto se ejecutará tomando en consideración todos los factores, especialmente los económicos.

Es necesario hacer mención que será muy conveniente tener la visión en el sentido de que cuando las necesidades técnicas lo ameriten, a través de las fotografías de contacto, pares estereoscópicas de la zona en estudio o en proceso de investigación, se llevarán a cabo trabajos técnicos de fotointerpretación, ya sea geología, hidrológica, forestal, agrícola o urbana.

IV.4 Elaboración integral del proyecto.

Según la naturaleza, magnitud y sensibilidad de los problemas ambientales y sociales, así como en función de la necesidad, los diseños son clasificados por el Programa para la Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Comunidades Rurales en:

Grupo I: Diseños con impactos ambientales potenciales de carácter negativo e intensivo; para los cuales existen alternativas tecnológicas o soluciones aceptables desde el punto de vista ambiental.

Serán clasificados en este grupo aquellos diseños que, aun teniendo impactos ambientales con potencial negativo, presentan alternativas de soluciones. Los diseños clasificados en este grupo, por ejemplo, aquellos diseños de agua potable en localidades que siendo rurales, tienen características de villas urbanas periféricas, donde las viviendas están próximas unas de otras.

Grupo II: Diseños con impactos que son poco significativos para el medio ambiente, es decir, con posibles impactos adversos que, por su importancia y magnitud, pueden ser eliminados y/o minimizados mediante una adecuada aplicación de criterios técnicos y ambientales.

Se consideran aquellos diseños para pequeñas localidades rurales aisladas y dispersas donde la naturaleza se encarga, por sí sola, de absorber los posibles impactos causados por la presencia humana. Son diseños que por su tamaño y simplicidad, en general, no causan daños ambientales. En el análisis de diseños con esas características, se debe observar si fueron cumplidas las normas generales (técnicas y ambientales) para diseños de agua potable. Los

documentos requeridos para el control de la calidad ambiental de este diseño son las Normas Oficiales Mexicanas.

Grupo III: Diseños de rehabilitación con cuyas obras se regularizaría el funcionamiento de los sistemas y se daría cumplimiento a la legislación ambiental específica

De esta manera, los proyectos que se realicen serán confiables y se podrá aclarar la construcción más conveniente y económica que deba ejecutarse en la potabilización del agua en comunidades rurales.

ESTUDIO DE CASOS

Existe un gran número de poblaciones en la República Mexicana que se abastecen con aguas superficiales de ríos, lagunas y presas cuyas características de turbiedad y color se encuentran en muchas ocasiones fuera de los límites de tolerancia.

Pese a que algunas captaciones son por medio de galerías filtrantes, éstas presentan el inconveniente de que durante temporadas de lluvias se obstruyen por las altas concentraciones de arcilla en suspensión que acarrea el agua.

En algunos casos no existe la posibilidad de abastecer los sistemas con las aguas superficiales en las condiciones de turbiedad que presenta.

Se ha pensado en la conveniencia de sustituir las captaciones superficiales por pozos profundos en algunas poblaciones, pero esto implica el riesgo de una inversión por lo general costosa y en muchas ocasiones con pocas probabilidades de encontrar agua de calidad adecuada y en cantidad suficiente.

Como la mayoría de estas poblaciones son de escasos recursos económicos, también se descarta la posibilidad de construir plantas potabilizadoras convencionales o de patente, ya que no estarían posibilitadas para pagar el valor de las mismas ni sus costos de operación.

Es necesario introducir el capítulo mencionado que a continuación se describirá como ejemplo una unidad potabilizadora de aguas superficiales

V.1 Características de la unidad potabilizadora de aguas superficiales en la República Mexicana.

La Dirección General de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos, tuvo por funciones las de operar, conservar y administrar los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, ante la necesidad de mejorar la calidad del agua abastecida a los centros de población, tanto en su aspecto físico como bacteriológico. Con base en las investigaciones de laboratorio y la experiencia de campo alcanzada en ese entonces, diseñó una unidad económica potabilizadora de aguas superficiales

con capacidad para un máximo de 30 – 35 l/s, que fue considerada para su inclusión en este trabajo; dado sus características adecuadas a las condiciones que todavía hoy se tienen en las poblaciones rurales del país.

La descripción de esta unidad se hará a continuación de acuerdo con el flujo del agua a través de sus componentes, hasta el sitio donde se puede disponer de ella ya tratada para hacerse llegar a los usuarios para su consumo como se muestra en el diagrama de la Figura 5.1

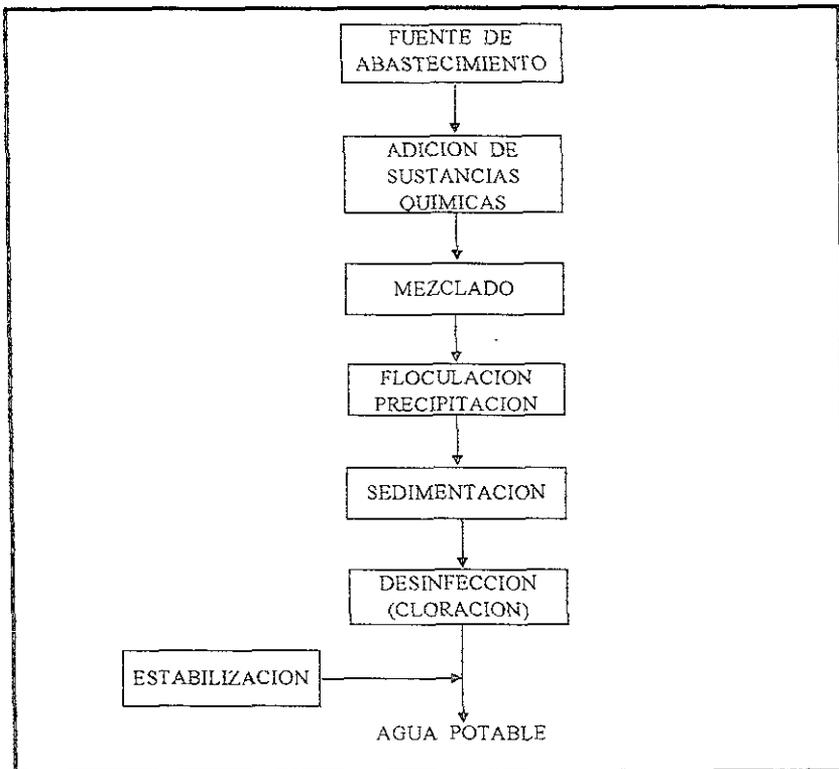


Figura 5.1 Diagrama de flujo de la unidad potabilizadora de aguas superficiales en la República Mexicana. Dirección General de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Secretaría de Recursos Hidráulicos

De localizarse la potabilizadora a orillas de un río, arroyo, presa u otro cuerpo de agua de nivel variable, se elegirá un sitio adecuado a una cota francamente superior al nivel de aguas máximas registrado, no siendo necesario que su localización sea inmediata a la captación, ya que ésta deberá supeditarse básicamente a la funcionalidad del sitio elegido

desde el punto de vista de la operación de la potabilizadora en sí, como el de los otros componentes del sistema de abastecimiento de agua. Sin embargo, en algunos casos los sitios de construcción son prácticamente obligados cuando se trata de aprovechar instalaciones útiles existentes.

Los componentes básicos de la potabilizadora son

- 1) Dosificador de cal en suspensión
- 2) Dosificador de sulfato de aluminio en solución
- 3) Tanque mezclador
- 4) Floculador
- 5) Sedimentador

V.1.1 Dosificador de cal en suspensión.

Se recomienda un tinaco vertical de asbesto cemento de 1100 litros de capacidad nominal y de tapa grande, que tiene un diámetro nominal de 1.3 m, lo que da un área aproximada de 1 m^2 , lo cual presenta la ventaja de que es muy fácil el marcar una escala conveniente en el tinaco con miras a facilitar la estimación de volúmenes de agua que se agregan a la cal para obtener la suspensión de la concentración deseada

Es conveniente considerar una concentración del 10%, ya que esto facilita mucho el ajuste del dosificador, según tenga que variarse la aplicación de la suspensión, ya sea debido a un aumento o disminución del caudal de agua a tratar o a la necesidad de cambiar la dosificación por unidad de volumen, al requerirlo así el agua, según variaciones en su turbiedad u otras de sus características.

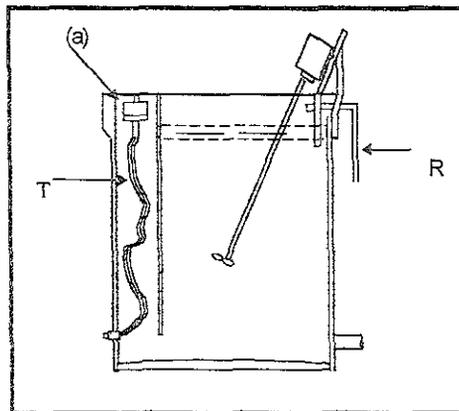


Figura 5.2 Dosificador.

Como la cal debe mantenerse en suspensión es indispensable que sobre el tinaco se instale un motor de $\frac{1}{4}$ de H.P., de baleros sellados prelubricados con una flecha larga tubular que llegue prácticamente al fondo del mismo. En el extremo inferior, esta flecha lleva una hélice de aluminio pequeña, de aproximadamente 4 cm de longitud para que impulse a la suspensión hacia abajo, a fin de que la reacción del empuje contrarreste el peso de la flecha y la hélice, para así evitar que los baleros del motor trabajen en forma desfavorable. Esta hélice girará según las características de la corriente en el lugar a 1450 R.P.M. para 50 ciclos/s y a 1750 R.P.M. para 60 ciclos/s. El motor deberá ser para 50-60 ciclos/s, como puede observarse en la Figura 5.2

En la Figura 5.3 se muestra otra variante, aunque de mayor precio, que consiste en el empleo de un motor de características semejantes al anterior, acoplado directamente a un reductor de velocidad de relación 25:1, que convierte el movimiento horizontal a vertical. Una flecha vertical conectada al reductor lleva en su extremo inferior una hélice de dos aspas de 30 cm de longitud de álabe, que impulsa la suspensión hacia arriba, y esta flecha, a su vez, tiene dos pares de aspas planas de solera de fierro o aluminio de 5 cm de ancho por 60 de largo, que desplazan al líquido lateralmente, lográndose en esta forma que la suspensión sea homogénea

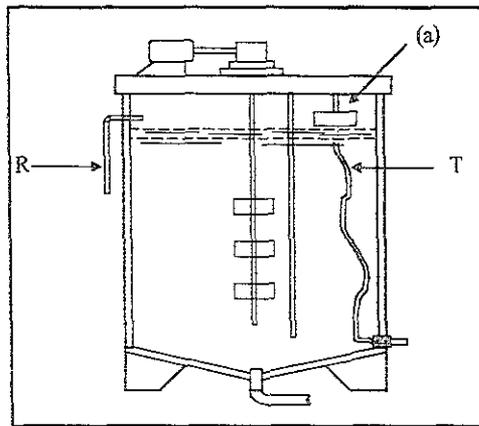


Figura 5.3 Dosificador.

El dosificador propiamente dicho (Figuras 5.2 (a) y 5.3 (a)) consiste básicamente en un flotador de madera, espuma de estireno o plástico que sostiene a un tubo de PVC (cloruro de polivinilo) de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ " de diámetro, de unos 30 cm de longitud que lleva en su parte inferior una perforación lateral de diámetro adecuado a las variaciones que se pretende tener la dosificación. Este tubo se desliza con cierta fricción a través del flotador, lo que permite variar la carga H, con la consiguiente variación del gasto que pasa a través del orificio A.

El tubo T, que va conectado a la parte inferior del tubo dosificador, puede ser de hule o de plástico transparente flexible, a fin de que conforme descienda el flotador éste también

baje, sin ofrecer una resistencia de consideración. En un costado del tinaco y en su parte inferior se hace una perforación en forma tal que impida que haya fugas del líquido.

En la perforación que normalmente tiene el tinaco conviene instalar un niple y una válvula que permitan drenarlo para su limpieza periódica.

Este tipo de dosificador produce un flujo constante, no importando el nivel de la suspensión dentro del tinaco, ya que el tubo rígido de PVC, al tener su parte superior abierta, permite la entrada del aire, con lo que se impide que se "cargue" el tubo flexible T haciendo el efecto de "sifón".

Para llenar el tinaco de agua, que se recomienda sea de la ya clarificada, se instalará un tubo alimentador de 25 mm (1") de diámetro, de acero galvanizado, "R", conectado a la línea de bombeo de aguas claras, o en su defecto, cuando se trate de un sistema que opere por gravedad, este tubo se conectará a una bomba accionada por un motor eléctrico o de gasolina, que inyectará a través de él, agua clarificada.

Se recomienda que el tinaco sea nuevamente llenado cada vez que se consuman 500 litros de suspensión, ya que la cal viene en sacos de papel de 25 kg y sin necesidad de báscula puede reponerse el volumen consumido con la adición de dos sacos de cal sin variar su concentración, del 10 %. El tinaco deberá estar marcado en forma muy visible para que el operador haga la operación de relleno en su oportunidad.

La pantalla "P" es una rejilla de plástico con retícula cuadrada de 1.4 cm, de 61 cm de ancho y 122 cm de altura, que se fija mediante soleras de aluminio al borde y al fondo del tinaco y tiene por objeto confinar el movimiento del flotador, para evitar que esto sea destruido por el mecanismo agitador. Esta rejilla tiene la ventaja de evitar la agitación de la superficie del líquido en la zona donde opera el flotador. La rejilla se usa como pantalla de lámparas fluorescentes.

De acuerdo con la dosificación determinada previamente en el laboratorio, se ajusta el dosificador, considerando como elementos constantes la concentración de la suspensión y el gasto del agua por tratar.

El flujo del dosificador se puede aforar con cualquier recipiente de volumen conocido. Ya en el curso de la operación constante de la unidad clarificadora se pueden ir modificando las dosificaciones hasta obtener la dosis mínima que produzca agua de calidad satisfactoria.

Un tubo de PVC rígido de 19 mm (3/4") de diámetro, convenientemente alojado en el tanque de mezclado rápido como se muestra en la Figura 5.4 (b), recibirá el agua de cal, descargándola en el fondo del mismo y frente a una de las entradas de agua cruda, para que se haga una mezcla correcta.

V.1.2 Dosificador de sulfato de aluminio en solución.

Es similar al anterior, pero ya que el sulfato de aluminio es altamente soluble en agua, no es necesaria la instalación del agitador mecánico y, en consecuencia, de la pantalla de plástico. La disolución del sulfato se lleva a cabo mediante agitación manual por medio de una "paleta" de madera, levantando momentáneamente el flotador - dosificador para evitar dañarlo. Conviene que la solución sea al 10 %, y ya que el sulfato de aluminio viene en sacos de 40 kg, es recomendable que se haga la operación de relleno cada vez que se hayan consumido 400 litros de solución, agregando un costal de sulfato y el agua suficiente para incrementar el volumen existente en 400 litros. El tinaco deberá ir convenientemente marcado. El llenado de agua clara se hace en la misma forma y utilizando los mismos medios que para el dosificador de cal.

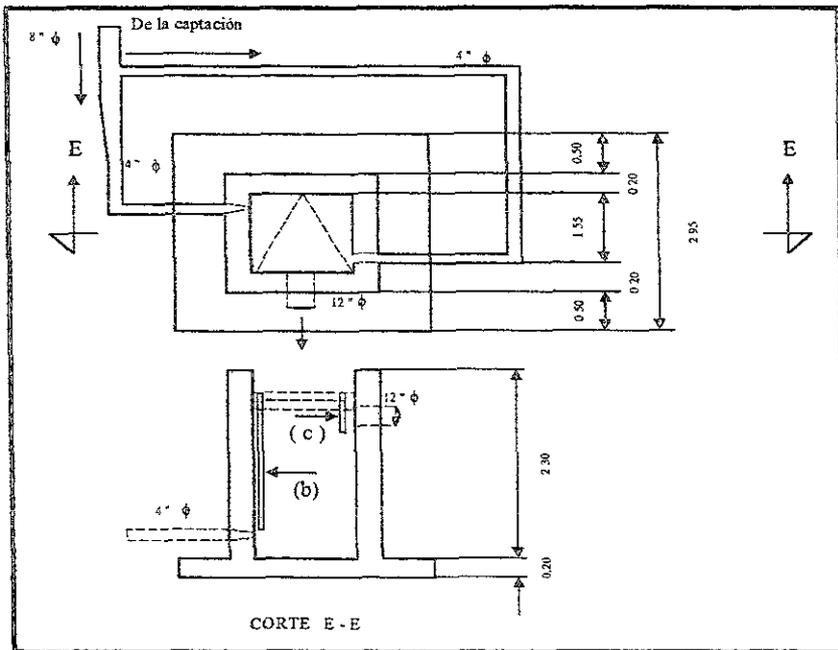


Figura 5.4 Mezclador

La descarga de este dosificador irá a otro tubo de PVC de 19 mm (3/4") de diámetro, cuya boca inferior estará a 80 cm de profundidad, para que la mezcla de la solución de sulfato de aluminio se efectúe poco antes de que el agua salga del tanque de mezclado rápido para pasar al tanque floculador como se muestra en la Figura 5.4 (c)

V.1.3 Tanque mezclador.

Este tanque se construye de concreto armado utilizando algún impermeabilizante integral, de sección cuadrada de 1.55 m por lado y una altura de 2.50 m, con bordo libre de 0.25 m y un volumen efectivo de 6.00 m³ lo que garantiza un periodo de retención de poco más de 3 minutos para un gasto de 30 l/s, tiempo que generalmente resulta adecuado para la mezcla de la suspensión de cal al agua por tratar (Figura 5.4). Recibe el agua cruda por su parte inferior a través de dos tuberías diagonalmente opuestas y perpendiculares a los muros, de 101 mm de diámetro, de acero, con sondas reducciones a 75 mm de diámetro, lo que produce una velocidad de entrada de agua del orden de 3.33 m/s, que garantiza un movimiento adecuado del agua en forma helicoidal ascendente. Siendo cuadrada la sección de éste, se disminuyen al mínimo las zonas muertas. La salida de este tanque es por su parte superior, a través de una tubería de acero de 305 mm de diámetro que alimenta al floculador por su parte inferior.

El bordo libre es de 25 cm. El tanque mezclador lleva en su parte inferior una tubería convenientemente localizada y una válvula que permite el desagüe del mismo cuando sea necesario. La aplicación de los coagulantes se hace en la forma ya descrita en los incisos V.1.1 y V.1.2.

V.1.4 Floculador.

Este tanque también se construye de concreto armado, véase Figura 5.5, con la adición de impermeabilizante integral y es de sección cuadrada con base de 2.85 m por lado, altura total de 3.35 m y bordo libre de 30 cm por lo que el volumen efectivo es de 27.2 m³ y el período de retención es de 15 minutos aproximadamente.

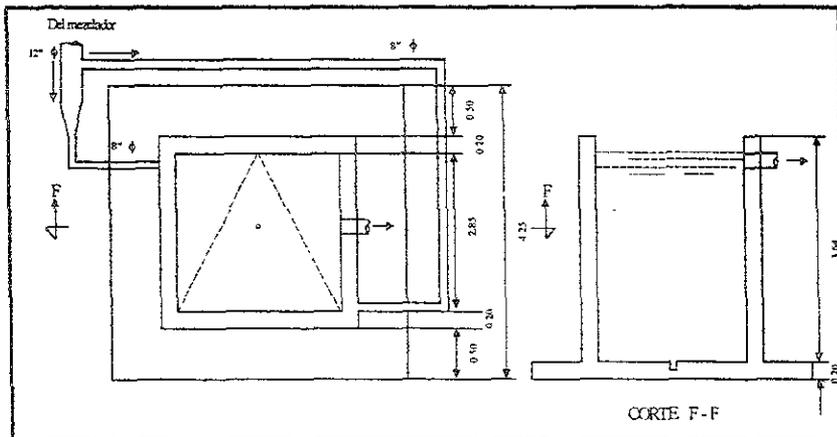


Figura 5.5 Floculador.

Recibe por su parte inferior el agua ya dosificada y mezclada con los coagulantes, por medio de dos tuberías de 200 mm de diámetro, dispuestas en forma similar a las del tanque mezclador, por así tener el movimiento helicoidal ascendente, pero una velocidad cinco veces menor que en éste. El objeto de este tanque es que los flocúlos incipientes que iniciaron su formación en la unidad anterior, tengan las mayores oportunidades de contacto entre sí, agrupándose y logrando con ello que vayan adquiriendo dimensiones y peso suficiente, que les permita descender en la siguiente etapa. Sin embargo, es requisito que la velocidad y las turbulencias en este tanque sean las adecuadas para favorecer el crecimiento del flocúlo, sin que éste sea destruido por una velocidad exagerada. En este tanque se han hecho las previsiones necesarias, para que en caso de que la floculación no se logre en forma correcta con aguas de determinadas características por el movimiento producido por el flujo hidráulico, se puede instalar fácilmente un agitador accionado con unidad motorreductora similar a la utilizada para el dosificador de cal, pero en este caso el motor no se acopla directamente a la flecha del reductor. Se recomienda usar en el motor una polea de 50.8 mm (2") de diámetro, que transmitirá por medio de una banda tipo "A" el movimiento a otra polea de 357 mm de (14") de diámetro, acoplada a la flecha horizontal del reductor. En esta forma y dado que el reductor es de una relación 50:1 tendremos una velocidad de 5 R.P.M. en eje vertical. El dispositivo agitador será como el representado en la Figura 5.6, y su peso será soportado por una bola de acero de diámetro adecuado, colocada en el interior del niple galvanizado de 25.4 mm (1") de diámetro, que se dejó ahogado ex profeso en el piso de concreto.

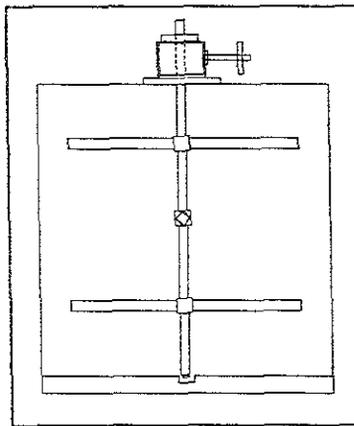


Figura 5.6 Agitador mecánico (floculador).

En el interior de este niple galvanizado irá un niple de tubo de PVC de 19mm (3/4") de diámetro, que actuará como chumacera. Las paletas del agitador son de madera de sección cuadrada de 5 cm y una longitud de 2.60 m.

El agua ya floculada saldrá por una tubería de acero de 305 mm de diámetro, que descarga en forma ahogada en el sedimentador a través de dos ramas de tubo en forma de "Y" del mismo diámetro, para que la velocidad no destruya los flocúlos.

V.1.5 Sedimentador.

Es un tanque de forma piramidal truncada invertida, de base rectangular, construido totalmente de concreto armado. Su diseño se hizo considerando la facilidad de construcción y teniendo en cuenta que los taludes de sus muros descansen en la excavación en que se aloje sin recibir empujes del exterior mientras está vacío. Irá semienterrado, así como los tanques mezclador y floculador, dependiendo la profundidad a que se construyan, de las características topográficas y de la clase de terreno en que se tenga que hacer la excavación

Este tanque sedimentador (Figura 5.7) tienen una longitud de 18.45 m por 12.45 m de ancho y una profundidad máxima de 4.27 m. Su volumen total es de 254.13 m³ y se considera que la cámara de lodos tiene un volumen de 37.85 m³, por lo que el periodo de retención será de 120 minutos. Este periodo es suficiente, ya que en más de 20 muestras de agua que se han sometido a pruebas de clarificación, los tiempos de sedimentación han variado entre 15 y 30 minutos, en absoluto reposo.

Como ya se dijo, la alimentación se hace en forma ahogada en una canaleta de sección triangular, que tiene una serie de orificios en el frente que fuerzan al agua a entrar 47 cm abajo del nivel normal del agua dentro del tanque.

Esto se hace con objeto de propiciar una trayectoria de mayor longitud en el recorrido, así como de lograr una pérdida máxima de velocidad, quedando el flocúlo sometido únicamente a la atracción gravitatoria, provocando su descenso y sedimentación posterior.

En el otro extremo del tanque se tienen un vertedor cuya cresta se nivela por medio de una lámpara plana de asbesto cemento, sujeta por medio de tornillos cadmizados. En caso de que se cuente con mano de obra cuidadosa que permita construir el vertedor perfectamente nivelado en toda su longitud, se puede prescindir de la lámina de asbesto cemento. Este vertedor forma una canaleta, de sección rectangular, que colecta el agua ya clarificada. La salida de esta canaleta se construye del lado más conveniente y tiene unas ranuras donde deslizan unos marcos de ángulo de aluminio que sujetan sendas mallas. Una es de latón de 4 mm y la otra de plástico de 1 mm. Su función es detener pequeños cuerpos flotantes que no sedimentan (hojas, ramas, etc.)

En el fondo del tanque hay una caja colectora de lodos de donde sale una tubería de 150 mm (6") de diámetro para la descarga hidráulica de los mismos, que son conducidos por gravedad hasta el sitio de disposición final. Esta descarga se hace en forma de sifón cuando el terreno en el que se construye el sedimentador es rocoso. Si es de material blando, la tubería puede salir en forma directa. En un lugar conveniente se coloca la válvula de compuerta para

operar el desfogue. La descarga de lodos se hace con una periodicidad acorde a la turbiedad y debe procurarse que éstos no estén más arriba de un nivel de 1.35 m sobre la caja de lodos.

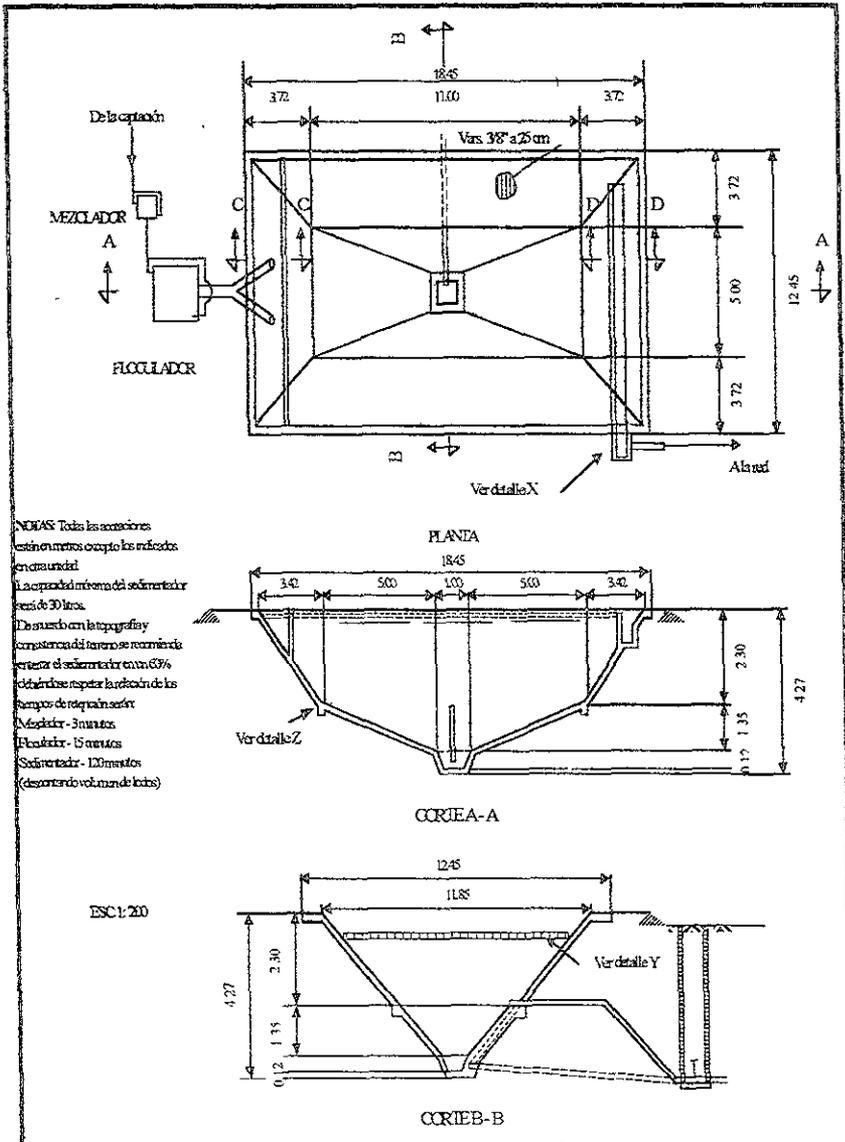


Figura 5.7 Unidad clarificadora para 30 l.p.s.

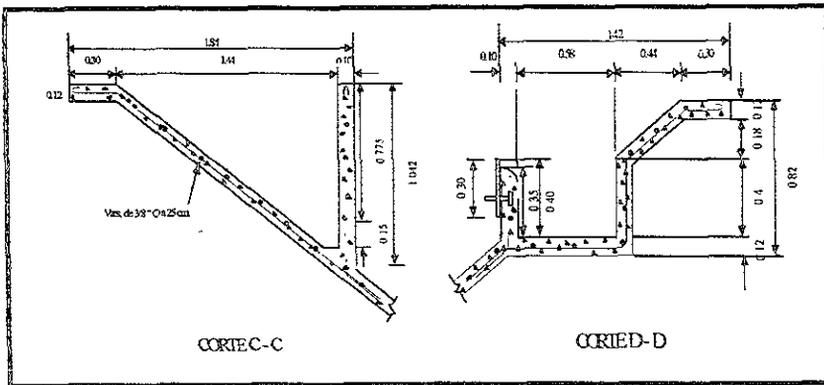


Figura 5.7 Cortes del sedimentador.

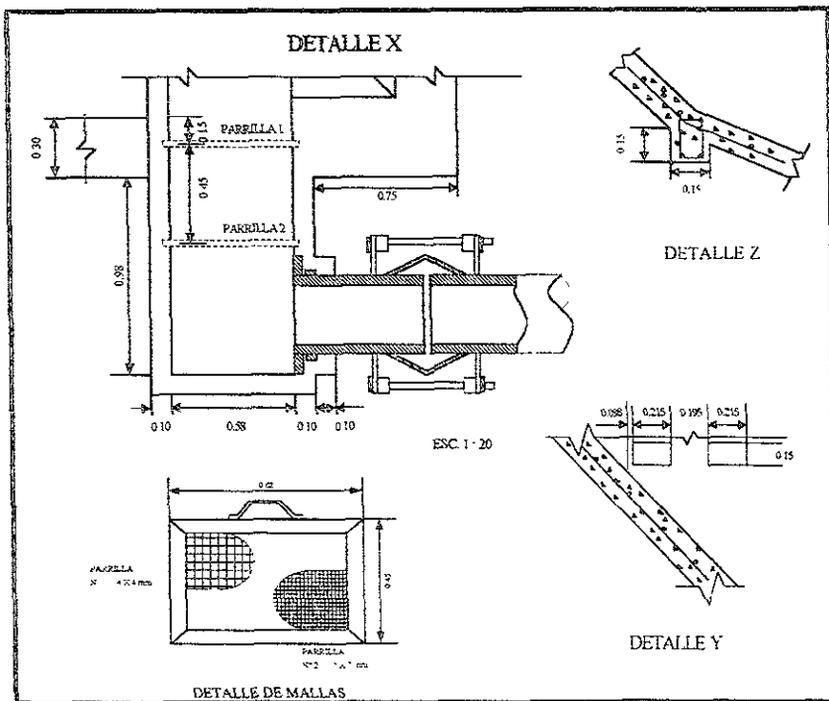


Figura 5.8 Detalles del sedimentador

Es recomendable que en ocasiones y si lo permiten las circunstancias, se lave todo el sedimentador mediante un cepillo.

Si hay problema por la presencia de algas, se pueden combatir por medio de la precloración en forma constante o con el uso de sulfato de cobre en forma ocasional. El agua a la que se aplique este último producto deberá ser desalojada totalmente del tanque una vez que haya habido el período de contacto necesario para lograr la destrucción de las algas, cuando se hayan usado fuertes concentraciones (12 p.p.m.).

Por otra parte, la adición de sulfato de cobre puede hacerse con la unidad en operación, siendo la dosis máxima recomendada de 0.3 p.p.m. en forma continua.

V.1.6 Cloración.

Por medio de la sedimentación manejada en la forma señalada anteriormente, se obtiene agua con turbiedades comprendidas entre 0 y 5, la más de las veces sin color y en caso de haberlo, éste se encuentra dentro de los límites establecidos.

El fenómeno de la floculación, atrapa a un sin número de microorganismos que son arrastrados al fondo del sedimentador y después extraídos con la expulsión de los lodos.

No se pretende decir con esto que un agua clarificada sea bacteriológicamente pura en su totalidad, pero sí se puede considerar que en estas condiciones, mediante la adición de cloro en cantidad suficiente para satisfacer la demanda y mantener el cloro residual entre 0.1 y 0.2 p.p.m., el agua sí reunirá condiciones de potabilidad aceptables.

La aplicación del cloro se hará en el sitio más adecuado, tratando de evitar, hasta donde sea posible, el uso de las "bombas de ayuda" y considerando que hay la posibilidad de una mezcla completa del cloro con el agua, así como un período de contacto mínimo de media hora antes de que el agua sea utilizada.

Hemos de mencionar que este sistema de clarificación se ha considerado para tratar aguas turbias de corriente superficiales, presas, lagunas, etc., que sólo sufren las contaminaciones normales, mas no descargas de aguas negras u otras contaminantes en forma masiva.

V.1.7 Estabilización.

En las pruebas de laboratorio que se llevan a cabo para encontrar las dosificaciones óptimas de reactivos para sedimentar el agua, también se efectúan los análisis físico-químicos del agua clarificada para conocer sus características y estar en posibilidad de hacer las correcciones necesarias.

Por ejemplo, si el agua resultante tiene muy pocas sales y puede ser corrosiva para todas las tuberías y accesorios metálicos con las cuales entra en contacto, se le hace pasar a través de un lecho de caliza triturada para estabilizarla, teniendo en cuenta su capacidad de

disolver este material y en consecuencia el tiempo adecuado para que se mineralice correctamente.

Por otra parte, si es incrustante o tiene manganeso en cantidades mayores a las aceptadas, se estudia la posibilidad de estabilizarla con hexametáfosfato de sodio, el cual se aplica por medio de un dosificador semejante al usado para el sulfato de aluminio, en la canaleta de descarga del sedimentador.

La calidad del agua que se obtiene es adecuada para el consumo humano con adición de cloro, siendo equiparable a la producida por plantas de patente costosa y de operación complicada.

Se ha señalado que los costos de clarificación en general son bajos, por concepto de coagulantes, lo que permite pensar en el empleo de estas unidades para el abastecimiento de agua aun a poblaciones de escasos recursos.

Es muy factible que utilizando unidades clarificadoras como la descrita se pueda atender a las necesidades de centros de población de cierta importancia, considerando la conveniencia de construir más unidades, según el caudal que se quiera tratar

V.2 Obras construidas.

Se han construido dos potabilizadoras de un diseño parecido al aquí expuesto, en El Limón, Tamaulipas y en Degollado, Jalisco.

En el Limón se captan las aguas del Río Frio mediante un cárcamo alimentado por una tubería de concreto, de donde se bombean a la unidad clarificadora, y el agua ya tratada se bombea a la red. Las excedencias van a un tanque elevado metálico.

En Degollado, el agua de lluvia se capta en una pequeña presa que tiene capacidad suficiente para proporcionar 25 l/s durante todo el año. Se construyó un sedimentador igual al que se ilustra en los planos respectivos y un dosificador de cal con agitación por medio de motorreductor como el descrito en páginas anteriores.

Aprovechándose en su totalidad las instalaciones existentes, con algunas modificaciones. Ha operado en forma satisfactoria con agua de 180 a 650 p.p.m. de turbiedad, produciendo una de turbiedad y color igual a cero.

En Huixtla, Chiapas, se aprovecharon unos tanques existentes, a los cuales se le acondicionó el fondo para extraer fácilmente los lodos, y mediante la adición de sulfato de aluminio se han logrado buenos resultados. El dosificador es igual al mencionado para este reactivo y el gasto tratado es de 45 l/s.

En Jalapa, Veracruz, existe un tanque sedimentador construido desde 1943, que se usaba como desarenador para las aguas provenientes del río Pixquiac. Por la deforestación que se ha llevado a cabo en la cuenca de este río, durante la temporada de lluvias, el agua se enturbia excesivamente. Con la dosificación de 25 p.p.m. de sulfato de aluminio el problema se corrigió. Se clarifica un caudal de 200 l/s.

En Chietla, Puebla, existe, desde 1945, una planta constituida por dos sedimentadores y dos filtros lentos. Como únicamente había sedimentación natural sin la adición de coagulantes, se presentaba el problema del lavado frecuente de la arena de los filtros, al grado de que en la época de mayor turbiedad era prácticamente imposible su limpieza. Unos desarenadores existentes se acondicionaron como floculadores mediante la construcción de chicanas, y con la adición de sulfato de aluminio se obtiene un agua de turbiedad y color cero, con lo que eliminó prácticamente el problema que significaba el lavado frecuente de los filtros.

En todo los casos mencionados anteriormente se está aplicando cloro al agua, a fin de reducir al máximo la posibilidad de entregar agua contaminada a los usuarios.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

1. Con base en la información de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y del Consejo Nacional de la Población (CONAPO) se estima que 25.3 millones de personas habitan en comunidades rurales de las cuales el 47.5 % carecen del servicio de agua potable. Dichas comunidades se abastecen de agua superficial de manantiales, ríos, lagunas, presas, arroyos, otras se abastecen de agua subterránea, la cual se extrae mediante obras tales como: pozos excavados, drenes de filtración, galerías filtrantes y pozos entubados. Estos dos tipos de aguas por sus características bacteriológicas, físicas y químicas pueden estar fuera de los límites permisibles para el consumo humano de acuerdo con la legislación.
2. Sobre la base de los estudios de magnitud y dispersión de la población rural y la distribución de agua en la República Mexicana se puede concluir que la disponibilidad del agua se concentra principalmente en el sureste del país donde la población y la demanda de agua son bajas, en contraste con el centro, norte y noroeste, donde la densidad de población es mayor y las demandas son altas, pero el agua es escasa.
3. Las partes que integran un sistema rural de abastecimiento de agua potable son en general, las mismas que las de un sistema en el medio urbano, en particular. fuente, captación (obra de toma), conducción, tratamiento de potabilización, conducción (alimentación a la red) y red de distribución. Una de las principales diferencias de los sistemas urbanos de distribución del agua potable, es que son construidos generalmente en redes de distribución en forma de malla, en tanto que en los sistemas rurales la red de distribución es del tipo abierta o ramificada debido a la dispersión de viviendas que suele haber en el medio rural; siendo común en estas últimas que se instalen puestos de toma en plazas o lugares públicos pero no tomas domiciliarias en cada predio.
4. Para asegurar que la calidad del agua sea adecuada para consumo humano, es decir, potable, las autoridades se basan en normas que pueden dividirse en dos grupos. uno para la selección y protección de la fuente de abastecimiento y otro para la determinación de los límites máximos de concentración de los contaminantes que se encuentran en el agua.

- 5 La Comisión Nacional del Agua es el organismo responsable del manejo integral del gasto y el financiamiento del sector de agua potable y alcantarillado de modo que se articulen eficientemente los esfuerzos nacionales en la creación de obras hidráulicas y sistemas de aprovisionamiento, distribución, usos y aprovechamientos del agua. A partir de 1996 dicha Comisión instrumentó el Programa para la Sostenibilidad de Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Comunidades Rurales; a través del cual se atiende a las comunidades que demanden los servicios de agua potable, aplicando las normas que garanticen la calidad, eficiencia y operación de los servicios de agua potable.
- 6 Entre los elementos inherentes al bienestar el abastecimiento de agua potable ocupa un lugar predominante, ya que al dotar de este servicio a la población, se contribuye a disminuir la presencia de las enfermedades denominadas hídricas. La Secretaría de Salud, es la autoridad encargada de emitir las normas y criterios a que debe someterse el agua para su consumo. En la NOM-127-SSA1-1994 se han fijado las cantidades máximas aceptables de las sustancias que puede contener el agua para ser considerada potable estableciendo los límites permisibles con respecto a su calidad microbiológica, biológica, química, organoléptica y radiactiva.
- 7 En el abastecimiento de agua potable para comunidades rurales sólo se utiliza una selección limitada de parámetros para inspeccionar y medir la calidad del agua, siendo menos estrictos en cuanto a presencia moderada de color, turbiedad y cloruros y más flexibles que los usados para sistemas urbanos de abastecimiento, debido a que se pretende minimizar costos. No obstante es necesario que se cumplan los requerimientos mínimos de calidad del agua, para entregar agua sin riesgos para la salud humana como son:
- Libre de organismo patógenos.
 - No debe contener compuestos con efectos adversos, a corto o a largo plazo
 - Baja en turbiedad y poco color
 - No salina
 - Ausencia de mal olor o sabor.
- 8 Es conveniente mencionar que la selección de la fuente de abastecimiento de agua es el factor más importante, ya que determina el grado de potabilización que requiere el agua previa a su distribución, sin embargo, la búsqueda de una posible fuente no debe limitarse tan sólo a la fuente disponible con mejor calidad de agua y a su cercanía con la población, sino que debe considerarse también el posible costo de construcción y operación de la planta potabilizadora, así como el costo de conducción. Por consiguiente, las consideraciones económicas y operativas se convierten en los factores restrictivos al seleccionar las fuentes de abastecimiento.

9. La elección del proceso o procesos de potabilización más conveniente se facilita mediante la realización de investigaciones de campo y laboratorio. Siendo esencial una inspección sanitaria que identifique las fuentes contaminantes y ayude a caracterizar la calidad del agua durante las estaciones de estiaje y lluvias. En algunos casos, es posible seleccionar diseños basados en la experiencia de otras plantas que traten agua de calidad similar.

10. Dado que las poblaciones rurales regularmente son de escasos recursos económicos se elimina la posibilidad de construir plantas potabilizadoras convencionales, pero ante la necesidad de mejorar la calidad del agua que se suministrará a éstas, es necesario construir y proyectar plantas potabilizadoras en las que se simplifiquen operaciones y procesos unitarios para el tratamiento del agua como la unidad potabilizadora de agua superficial descrita en el Capítulo V, pudiéndose así atender las necesidades de mayor número de comunidades rurales.

11. De los estudios realizados a la unidad potabilizadora, se concluye que la simplicidad de su operación se ha llevado hasta los dosificadores de coagulantes y las unidades mezcladoras y floculadoras; no obstante con la adición de cloro la calidad del agua que se obtiene es adecuada para consumo humano, siendo equiparable al agua producida por plantas de patente costosas y de operación complicada.

12. Con el fin de reducir los costos de dotación de agua a comunidades rurales es recomendable llevar a acabo un programa en vez de una serie de proyectos individuales, siendo conveniente adoptar un criterio de diseño tipificado, en donde se preparan listados de elementos prediseñados (tanques, plantas de bombeo, etc.) así como equipos comerciales que se conforman como un solo paquete.

CONSTITUCION POLITICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

TITULO PRIMERO

Capítulo I

DE LAS GARANTÍAS INDIVIDUALES

ARTICULO 27. La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares constituyendo la propiedad privada.

Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales, en la extensión y términos que fije el derecho internacional; las aguas marinas interiores; la de las lagunas y esteros que se comuniquen permanentemente o intermitentemente con el mar; la de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes, la de los ríos y sus afluentes directos e indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; la de las corrientes constantes o intermitentes y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de aquéllas, en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de límite al territorio nacional o a dos entidades federativas, o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la República; las de los lagos, lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas, estén cruzados por líneas divisorias de dos o más entidades o entre la República y un país vecino, o cuando el límite de las riberas sirva de lindero entre dos entidades federativas o en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija la ley. Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero, cuando lo elija el interés público o se afecten otros aprovechamientos, el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aun establecer zonas vedadas al igual que para las demás aguas de propiedad nacional. Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte

integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en dos o más predios, el aprovechamiento de estas aguas se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten los Estados

ARTICULO 28. En los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los monopolios, las prácticas monopólicas, los estancos y la exención de impuestos en los términos y condiciones que fijan las leyes.

El Estado, sujetándose a las leyes, podrá en caso de interés general, concesionar la prestación de servicios públicos o a la explotación, uso y aprovechamiento de bienes de dominio de la Federación, salvo las excepciones que las mismas prevengan. Las leyes fijarán las modalidades y condiciones que aseguren la eficacia de la prestación de los servicios y la utilización social de los bienes, y evitarán fenómenos de concentración que contraríen al interés público

TITULO TERCERO

Capítulo II

DEL PODER LEGISLATIVO

SECCION III

De las facultades del Congreso

ARTICULO 73. El Congreso tiene la facultad

XVI. Para dictar las leyes sobre nacionalidad, condición jurídica de los extranjeros, ciudadanía, naturalización, colonización, emigración e inmigración y salubridad general de la República:

3°. La autoridad sanitaria será ejecutiva y sus disposiciones serán obedecidas por las autoridades administrativas del país;

TITULO QUINTO

DE LOS ESTADOS DE LA FEDERACIÓN

ARTICULO 115. Los Estados adoptarán, para su régimen interior la forma de gobierno republicano, representativo, popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa el municipio libre, conforme a las bases siguientes.

-
- III. Los municipios con el concurso de los Estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes, tendrán a su cargo los siguientes servicios públicos:
- a) Agua potable y alcantarillado;
 - b) Alumbrado público;
 - c) Limpia;
 - d) Mercados y centrales de abasto;
 - e) Panteones;
 - f) Rastro,
 - g) Calles, parques y jardines;
 - h) Seguridad pública y tránsito; e
 - i) Los demás que las legislaturas locales determinan según las condiciones territoriales y socio - económicas de los municipios, así como su capacidad administrativa y financiera

Los municipios de un mismo Estado, previo acuerdo entre sus ayuntamientos y con sujeción a la ley podrán coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos que les corresponda.

LEY GENERAL DE SALUD

TITULO SEXTO

INFORMACION PARA LA SALUD

Capítulo Único

ARTICULO 104. La Secretaría de Salud y los gobiernos de las entidades federativas, en el ámbito de sus respectivas competencias y, de conformidad con la Ley de Información Estadística y Geográfica y con los criterios de carácter general que emita la Secretaría de Programación y Presupuesto captarán, producirán y procesarán la información necesaria para el proceso de planeación, programación, presupuestación y control del Sistema Nacional de Salud, así como sobre el estado y evolución de la salud pública.

La información se referirá, fundamentalmente, a los aspectos

- I. Estadística de natalidad, mortalidad y morbilidad e invalidez.
- II. Factores demográficos, económicos, sociales y ambientales vinculados a la salud, y
- III. Recursos físicos, humanos y financieros disponibles para la protección de la salud, y su utilización.

TITULO SEPTIMO

PROMOCION DE LA SALUD

Capítulo IV

EFFECTOS DEL AMBIENTE EN LA SALUD

ARTICULO 116. Las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán las medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta Ley, tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente.

ARTICULO 117. La formulación y conducción de la política de saneamiento ambiental corresponde a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología en coordinación con la Secretaría de Salud en lo referente a la salud humana.

ARTICULO 118. Corresponde a la Secretaría de Salud

II. Emitir las Normas Oficiales Mexicanas a que deberán sujetarse el tratamiento de agua para uso y consumo humano,

ARTICULO 119. Corresponde a la Secretaría de Salud y a los gobiernos de las entidades federativas, en sus respectivos ámbitos de competencia

II. Vigilar y certificar la calidad del agua para uso y consumo humano,

ARTICULO 121. Las personas que intervengan en el abastecimiento de agua no podrán suprimir la dotación de servicios de agua potable y avenamiento de los edificios habitados, excepto en los casos que determinen las disposiciones generales aplicables

**REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE
CONTROL SANITARIO DE ACTIVIDADES, ESTABLECIMIENTOS,
PRODUCTOS Y SERVICIOS**

TITULO SEGUNDO

DISPOSICIONES COMUNES

Capítulo V

RESPONSABLES SANITARIOS Y SUS AUXILIARES

ARTICULO 101. El responsable de un sistema de abastecimiento de agua deberá notificar de inmediato a la autoridad sanitaria, de cualquier incidente o accidente en los componentes del sistema, que dé lugar a modificaciones en la calidad del agua, haciéndola impropia para consumo humano.

TITULO TERCERO

AGUA Y HIELO PARA USO Y CONSUMO HUMANO Y PARA REFRIGERAR

Capítulo I

AGUA

ARTICULO 209. Se considera agua potable o agua apta para consumo humano, toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud.

Se considera que no causa efectos nocivos a la salud, cuando se encuentra libre de gérmenes patógenos y de sustancias tóxicas, y cumpla, además con los requisitos que se señalan en este Título y en la norma correspondiente

ARTICULO 210. Para considerar que el agua es potable, la investigación bacteriológica se realizará de acuerdo a las normas respectivas y deberá dar como resultado lo siguientes.

- I. El número de organismos coliformes totales , deberá ser, como máximo, de dos organismos en 100 ml, según las técnicas del número más probable (NMP) o de la filtración de membrana, y
- II. No contendrá organismos fecales.

Aparte de lo anterior, se podrá realizar, a satisfacción de las autoridades sanitarias, todas las pruebas que se consideren necesarias, a fin de identificar otros riesgos a la salud

ARTICULO 211. Los requisitos organolépticos y físicos, se establecerán atendiendo a las siguientes características: aspecto, pH, sabor, olor, color, turbiedad del agua y, en su caso, los demás que señale la norma.

ARTICULO 212. Se considera que el agua es potable, en lo relativo a las características organolépticas y físicas, cuando se encuentre dentro de los límites siguientes

- I. Aspecto Líquido,
- II. pH De 6.9 a 8.5;
- III. Sabor: Característico;
- IV. Olor: Característico;
- V. Color. Hasta 20 unidades de la escala del platino cobalto, o su equivalente en otro método, y
- VI. Turbiedad: Hasta 10 unidades de la escala de sílice, o su equivalente en otro método

ARTICULO 213. El contenido, expresado en miligramos por litro, de elementos, iones y sustancias, no excederá los límites permisibles que a continuación se expresan:

Alcalinidad total expresada como CaCO ₃	400.000
Aluminio	0.200
Arsénico	0.050
Bario	1.000
Cadmio	0.005
Cianuros expresados como ión CN	0.050
Cloruro libre. En agua clorada	0.200
En agua sobre clorada	1.000
Cromo hexavalente	0.050
Dureza de Calcio expresado como CaCO ₃	300.000
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
Hierro	0.300
Fluoruros expresados como elemento	1.500
Manganeso	0.150
Mercurio	0.001
Nitratos expresados como nitrógeno	5.000

Nitritos expresados como nitrógeno	0 050
Nitrógeno proteico	0.100
Oxígeno consumido en medio ácido	3.000
Plomo	0.050
Scenio	0 050
Sulfatos expresados como ión	250.000
Zinc	5.000
SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno)	0.500
ECC (Extractables Carbón - Cloroformo)	0 300
ECA (Extratables Carbón - Alcohol)	1 500

Los demás que señale la norma correspondiente

ARTICULO 214. En materia de agua para consumo humano, se determinará en la norma.

- I. El tratamiento a que deberá sujetarse en los sistemas públicos de abastecimiento para asegurar su potabilidad;
- II. El tipo, contenido y periodicidad de los análisis y exámenes necesarios para vigilar su potabilidad,
- III. Las técnicas para la toma, conservación, transporte y manejo de muestras, así como los métodos para realizar las determinaciones necesarias para verificar su potabilidad;
- IV. Los métodos de prueba de equipos y aparatos purificadores de tipo doméstico, y
- V. Los demás aspectos, condiciones, requisitos y características que al Secretaría juzgue necesarios para que el agua pueda ser destinada para consumo humano.

ARTICULO 215. Para los efectos de este Reglamento, se entiende por sistema de abastecimiento, el conjunto intercomunicado o interconectado de fuentes, obra de captación, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y regulación, líneas de conducción y distribución, que abastece de agua para consumo humano a una o más localidades o locales, sean de propiedad pública o privada.

ARTICULO 216. La Secretaría establecerá los requisitos sanitarios que deban cumplir las construcciones, instalaciones y equipos de los sistemas de abastecimiento para proteger la salud de la población

ARTICULO 217. Los gobiernos de las entidades federativas otorgarán, de conformidad con los requisitos que fije la Secretaría, la autorización de responsable de control de calidad sanitaria del agua

ARTICULO 218. Los propietarios u organismos y entidades responsables de sistemas de abastecimiento, deberán cumplir con las disposiciones que emita la Secretaría sobre potabilidad, agua y control de la misma y con los requisitos sanitarios que establezca para los propios sistemas de abastecimiento.

ARTICULO 219. El responsable de control de calidad sanitaria del agua deberá cumplir con lo señalado en el artículo 101 de este reglamento.

ARTICULO 220. La autoridad sanitaria, en el ámbito de su competencia, vigilará la potabilidad y otorgará "Certificado de Condición Sanitaria de Agua" a los sistemas de abastecimiento en operación, sean público o privados, que reúnan los requisitos sanitarios y mantengan la condición del agua abastecida dentro de los límites permisibles.

ARTICULO 221. Los sistemas privados de abastecimiento a establecimientos, deberán disponer del Certificado de Condición Sanitaria de Agua dentro de los 15 días iniciales de su operación.

ARTICULO 222. Cuando el agua de algún sistema de abastecimiento no reúna las características de potabilidad, la autoridad sanitaria a fin de proteger la salud de los usuarios, procederá a ordenar que el consumo se suspenda o se condicione, hasta que se le dé al agua tratamiento adecuado o, en su caso, se localice otra fuente apropiada.

ARTICULO 223. Queda prohibido contaminar o modificar la calidad bacteriológica y físico - química del agua en un sistema de abastecimiento, haciéndola impropia para consumo humano.

ARTICULO 224. Corresponde a la Secretaría y a los gobiernos de las entidades federativas, en sus respectivos ámbitos de competencia, vigilar la potabilidad del agua cuando se destine para uso y consumo humano.

ARTICULO 225. La Secretaría determinará las características y restricciones sanitarias de uso de los equipos y aparatos purificadores de agua de tipo doméstico. Al efecto, se incorporarán en la norma correspondiente, los métodos de prueba a que deberán someterse previamente a su autorización.

ARTICULO 226. La autoridad sanitaria divulgará la información necesaria para que la población atienda eficazmente a la conservación intradomiciliaria de la potabilidad del agua.

ARTICULO 227. En materia de agua para uso humano, la Secretaría vigilará y en su caso establecerá:

- I. Sus características acordes con el tipo de uso y, en su caso, las restricciones de uso correspondiente;
- II. Las normas a que deberá sujetarse su tratamiento para evitar riesgos y daños a la salud pública;
- III. Los criterios sanitarios que deben satisfacer las construcciones, instalaciones y equipos para su conducción, tratamiento y distribución, en su caso,
- IV. El tipo, contenido, métodos y periodicidad de los análisis y exámenes necesarios para determinar y vigilar sus características, y

Los demás aspectos, condiciones, requisitos y características que la Secretaría juzgue necesarios para que el agua pueda ser destinada para uso humano.

LEY DE AGUAS NACIONALES

TITULO PRIMERO

DISPOSICIONES PRELIMINARES

Capítulo Unico

ARTICULO 1º. La presente ley es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales, es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo.

ARTICULO 2º. Las disposiciones de esta ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo. Estas disposiciones también son aplicables a los bienes nacionales que la presente ley señala.

ARTICULO 3º. Para los efectos de esta ley se entenderá por:

- I. "Aguas nacionales": las aguas propiedad de la Nación, en los términos del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;
- II. "Acuífero" cualquier formación geológica por lo que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento,
- III. "Cauce de una corriente". el canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce natural, mientras no se construyan obra de encauzamiento,
- IV. "Cuenca hidrológica": el territorio donde las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que desemboquen en el mar. La

- cuenca, conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión del recurso hidráulico,
- V. "La Comisión"; la Comisión Nacional del Agua, órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos,
 - VI. "Normas": las normas oficiales mexicanas expedidas por "La Comisión" en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales a los que se refiere el artículo 113.
 - VII. "Persona física o moral": los individuos, los ejidos, las comunidades, las asociaciones, las sociedades y las demás instituciones a las que la ley reconozca personalidad jurídica, con las modalidades y limitaciones que establezca la misma;
 - VIII. "Ribera o zona federal" las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medida horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. El nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la creciente máxima ordinaria que será determinada por "La Comisión", de acuerdo con lo dispuesto en el reglamento de esta ley. En los ríos, estas fajas se delimitarán a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar,
 - IX. "Sistema de agua potable y alcantarillado" el conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiéndose como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descargada de las aguas residuales;
 - X. "Uso consuntivo": el volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señalan en el título respectivo;
 - XI. "Uso doméstico" la utilización de los volúmenes de agua para satisfacer las necesidades de los residentes de las viviendas;
 - XII. "Vaso de lago, laguna o estero": el depósito natural de aguas nacionales delimitado por la cota de la creciente máxima ordinaria, y
 - XIII. "Zona de protección": la faja de terreno inmediata a las presas, estructuras hidráulicas e instalaciones conexas, cuando dichas obras sean de propiedad nacional, en la extensión que en cada caso fije "La Comisión" para su protección y adecuada operación, conservación y vigilancia, de acuerdo con lo dispuesto en el reglamento de esta ley.

TITULO SEGUNDO

ADMINISTRACION DEL AGUA

CAPITULO I

Disposiciones Generales

ARTICULO 4º. La autoridad y administración en materias de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente o a través de "La Comisión".

ARTICULO 5º. Para el cumplimiento y aplicación de esta ley, el Ejecutivo Federal promoverá la coordinación de acciones con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, sin afectar sus facultades en la materia y en el ámbito de sus correspondientes atribuciones. Asimismo fomentará la participación de los usuarios y de los particulares en la realización y administración de las obras y de los servicios hidráulicos.

CAPITULO II

Ejecutivo Federal

ARTICULO 7º. Se declara de utilidad pública:

VIII. La instalación de los dispositivos necesarios para la medición de la cantidad y calidad de las aguas nacionales.

CAPITULO III

Comisión Nacional del Agua

ARTICULO 9º. Son atribuciones de "La Comisión"

- IV. Fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado, los de saneamiento, tratamiento y reúso de aguas, los de riego drenaje y los de control de avenidas y protección contra inundaciones. En su caso, contratar o concesionar la prestación de los servicios que sean de competencia a que así convenga con terceros;
- V. Administrar y custodiar las aguas nacionales y los bienes nacionales a que se refiere el artículo 113, y preservar y controlar la calidad de las mismas, así como manejar las cuencas en los términos de la presente ley;

- VI. Programar, estudiar, construir, operar, conservar y mantener las obras hidráulicas federales directamente o a través de contratos o concesiones con terceros, y realizar acciones para el aprovechamiento integral del agua y la conservación de su calidad,
- XII. Expedir las normas en materia hidráulica en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

TITULO TERCERO

PROGRAMACION HIDRAULICA

Capitulo Unico

ARTICULO 15. La formulación, implantación y evaluación de la programación hidráulica comprenderá:

- IV. La integración y actualización del catálogo de proyectos para el aprovechamiento del agua y para la preservación y control de su calidad,
- V. La clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo con los usos a que se destinen, y la elaboración de los balances hidráulicos en cantidad y calidad y por cuencas y regiones hidrológicas

La formulación, seguimiento, evaluación y modificación de la programación hidráulica, en los términos de la Ley de Planeación, se efectuará con el concurso de los consejos de cuenca o, en su defecto, por los mecanismos que garanticen la participación de los usuarios

TITULO CUARTO

DERECHOS DE USO O APROVECHAMIENTO DE AGUAS NACIONALES

CAPITULO I

Aguas Nacionales

ARTICULO 17. Es libre la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales por medios manuales para fines domésticos y de abrevadero, siempre que no se desvíen de su cauce ni se produzca una alteración en su calidad o una disminución significativa en su caudal, en los términos del reglamento

No se requerirá concesión para la extracción de aguas marinas tanto interiores como del mar territorial, sin perjuicio de lo dispuesto en la Ley Minera y demás disposiciones legales

TITULO SEXTO

USOS DEL AGUA

CAPITULO I

Uso Público Urbano

ARTICULO 44. La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales o del subsuelo por parte de los sistemas estatales o municipales de agua potable y alcantarillado, se efectuarán mediante asignación que otorgue “La Comisión”, en la cual se consignará en su caso la forma de garantizar el pago de las contribuciones, productos y aprovechamientos que se establecen en la legislación fiscal, y la forma prevista para generar los recursos necesarios para el cumplimiento de estas obligaciones

Las asignaciones de aguas nacionales a centros de población que se hubieran otorgado a los ayuntamientos o las entidades federativas que administren los respectivos sistemas de agua potable y alcantarillado, subsistirán aun cuando estos sistemas sean administrados por entidades paraestatales o paramunicipales, o se concesionen a particulares por la autoridad competente.

ARTICULO 46. “La Comisión” podrá realizar en forma parcial o total, previa celebración del acuerdo o convenio con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios correspondientes, las obras de captación o almacenamiento, conducción y, en su caso, tratamiento o potabilización para el abastecimiento de agua, con los fondos pertenecientes al erario federal o con fondos obtenidos con aval o mediante cualquier otra forma de garantía otorgada por la Federación, siempre y cuando se cumplan los siguientes requisitos;

- I. Que las obras se localicen en más de una entidad federativa, o que tenga usos múltiples de agua, o que sean solicitadas expresamente por los interesados;
- II. Que los gobiernos de las entidades federativas y los municipios respectivos participen, en su caso, con fondos e inversiones en la obra a construir, y que se obtenga el financiamiento necesario,
- III. Que se garantice la recuperación de la inversión, de conformidad con la legislación fiscal aplicable, y que el usuario o sistema de usuarios se comprometa a hacer una administración eficiente de los sistemas de agua y cuidar la calidad de la misma, y
- IV. Que en su caso las respectivas entidades federativas y municipios, y sus entidades paraestatales o paramunicipales, o personas morales que al efecto contraten, asuman el compromiso de operar, conservar, mantener y rehabilitar la infraestructura hidráulica

En los acuerdos o convenios respectivos se establecerán los compromisos relativos

TITULO SEPTIMO

PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS

Capitulo Unico

ARTICULO 85. Es de interés público la promoción y ejecución de las medidas y acciones necesarias para proteger la calidad del agua, en los términos de ley

ARTICULO 86. “La Comisión” tendrá a su cargo

- I. Promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura federal y los servicios necesarios para la preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua en la cuenca hidrológica y acuíferos, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas respectivas y las condiciones particulares de descarga, en los términos de ley;
- II. Formular programas integrales de protección de los recursos hidráulicos en cuencas hidrológicas y acuífero, considerando las relaciones existentes entre los usos del suelo y la cantidad y calidad del agua;
- V. Vigilar, en coordinación con las demás autoridades competentes, que el agua suministrada para consumo humano cumpla con las normas de calidad correspondientes, y que el uso de las aguas residuales cumpla con las normas de calidad del agua emitidas para tal efecto;

TITULO DECIMO

INFRACCIONES, SANCIONES Y RECURSOS

CAPITULO I

Infracciones y Sanciones Administrativas

ARTICULO 119. “La Comisión” sancionará, conforme a lo previsto por esta ley, las siguientes faltas

- VI. No instalar dispositivos necesarios para el registro o medición de la cantidad y calidad de las aguas, en los términos que establece esta ley, su reglamento y demás disposiciones aplicables, o modificar o alterar la instalaciones y equipos para medir los volúmenes de agua utilizados, sin permiso de “La Comisión”;
- IV. Impedir las visitas, inspecciones y reconocimientos que realice “La Comisión” en los términos de esta ley y de su reglamento;
- XIII. Suministrar aguas nacionales para consumo humano que no cumplan con las normas de calidad correspondientes;

REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES

TITULO PRIMERO

DISPOSICIONES PRELIMINARES

Capítulo Unico

ARTICULO 1º. El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales. Cuando en el mismo se expresen los vocablos "Ley", "Reglamento", "La Comisión" y "Registro", se entenderá que se refiere a la Ley de Aguas Nacionales, al presente Reglamento, a la Comisión del Agua y al Registro Público de Derechos de Agua, respectivamente

ARTICULO 2º. Para efectos de este Reglamento, se entiende por:

- I. Aguas continentales las aguas nacionales, superficiales o del subsuelo, en la parte continental del territorio nacional,
- II. Aguas residuales las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos y en general de cualquier otro uso,
- III. Barranca profunda: hechura pronunciada que se forma en el terreno, por el flujo natural del agua, en que la profundidad es mayor a 5 veces la anchura;
- IV. Condiciones particulares de descarga el conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por "La Comisión" para un usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios o para un cuerpo receptor específico, con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la "Ley" y este "Reglamento",
- V. Corriente permanente la que tiene un escurrimiento superficial que no se interrumpe en ninguna época, desde donde principia hasta su desembocadura,
- VI. Corriente intermitente la que solamente en alguna época del año tiene escurrimiento superficial;

-
- VII. Cuerpo receptor: la corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas; cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos;
- VIII. Cuota natural de renovación de las aguas el volumen de agua renovable anualmente en una cuenca o acuífero;
- IX. Demarcación de cauce y zona federal: trabajos topográficos para señalar físicamente con estacas o mojeneras en el terreno, a la anchura del cauce o vaso y su zona federal;
- X. Desarrollo integral sustentable. el manejo de los recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para generaciones presentes y futuras;
- XI. Descarga la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor;
- XII. Humedales: las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente sujetas o no a la influencia de mareas, como pantano, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional, las áreas en donde el suelo es predominantemente hidrico, y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos, originadas por la descarga natural de acuíferos;
- XIII. Infraestructura hidráulica federal: las obras de infraestructura hidráulica a que se refiere la fracción VII, del artículo 113 de la "Ley", así como las demás obras, instalaciones, construcciones y, en general, los inmuebles que estén destinados a la prestación de servicios hidráulicos a cargo de la Federación,
- XIV. Lago o laguna: el vaso de propiedad federal de formación natural que es alimentado por corriente superficial o aguas subterráneas o pluviales, independientemente que dé origen a otra corriente, así como el vaso de formación artificial que se origina por la construcción de una presa,
- XV. Servicios hidráulicos federales los servicios de riego y drenaje agrícola de suministro de agua en bloque a centros de población, de generación de energía hidroeléctrica en los términos de la ley aplicable, de tratamiento de agua residual, y otros servicios, cuando para la prestación de los mismos se utilice infraestructura hidráulica federal;
- XVI. Uso agrícola la utilización de agua nacional destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial;
- XVII. Uso agroindustrial: la utilización de agua nacional para la actividad de transformación industrial de los productos agrícolas;
- XVIII. Uso doméstico Para efectos del artículo 3º, Fracción XI de la "Ley", la utilización de agua nacional al uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y sus árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de los animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa,
- XIX. Uso en acuicultura: la utilización de agua nacional destinada al cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas;
- XX. Uso en servicios: la utilización de agua nacional para servicios distintos de los señalados en las fracciones XVI a XXV, de este artículo,
-

- XXI. Uso industrial: la utilización de agua nacional en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como la que se utiliza en parques industriales, en calderas, en dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aún en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación;
- XXII. Uso para conservación ecológica el caudal mínimo en una corriente o el volumen mínimo en cuerpos receptores o embalses, que deben conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema;
- XXIII. Uso pecuario la utilización de agua nacional para la actividad consiste en la cría y engorda de ganado, aves de corral y animales, y su preparación para la primera enajenación, siempre que no corresponda la transformación industrial,
- XXIV. Uso público urbano: la utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, a través de la red municipal, y
- XXV. Usos múltiples. la utilización de agua nacional aprovechada en más de uno de los usos definidos en la "Ley" y el presente "Reglamento", salvo el uso para conservación ecológica, el cual está implícito en todos los aprovechamientos.

ARTICULO 3°. Para efectos del artículo 1°, de la "Ley" y de este "Reglamento", las disposiciones respectivas se aplican a las aguas continentales

La regulación en materia de preservación y control de la calidad del agua, en los términos de la "Ley" y el Título Séptimo del presente "Reglamento", se aplica también a las aguas de las zonas marinas mexicanas que define como tales el artículo 3°, de la Ley Federal del Mar.

TITULO SEGUNDO

ADMINISTRACION DEL AGUA

CAPITULO II

Comisión Nacional del Agua

ARTICULO 10. "La Comisión" directamente o con el auxilio del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y de las instituciones tecnológicas del sector hidráulico, realizará la investigación científica y el desarrollo tecnológico en materia de agua y la formación y capacitación de recursos humanos, a que se refiere la fracción XI, del artículo 9°, de la "Ley".

Asimismo, promoverá o en su caso expedirá y certificará el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas de calidad de los productos, equipos, maquinarias, materiales y servicios que se utilizan en la construcción de infraestructura hidráulica o en el manejo, conducción y

distribución de agua en todo su uso, así como el control y conservación de su calidad conforme a la legislación vigente.

CAPITULO IV

Organización y Participación de los Usuarios

ARTICULO 19. "La Comisión" promoverá y apoyará la organización de los usuarios del agua para que coadyuven y participen en la explotación, uso o aprovechamiento racional de las aguas nacionales y en la preservación de su cantidad y calidad, en los términos de la "Ley" y este "Reglamento".

TITULO TERCERO

PROGRAMACION HIDRAULICA

Capítulo Unico

ARTICULO 23. La programación hidráulica precisará los objetivos nacionales, regionales y locales de la política en la materia, las prioridades para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, así como para la conservación de su cantidad y calidad, los instrumentos para la implantación de las acciones programadas, los responsables de su ejecución; y el origen y destino de los recursos requeridos, para lo cual tomará en cuenta:

- I. Los inventarios de las aguas nacionales y de sus bienes inherentes, los de los usos del agua y los de la infraestructura hidráulica para su aprovechamiento y control;
- II. Los estudios de cuenca y los balances hidráulicos que se realicen para la determinación de la disponibilidad de aguas nacionales, conforme a lo dispuesto en el artículo 22 de la "Ley";
- III. Los derechos existentes, tal y como están consignados en el "Registro", en los términos de la "Ley" y del presente "Reglamento";
- IV. Los catálogos de proyectos para el aprovechamiento del agua y para la preservación y control de su calidad, que integre "La Comisión" con proyectos de la Federación, de los gobiernos estatales y municipales y, en general, de cualquier dependencia o entidad, o de los sectores social y privado;
- V. Las Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales a que se hace referencia en el artículo 87 de la "Ley", junto con los estudios correspondientes;
- VI. Las prioridades y las posibles limitaciones temporales a los derechos existentes para enfrentar situaciones de emergencia, escasez extrema, sobreexplotación o reserva, en los términos del artículo 13 de la "Ley", o las que se establezcan en los términos del Título Quinto de la "Ley";

- VII. Los estudios que fundamenten las declaratorias de reservas que en su caso demanden la propia programación hidráulica o las que se requieran en los términos de la fracción II, del artículo 22 de la "Ley",
- VIII. Los programas, estudios y proyectos sobre las medidas necesarias para la conservación y restauración de los ecosistemas acuáticos, incluyendo los humedales y las interacciones para la conservación y manejo de las cuencas alimentadoras de las aguas nacionales;
- IX. Los estudios sobre los mecanismos disponibles y los que puedan llegar a definirse para el financiamiento de las distintas acciones previstas dentro de la programación hidráulica;
- X. Las tecnologías disponibles y las que previsiblemente puedan desarrollarse, adaptarse o ser transferidas, y
- XI. Las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones que sobre la materia expidan "La Comisión" y las demás autoridades competentes.

TITULO CUARTO

DERECHOS DE USO O APROVECHAMIENTO DE AGUAS NACIONALES

CAPTULO I

Aguas Nacionales

ARTICULO 28. Para efectos del artículo 17 de la "Ley", es libre la explotación, uso o aprovechamiento de aguas superficiales por medios manuales para su uso doméstico o abrevadero, siempre y cuando no exista una disminución significativa de su caudal. Se presumirá que existe disminución cuando la extracción se efectúe mediante sistemas de bombeo, equipo de cualquier otro medio mecánico o eléctrico que haga presuponer un consumo mayor al que se requiere normalmente para uso doméstico o abrevar el ganado, que conforme a la Ley Agraria se puede tener en los terrenos colindantes con la ribera o zona federal respectiva.

TITULO SEXTO

USOS DEL AGUA

CAPTULO I

Uso Público Urbano

ARTICULO 81. La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, superficiales o del subsuelo para centros de población o asentamientos humanos, se efectuará mediante asignación para uso público urbano que otorgue "La Comisión", en los términos del artículo 44 de la "Ley"

“La Comisión” otorgará la asignación a los respectivos municipios o en su caso al Gobierno del Distrito Federal

ARTICULO 82. “La Comisión” podrá otorgar

- I. La asignación de agua a organismos o entidades paraestatales o paramunicipales que administren los sistemas de agua potable y alcantarillado de los municipios, así como de las zonas conurbadas o intermunicipales;
- II. La Concesión de agua para servicio público urbano a ejidos, comunidades, organizaciones de colonos o usuarios que administren sistemas de agua potable y alcantarillado, y
- III. La concesión de agua para empresas que administren fraccionamientos.

El otorgamiento de las concesiones o asignaciones a que se refiere el presente artículo, se efectuará en caso de que el municipio no pueda prestar directamente el servicio o cuando medie acuerdo favorable al mismo.

En caso de que conforme a la ley se concesionen por el municipio, total o parcialmente, los servicios públicos de agua potable y alcantarillado, las asignaciones de agua que expida “La Comisión” se harán en todo caso a los municipios que tienen a su cargo la prestación de dicho servicio público.

Lo dispuesto en este artículo para los municipios se aplicará en lo conducente para el Distrito Federal.

ARTICULO 83. Para efectos del artículo 44 de la “Ley”, en los títulos de asignación respectivos, “La Comisión” y los municipios, entidades federativas, entidades paraestatales o paramunicipales que presten los servicios públicos de agua potable y alcantarillado, establecerán:

- I. La programación para el aprovechamiento de las fuentes de suministro de agua y la forma de su ejecución,
- III. El uso racional y eficiente del agua, así como el respeto a las reservas y a los derechos de terceros aguas abajo inscritos en “El Registro”
- IV. El cumplimiento de las normas y condiciones de calidad en el suministro de agua y en la descarga de agua residual a cuerpos receptores

Lo dispuesto en este artículo, se aplicará en lo conducente para las concesiones que “La Comisión” expida para el abastecimiento de agua a fraccionamientos.

ARTICULO 84. Corresponde al municipio, en su caso, al Distrito Federal, así como a los organismos o empresas que presten el servicio de agua potable y alcantarillado, el tratamiento de las aguas residuales de uso público urbano, previa su descarga a cuerpos receptores de propiedad nacional, conforme a las condiciones particulares de descarga que les determine “La Comisión”

Para tal efecto, en los términos del artículo 45 de la “Ley”, corresponde a los municipios, directamente o a través de los organismos operadores encargados de la prestación del servicio público de agua potable y alcantarillado o, en su caso, al Distrito Federal, la autorización y contratación o concesión de las obras de tratamiento de aguas residuales, si éstas se realizan antes de descargar dichas aguas en una corriente o depósito de propiedad nacional.

“La Comisión” podrá convenir con varios municipios y, en su caso, con el Distrito Federal, el establecimiento de sistemas regionales de tratamiento de las descargas de aguas residuales que se hayan vertido a un cuerpo receptor de propiedad nacional, conforme a los estudios que al efecto se realicen y en los cuales se prevea la parte de los costos que deberá cubrir cada uno de los municipios y, en su caso, el Distrito Federal

TITULO SEPTIMO

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Capítulo Unico

ARTICULO 133. Para los efectos de las fracciones IV, V y VII, del artículo 86 de la “Ley”, “La Comisión” ejercerá las facultades que corresponden a la autoridad federal en materia de prevención y control de la contaminación del agua, en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, excepto aquellas que conforme a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y otras disposiciones legales, estén atribuidas a otra dependencia.

ARTICULO 134. Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas, bajo su responsabilidad y en los términos de ley, a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas

ARTICULO 152. Para efectos de la fracción V, del artículo 86 de la “Ley”, se incluyen en las aguas para uso y consumo humano, las que suministren a través de servicios públicos sujetos al cumplimiento de las normas de potabilidad de cualquier tipo y forma

Los responsables de los sistemas públicos de abastecimiento de agua potable a las poblaciones o a las colonias y fraccionamientos, en los términos de una concesión o asignación expedida por “La Comisión”, están obligados a contar con los dispositivos de desinfección conforme a las normas oficiales mexicanas correspondientes.

ARTICULO 156. Con el objeto de apoyar la prevención y control de la contaminación del agua, “La Comisión” podrá

- I. Promover ante las autoridades educativas, la incorporación de programas educativos para orientar sobre la prevención y control de la contaminación del agua y su aprovechamiento racional,
- II. Fomentar que las asociaciones, colegios de profesionistas y cámaras de la industria y el comercio, así como otros organismos afines, orienten a sus miembros sobre el uso de métodos y tecnologías que reduzcan la contaminación del agua y aseguren su aprovechamiento racional, y
- III. Apoyar estudios e investigaciones encaminados a generar conocimientos y tecnologías que permitan la prevención y control de la contaminación del agua y su aprovechamiento racional.

TITULO OCTAVO

INVERSION EN INFRAESTRUTURA HIDRAULICA

CAPITULO I

Disposiciones Generales

ARTICULO 158. "La Comisión" promoverá y, a solicitud de las correspondientes autoridades estatales y municipales, proporcionará con los recursos disponibles al efecto, la asistencia técnica para la elaboración de los estudios y los proyectos de las obras de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

"La Comisión" a solicitud de las dependencias y entidades de la administración pública federal, de las correspondientes autoridades estatales o municipales o sus entidades paraestatales, de los representantes de organizaciones de usuarios y de los particulares, proporcionará con los recursos disponibles al efecto, asistencia técnica para la realización de proyectos, así como para la construcción, operación y conservación de obras e instalaciones, con objeto de propiciar el adecuado desarrollo hidráulico, el uso eficiente del agua y la conservación de su calidad

TRANSITORIOS

TERCERO. El otorgamiento de concesiones y asignaciones para la explotación, uso o aprovechamiento de agua superficiales en el territorio nacional, y de las aguas del subsuelo en las zonas en veda o reglamentarias por el Ejecutivo Federal se sujetará a lo siguiente

- I. Los usuarios cuyo aprovechamiento tenga más de cinco años anteriores a la entrada en vigor de la "Ley" y que cuenten con permisos precarios, permisos o autorizaciones provisionales, permisos de perforación de pozos expedidos por autoridad competente, o con cualquier otro título legal distinto al de la concesión o asignación, que les autorice

expresamente la explotación, uso o aprovechamiento de agua, se sujetará a lo dispuesto en transitorio cuarto.

CUARTO. “La Comisión”, mediante acuerdo de carácter general que publique en el Diario Oficial de la Federación, podrá establecer un plazo adicional al que se refiere el presente transitorio, para la inscripción en el “Registro”, de los aprovechamientos destinados exclusivamente a usos domésticos, de abrevadero, uso agrícola o para uso público urbano para localidades de menos de 2500 habitantes.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM - 127 - SSA 1 - 1994, " SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO - LÍMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTO A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACIÓN ".

INDICE

0. INTRODUCCION
1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.
2. REFERENCIAS.
3. DEFINICIONES.
4. LÍMITES PERMISIBLES DE CALIDAD DEL AGUA.
5. TRATAMIENTOS PARA LA POTABILIZACION DEL AGUA.
6. BIBLIOGRAFIA.
7. OBSERVANCIA DE LA NORMA.

0. Introducción.

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la y transmisión de enfermedades y otras, para lo cual se requiere establecer limites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas

Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas. hasta la entrega al consumidor, se debe someter a tratamientos de potabilización.

1. Objetivo y campo de aplicación.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los limites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional

2. Referencias.

NOM – 008 – SCF 1 – 1993 “ Sistema General de Unidades de Medida”

3. Definiciones.

- 3.1 **Ablandamiento:** Proceso de remoción de los iones calcio y magnesio, principales causantes de la dureza del agua.
- 3.2 **Adsorción:** Remoción de iones y moléculas de una solución que presentan afinidad a un medio sólido adecuado, de tal forma que son separadas de la solución
- 3.3 **Agua para uso y consumo humano:** Aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano
- 3.4 **Características bacteriológicas.** Son aquellas debidas a microorganismos nocivos a la salud humana. Para efectos de control sanitarios se determina el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y organismos coliformes fecales.
- 3.5 **Características físicas y organolépticas:** Son aquellas que se detectan sensorialmente Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos y el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio
- 3.6 **Características químicas.** Son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos, que como resultado de investigación científica se ha comprobado que puede causar efectos nocivos a la salud humana.
- 3.7 **Características radiactivas:** Son aquellas resultantes de la presencia de elementos radiactivos.
- 3.8 **Coagulación química:** Adición de compuestos químicos al agua, para alterar el estado físico de los sólidos disueltos, coloidales o suspendidos, a fin de facilitar su remoción por precipitación o filtración.
- 3.9 **Contingencia:** Situación de cambio imprevisto en las características del agua por contaminación externa que ponga en riesgo la salud humana.
- 3.10 **Desinfección.** Destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos o procesos físicos
- 3.11 **Filtración:** Remoción de partículas suspendidas en el agua, haciéndola fluir a través de un medio filtrante de porosidad adecuada.
- 3.12 **Floculación:** Aglomeración de partículas desestabilizadas en el proceso de coagulación química, a través de medios mecánicos o hidráulicos.
- 3.13 **Intercambio iónico.** Proceso de remoción de aniones o cationes específicos disueltos en el agua, a través de su reemplazo por aniones o cationes provenientes de un medio de intercambio, natural o sintético, con el que se pone en contacto
- 3.14 **Límite permisible:** Concentración o contenido máximo o intervalo de valores de un componente, que garantiza que el agua será agradable a los sentidos y no causará efectos nocivos a la salud del consumidor.
- 3.15 **Neutralización:** Ajuste del pH, mediante la adición de agentes químicos básicos o ácidos al agua en su caso, con la finalidad de evitar incrustación o corrosión de materiales que puedan afectar su calidad.

- 3.16 Osmosis inversa: Proceso esencialmente físico para remoción de iones y moléculas disueltos en el agua, en el cual por medio de altas presiones se fuerza el paso de ella a través de una membrana semipermeable de porosidad específica, reteniéndose en dicha membrana los iones y moléculas de mayor tamaño.
- 3.17 Oxidación: Introducción de oxígeno en la molécula de ciertos compuestos para formar óxidos.
- 3.18 Potabilización: Conjunto de operaciones y procesos, físicos y / o químicos que se aplican al agua a fin de mejorar su calidad y hacerla apta para uso y consumo humano.
- 3.19 Precipitación: Proceso físico que consiste en la separación de las partículas suspendidas sedimentables del agua, por efecto gravitacional.
- 3.20 Sistemas de abastecimiento: Conjunto intercomunicado o interconectado de fuentes, obras de captación, plantas cloradoras, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y regulación, cárcamos de bombeo, líneas de conducción y red de distribución

4. Definiciones

4.1 Límites permisibles de características bacteriológicas

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la Tabla 1

TABLA 1

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	2 NMP / 100 ml 2 UFC / 100 ml
Organismos coliformes fecales	No detectable NMP / 100 ml Cero UFC / 100 ml

Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes deben establecer los agentes biológicos nocivos a la salud a investigar

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidad de NMP / 100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC / 100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

4.2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.

TABLA 2

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino - cobalto
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores. siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico.
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método

4.3 Límites permisibles de características químicas

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 3. Los límites se expresan en mg / l, excepto cuando se indique otra unidad.

TABLA 3

CARACTERÍSTICAS	LÍMITE PERMISIBLE
Aluminio	0.200
Arsénico	0.050
Bario	0.700
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN -)	0.070
Cloruro residual libre	0.5 - 1.00 (después de un tiempo de contacto mínimo de 30 min.)
Cloruros (como CL -)	250.000
Cobre	2.000
Cromo total	0.050
Dureza total (como CaCo3)	500.000
Fenoles o compuesto fenólicos	0.001
Hierro	0.300
Fluoruros (como F -)	1.500
Fosfatos (como PO4=)	0.100
Manganeso	0.100
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.000
Nitritos (como N)	0.050
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.500

Oxígeno consumido en medio ácido	3 000
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	
Plaguicidas en microgramos / l . Aldrin y dieldrin (separados o combinados)	6.5 - 8.5 0.030
Clordano (total de isómeros)	0.300
DDT (total de isómeros)	1.000
Gamma - HCH (lindano)	2.000
Hexaclorobenceno	0.010
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.030
Metoxicloro	20.000
2.4 - D	50.000
Plomo	0.025
sodio	200.000
Sólidos disueltos totales	1000.000
Sulfatos (como SO ₄ ⁼)	400.000
Trihalometanos totales	0.200
Zinc	5.000

Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos

4.4 Límites permisibles de características radiactivas.

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 4. Los límites se expresan en Bq / l (Becquerel por l).

TABLA 4

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE
RADIATIVIDAD ALFA GLOBAL	0.10
RADIATIVIDAD BETA GLOBAL	1.00

5 Tratamientos para la potabilización del agua

La potabilización del agua proveniente de una fuente particular, debe fundamentarse en estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad.

Se deben aplicar los tratamientos específicos siguientes o los que resulten de las pruebas de tratabilidad, cuando los contaminantes biológicos, las características físicas y los constituyentes químicos del agua enlistados a continuación, excedan los límites permisibles establecidos en el apartado 4

- 5.4 Contaminación biológica
 - 5.4.1 Bacterias, helmintos, protozoarios y virus.- Desinfección con cloro, compuesto de cloro, ozono o luz ultravioleta.
- 5.5 Características físicas y organolépticas
 - 5.5.1 Color, olor, sabor y turbiedad - Coagulación – floculación – precipitación – filtración; cualquiera o la combinación de ellos, absorción en carbón activado u oxidación.
- 5.6 Constituyentes químicos.
 - 5.6.1 Arsénico.- Coagulación – floculación – precipitación – filtración; cualquiera o la combinación de ellos intercambio iónico u ósmosis inversa.
 - 5.6.2 Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo.- Intercambio iónico u ósmosis inversa
 - 5.6.3 Cloruros.- Intercambio iónico, ósmosis inversa destilación.
 - 5.6.4 Dureza.- Ablandamiento químico o intercambio iónico.
 - 5.6.5 Fenoles o compuestos fenólicos.- Adsorción en carbón activado u oxidación con ozono
 - 5.6.6 Hierro y / o manganeso.- Oxidación – filtración , intercambio iónico u ósmosis inversa.
 - 5.6.7 Fluoruros.- Ósmosis inversa o coagulación química.
 - 5.6.8 Materia orgánica - Oxidación – filtración o adsorción en carbón activado.
 - 5.6.9 Mercurio.- Proceso convencional coagulación – floculación – precipitación – filtración, cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos / l. Procesos especiales: en carbón activado granular y ósmosis inversa cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos / l; con carbón activado en polvo cuando la fuente de abastecimiento contenga más de 10 microgramos / l
 - 5.6.10 Nitratos y nitritos.- Intercambio iónico o coagulación – floculación – sedimentación – filtración, cualquiera o la combinación de ellos.
 - 5.6.11 Nitrógeno amoniacal - Coagulación – floculación – sedimentación – filtración, desgasificación o desorción en columna.
 - 5.6.12 pH (potencial de hidrógeno).- Neutralización.
 - 5.6.13 Plaguicidas.- Adsorción en carbón activado granular
 - 5.6.14 Sodio - Intercambio iónico.
 - 5.6.15 Sólidos disueltos totales.- Coagulación – floculación – sedimentación – filtración y/o intercambio iónico.
 - 5.6.16 Sulfatos - Intercambio iónico u ósmosis inversa
 - 5.6.17 Sustancias activas al azul de metileno.- Adsorción en carbón activado
 - 5.6.18 Trihalometanos - Aireación u oxidación con ozono y adsorción en carbón activado granular.
 - 5.6.19 Zinc.- Destilación o intercambio iónico
 - 5.6.20 En el caso de contingencia, resultado de la presencia de sustancias especificadas o no especificadas en el apartado 4, se deben coordinar con la autoridad sanitaria competente, las autoridades locales, la Comisión Nacional del Agua, los responsables

del abastecimiento y los particulares, instituciones públicas o empresas privadas involucradas en la contingencia, para determinar las acciones que se deben realizar con relación al abastecimiento de agua a la población

6 Bibliografía.

- 6.4 "NOM – Z – 13". Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas. Proyecto de Revisión. SECOFI 1992.
- 6.5 "Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios". Diario oficial de la Federación. 18 de Enero de 1988.
- 6.6 "Desinfección del Agua". Oscar Cáceres López. Lima, Perú. Ministerio de Salud. Organización Panamericana de la Salud Organización Mundial de la Salud. 1990.
- 6.7 "Guías para la Calidad del Agua Potables". Volumen 1. Recomendaciones Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1985.
- 6.8 "Guías para la Calidad del Agua Potables". Volumen 2. Recomendaciones. Organización Panamericana de la Salud Organización Mundial de la Salud. 1985.
- 6.9 "Guide to Selection of Water Treatment Processes". Carl L. Hamann Jr., P.E. Brock Mc. Ewen, P.E. Anthony G. Meyers, P.E
- 6.10 "Ingeniería Ambiental". Revista No. 23. Año 7. 1994.
- 6.11 "Ingeniería Sanitaria Aplicada a la Salud Pública". Francisco Unda Opazo. UTEHA 1969.
- 6.12 "Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales". Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales Gordon M. Fair, John C. Geyer, Daniel A. Okun. Limusa Wiley. 1971.
- 6.13 "Instructivo para la Vigilancia y Certificación de la Calidad Sanitaria del Agua para Consumo Humano". Comisión Interna de Salud Ambiental y Ocupacional. Secretaría de Salud. 1987
- 6.14 "Integrated Design of Water Treatment Facilities". Susumu Kawamura. John Willey and Sons, Inc 1991.
- 6.15 "Manual de Normas de Calidad para el Agua Potable". Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas 1982
- 6.16 "Manual de Normas Técnicas para Plantas Potabilizadoras" Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 1979.
- 6.17 "Revision of the WHO Guidelines for Drinking – Water Quality". IPS International. Programme on Chemical Safety, United Nations Environment Programme International Labour Organization. World Health Organization. 1992.
- 6.18 "WHO Guidelines for Drinking – Water Quality" Volume 1. Recommendations World Health Organization. 1992
- 6.19 "WHO Guidelines for Drinking – Water Quality" Volume 2. Health Criteria an Other Supporting Information. Chapter, 1 Microbiological Aspects. United Nations Environment Programme International Labour Organization World Health Organization 1992

7 Observancia de la Norma.

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que distribuya agua para uso y consumo humano

COMISION NACIONAL DEL AGUA

UNIDAD DE PROGRAMAS RURALES Y PATICIPACION SOCIAL

PROGRAMA PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN COMUNIDADES RURALES

FICHA AMBIENTAL

Estado: _____

Ficha No. _____

Fecha de elaboración: _____

I. DATOS GENERALES

Nombre: _____

Tipo de Obra: _____

Nivel del Diseño: ___ Diseño ___ Factibilidad ___ prefactibilidad ___ Construcción ___

Fecha estimada para inicio de la construcción: _____

Obra a realizar: ___ Nueva ___ Rehabilitación ___ Modernización ___ ampliación ___ Conclusión ___

Tiempo estimado de construcción: _____

Objetivo de la obra: _____

II. LOCALIZACIÓN GENERAL

(anexar croquis regional y local de las obras)

Municipio: _____ Localidad: _____

Región hidrológica: _____ Cuenca: _____

Provincia ecológica: _____

Fuente de abastecimiento: Actual: _____ Proyectada: _____

III. CARACTERISTICAS PARA CADA COMPONENTE O FASE DE DISEÑO

(Llenar de acuerdo al tipo de obra)

IV. FUENTE DE ABASTECIMIENTO

- A. Superficial: (tipo de obra, fecha de construcción, volumen de extracción actual, volumen a extraer, calidad del agua, gasto medio anual de la corriente, gasto mínimo de la corriente, volumen almacenado, superficie de embalse, uso actual del suelo).
- B. Subterránea. (tipo, número de pozos actuales, proyectados, aislados, batería; disponibilidad del acuífero; otros usos del agua: volumen de extracción actual y a extraer, calidad del agua; condición del acuífero, zona de veda, tipo de veda).

V. CONDUCCION.

Obras a realizar, longitud de la conducción, uso actual del suelo

VI. ESTRUCTURA DE LLEGADA.

Obra a realizar, superficie a ocupar, capacidad de regulación y de distribución, uso actual del suelo

VII. POTABILIZACION.

Obra a realizar, tipo de potabilización, volumen a potabilizar, disposición de desechos, superficie a ocupar, uso actual del suelo.

VIII. RED DE DISTRIBUCION

Obra a realizar, superficie a ocupar.

IX. SISTEMA DE SANEAMIENTO O ALCANTARILLADO

Obra a realizar, letrina sanitaria, tanque séptico, red de alcantarillado con tratamiento y disposición final, gastos medios de descarga actual y proyectado, descarga del agua tratada, longitud del emusario, uso actual de la descarga, clasificación del cuerpo receptor.

X. TRATAMIENTO.

Obra a realizar, tipo de tratamiento, disposición de lodos, superficie a ocupar, uso actual del suelo, comunidad más cercana, vientos dominantes, condiciones socioeconómicas del área, acuerdo de los beneficiarios o afectados.

XI. MONTO DE LAS INVERSIONES.

Año, monto y población beneficiada

XII. DICTAMEN.

Indicar la categoría a que pertenece: Grupo I-A, Grupo I - B, Grupo II, Grupo III.

XIII. OBSERVACIONES.

COMISION NACIONAL DEL AGUA

UNIDAD DE PROGRAMAS RURALES Y PATICIPACION SOCIAL

PROGRAMA PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y
SANEAMIENTO EN COMUNIDADES RURALES

COMPONENTE DE ATENCION SOCIAL Y PARTICIPACION COMUNITARIA

DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO Y DICTAMEN DE FACTIBILIDAD SOCIAL

- 1) Localidad: _____ Clave _____
- 2) Municipio. _____ Clave: _____
- 3) Estado. _____ Clave: _____
- 4) Solicitud de obra
Fecha _____
Tipo de obra _____
A que dependencia _____
Por acuerdo de la comunidad () por iniciativa del lider natural () por iniciativa de autoridades y representantes ()
- 5) Población total: _____
- 6) Número de viviendas _____, habitadas permanentemente _____, temporalmente _____ y abandonadas _____
- 7) Composición étnica ()
 - a) Mestiza
 - b) Indígena
 - c) Ambas

- 8) Nivel de Marginación: ()
- a) Muy Alto
 - b) Alto
 - c) Medio
 - d) Bajo
 - e) Muy Bajo
- 9) Principal Actividad Económica:
- a) Primaria _____ %
 - b) Secundaria _____ %
 - c) Terciaria _____ %
- 10) Tipo de tenencia de la tierra () y ()
- a) Ejidal
 - b) Comunal
 - c) Colonia
 - d) Propiedad privada
- 11) Establecimientos comerciales en la localidad (), (), () y ()
- a) Mercado público fijo
 - b) Tiendas de abarrotes y comestibles
 - c) Ropa y zapatería
 - d) Ferreterías
 - e) Farmacias
 - a) Otras (describir) _____
- 12) Presencia semanal de camiones repartidores a comercios de la localidad (), () y ()
- b) Refresqueras
 - c) Cervecerías
 - d) Frituras embolsadas
 - e) Panaderías (Paquete y pan fresco)
 - f) Otras (describir) _____
- 13) Experiencia sobre participación comunitaria en obras y servicios sociales
- a) Educativas:
Dinero en efectivo () Mano de obra () Materiales de la región () Operación y mantenimiento () Participación en asociaciones () Otras () (describir) _____
 - b) Salud:
Dinero en efectivo () Mano de obra () Materiales de la región () Operación y mantenimiento () Participación en asociaciones () Otras () (describir) _____

- c) Comunicaciones y vías de acceso:
Dinero en efectivo () Mano de obra () Materiales de la región () Operación y mantenimiento () Participación en asociaciones () Otras () (describir) _____
- d) Infraestructura y actividades recreativas:
Dinero en efectivo () Mano de obra () Materiales de la región () Operación y mantenimiento () Participación en asociaciones () Otras () (describir) _____
- e) Centros de culto:
Dinero en efectivo () Mano de obra () Materiales de la región () Operación y mantenimiento () Participación en asociaciones () Otras () (describir) _____

- 14) Instancias en las que acostumbra tomar decisiones la comunidad ()
- En asamblea
 - Grupos de personas interesadas
 - Autoridades y representantes
 - Otros

A G U A

- 15) ¿Existe sistema formal de agua potable?
Sí () No () En caso afirmativo, pase al número 22
- 16) En caso negativo ¿Cuáles son las fuentes actuales disponibles? () y ()
- Pozo artesiano
 - Manantial
 - Río o arroyo
 - Presa, bordo, laguna
 - Cisternas pluviales
 - Otros (describir) _____
- 17) ¿Están protegidas las fuentes de abastecimiento de agua? ()
- Sí
 - Semiprotegida
 - No
- 18) ¿Qué tan lejos de la comunidad están las fuentes de abastecimiento de agua? ()
- Menos de 500 m
 - 500 a 1 km
 - Más de 1 km

- 19) ¿Quién acarrea el agua? ()
- a) Mujeres
 - b) Niños
 - c) Hombres
- 20) ¿Cómo se transporta el agua de la fuente al hogar? ()
- a) en vehículo (pipa, camioneta)
 - b) En bestia de carga
 - c) Personas
 - d) Mangueras
 - e) Acequias
- 21) ¿Qué utensilios se usan para almacenar el agua?
- a) Recipientes fijos (cisternas, pilas)
 - b) Tambos
 - c) Recipientes varios (cubetas, cántaros, etc.)
- 22) Tipo de sistema de agua potable ()
- a) Bombeo
 - b) Gravedad
 - c) Ambos
- 23) Fuente de abastecimiento () y ()
- a) Pozo profundo
 - b) Manantial
 - c) Río o arroyo
 - d) Presa, bordo, laguna
- 24) Forma de servicio ()
- a) Toma pública
 - b) Toma domiciliaria
- 25) Responsable de la administración, la operación y el mantenimiento del sistema ()
- a) Comunidad
 - b) Organismo operador municipal
 - c) Dependencia u organismo estatal
 - d) Otros (describir) _____
 - e) No hay responsable
- 26) Aportación de los usuarios por el servicio () Cantidad \$ _____
- a) Mensual

-
- b) Anual
c) Cada que se necesita
- 27) _____ % de cumplidores
- 28) Método de potabilización y desinfección del agua () y ()
- a) Filtro de arena
b) Sedimentador
c) Cloración
d) Ebullición (hervir)
e) Otras (describir) _____
- 29) Condiciones físicas y operativas del sistema ()
- a) Buenas
b) Malas (describir) _____
c) Fuera de uso ¿desde cuándo? _____
- 30) Productos de la fase de diagnóstico en relación al proyecto de obra
- a) Ratificación del diseño de obra
b) Modificación del diseño de obra
c) Elaboración del diseño de obra
- 31) Opinión de los representantes de la institución, sobre la validación social de la solicitud y del proyecto: _____
- 32) Dictamen de factibilidad social ()
- a) Positivo
b) Negativo
Justificación: _____
- 33) Constitución o ratificación de la figura organizativa (pro-construcción de la obra), según costumbres y preferencias de la comunidad (), fecha de constitución. _____
- a) Comité
b) Patronato
c) Junta local
d) Otro (describir) _____
- 33) Número de mujeres que participan en la figura organizativa _____
- 34) Participantes comunitarios en el desarrollo del diagnóstico y dictamen de factibilidad social _____ %
-

BIBLIOGRAFIA

César, Valdez Enrique Abastecimiento de Agua Potable Volumen I Facultad de Ingeniería. UNAM México. 1994

Juárez, Badillo Eulalio. Rico, Rodríguez Alfonso Mecánica de Suelos. Tomo 1. Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Limusa. México. 1998

Schulz, Christopher R., Okun, Daniel A. Tratamiento de Aguas Superficiales para Países en Desarrollo., Limusa. México. 1990

Sotelo, Avila Gilberto Hidráulica General. Volumen I. Fundamentos. Limusa. México 1995

Tebutt, T.H.Y. Fundamentos de Control de la Calidad del Agua, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Birmingham Limusa. México. 1990.

Dependencias de Gobierno.

Comisión Nacional del Agua Gerencia Regional Pacífico Sur Expediente Técnico. Unidades de Programas Rurales y Participación Social. Programa Agua Potable. 1998

Comisión Nacional del Agua. Informe 1989 – 1994

Comisión Nacional del Agua. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. 1994.

Comisión Nacional del Agua Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Sistemas Rurales Libro II 1ª sección Tema 6. 1994

Comisión Nacional del Agua Unidad de Programas Rurales y Participación Social Gerencia de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales. Programa Para la Sostenibilidad de los

Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Comunidades Rurales. Manual de Operación y Procedimientos. 1999.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Programa Hidráulico 1995 – 2000.

Secretaría de la Defensa Nacional. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 1996

Secretaría de Recursos Hidráulicos. Ingeniería Hidráulica en México. Publicación Técnica Vol XXV. 1971

Secretaría de Salud y Asistencia Ley General de Salud y su Reglamento 1999.

Secretaría de Salud y Asistencia Manual de Criterios Normativos para la Promoción del Saneamiento Básico Municipal 1987

Secretaría de Salud y Asistencia. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios. 1994.

Secretaría de Salud y Asistencia. Padecimientos de EDA. Epidemiología de Morbilidad. 1996

Revistas y Publicaciones.

Pan American Sanitary Bureau, Regional Office of de World Health Organization. Appropriate Technology. Drinking Water Supply and Sanitation. The International Decade in the Americas Environmental. Series No. 3. Washington, D.C. U.S.A 1990.

Guerra, Alonso Ramón Rojas, Ortuste Franz. Bases de los proyectos de agua potable y saneamiento Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. A.C 1993

Heredía, Duran Manuel D. La potabilización del agua en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. A.C. 1993.

Schifini, Juan Pablo. Plan regional estratégico de la OPS para el mejoramiento de la calidad del Agua Potable. Ingeniería y Ciencias Ambientales 1998.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos Defunciones registradas en medio urbano y rural según gran grupo de edad 1980 – 1996

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. 1997.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Información Estadística del Sector Salud y Seguridad Social Cuaderno No. 14. 1996.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Estadísticas Demográficas y Socioeconómicas de México. 1995.