



COMISION NACIONAL  
DEL AGUA



**PROGRAMA AGUA LIMPIA**  
**PROGRAMA AGUA LIMPIA**  
**PROGRAMA AGUA LIMPIA**  
**PROGRAMA AGUA LIMPIA**  
**PROGRAMA AGUA LIMPIA**  
**PROGRAMA AGUA LIMPIA**

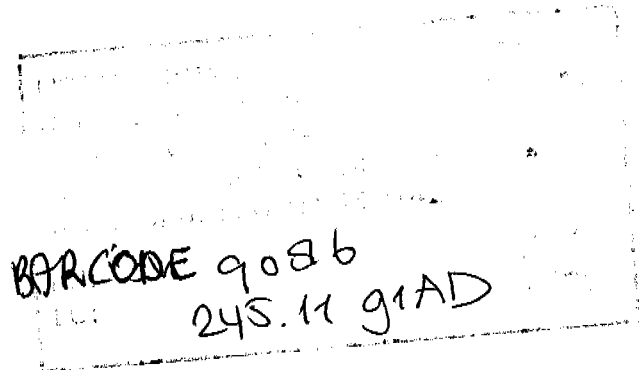
INTER-AMERICAN REFERENCE CENTRE  
FOR COMMUNITY WATER SUPPLY AND  
SANITATION (IMTA)

**MEDIDAS PRACTICAS DE  
INGENIERIA AMBIENTAL  
PARA COMBATIR  
ENFERMEDADES DIARREICAS**



COMISION NACIONAL  
DEL AGUA

## ADiestRAMIENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LAS ENFERMEDADES GASTROINTESTINALES EN EL SECTOR AGUA



MANUAL No. 3  
**MEDIDAS PRACTICAS DE INGENIERIA AMBIENTAL  
PARA COMBATIR ENFERMEDADES DIARREICAS**  
1a. edición, 1991

**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA



Coordinación de Tecnología Hidráulica Urbano-Industrial  
Subcoordinación de Calidad del Agua

CIECCA

Autores:

Eugenio Ramos, Octavio Castellanos, Blanca Jiménez

Colaborador:

Pedro Ramírez

Revisor:

Blanca Jiménez

## PROLOGO

El Programa Agua Limpia tiene como objetivo apoyar la estrategia puesta en marcha el 5 de abril en San Luis Potosí por el Lic. Carlos Salinas de Gortari referente a la atención de los problemas de contaminación del agua.

El Programa, en su primera etapa, se basa en cuatro acciones:

1. Proporcionar agua desinfectada en todos los sistemas de distribución.
2. Evitar que se rieguen hortalizas que se consumen crudas con aguas residuales no tratadas.
3. Garantizar que los hielos y el agua embotellada tengan la calidad adecuada para consumo humano.
4. Asegurar que las plantas de tratamiento de aguas residuales funcionen correctamente y que sus efluentes no contaminen los cuerpos receptores.

Estas medidas seguramente influirán en la disminución de las enfermedades diarreicas en el país. Sin embargo, éstas aún pueden propagarse a nivel de epidemia y en ocasiones provocar situaciones de emergencia.

Para capacitar a quien debe tomar decisiones en forma rápida y eficaz, el INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA ha preparado el curso ADIESTRAMIENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LAS ENFERMEDADES GASTROINTESTINALES EN EL SECTOR AGUA que tiene como material de apoyo una serie de manuales, los primeros de ellos se citan a continuación:

1. Las enfermedades diarreicas.
2. Acciones para el control de enfermedades diarreicas en el sector agua.
3. Medidas prácticas de Ingeniería Ambiental para combatir enfermedades diarreicas.
4. Organización del trabajo y muestreo en campo.
5. Habilitación de un laboratorio de emergencia.
6. Determinación del cloro residual.
7. Determinación de coliformes fecales.
8. Identificación y cuantificación de Vibrio cholerae 01.
9. Sistema de información.

Debido a la situación que vive actualmente el país, en esta primera etapa se hace énfasis en el cólera. En manuales subsecuentes se abordarán otras enfermedades diarreicas que en su momento tengan carácter prioritario.



## CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCION
2. MEDIDAS SANITARIAS GENERALES
  - 2.1 Medidas Inmediatas
    - 2.1.1 Alimentos
    - 2.1.2 Disposición de desechos sólidos
    - 2.1.3 Riego con aguas residuales
    - 2.1.4 Disposición de cadáveres
    - 2.1.5 Sistemas de vigilancia y regulación sanitaria
    - 2.1.6 Reforzamiento de laboratorios locales
    - 2.1.7 Medidas prácticas de ingeniería ambiental
  - 2.2 Medidas a Mediano y Largo Plazo
3. ESTIMACION DE LA POBLACION EXPUESTA
  - 3.1. Evaluación del area afectada
4. MEDIDAS DE EMERGENCIA
  - 4.1 Población con Red de Agua Potable Urbana y Rural.
    - 4.1.1 Estimación de insumos
  - 4.2 Población sin Red de Agua Potable Urbana y Rural.
    - 4.2.1 Estimación de insumos
    - 4.2.2 Desinfección de pozos
    - 4.2.3 Desinfección de agua utilizando cloro disponible en el comercio.
  - 4.3 Insumos para Vigilar la Calidad del Agua Potable.
    - 4.3.1 Comparadores colorimétricos para análisis de cloro residual.
    - 4.3.2 Equipos portátiles para análisis bacteriológico del agua.
  - 4.4 Recomendaciones para la Población Urbana y Rural con Alcantarillado.

4.5 Recomendaciones para la Población Urbana  
y Rural con Letrinas.

4.5.1 Estimación de insumos. Cantidad de  
cal requerida.

4.6 Medidas para la Población sin Disposición  
de Excretas.

5. BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

Anexo A METODOS DE DESINFECCION

Anexo B FILTROS

Anexo C LETRINAS

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Pág.

Figura 1. Eliminación de desechos por enterramiento cubierto.

Figura 2. Quemador doméstico para basura.

Figura 3. Evaluación de la población afectada.

Figura A.2.1. Filtro lento de arena casero.

Figura A.2.2. Filtro de cantera

Figura A.3.1. Letrina de fosa simple

Tabla 1. Dosis de solución desinfectante de cloro casera para la purificación de agua (OMS/OPS, 1991).

Tabla 2. Blanqueadores comerciales analizados que cumplen con la concentración requerida (CIECCA).

Tabla 1. Principales formas de cloro comercial.

## 1. INTRODUCCION

El objetivo de este manual, es la presentación de las principales medidas de ingeniería ambiental, orientadas al saneamiento básico del medio, que deben aplicar para el control de enfermedades diarreicas.

Estas medidas - de fácil implementación - ayudan al control de la transmisión de enfermedades, y son muy importantes ante la amenaza de una epidemia, como es el caso del cólera.

La divulgación y conocimiento a todos los niveles de esta serie de medidas es indispensable para evitar problemas mayores. Cabe señalar, que en caso de emergencia no sólo es necesario actuar en forma rápida sino también hacerlo en forma correcta. Las medidas que se presentan, se dividen en dos categorías: las medidas inmediatas, muchas veces de emergencia, que son de carácter operativo y las medidas a mediano o largo plazo.

Estas últimas se requieren para erradicar cualquier enfermedad diarreica infectocontagiosa y abarcan el suministro de agua potable, el tratamiento del agua residual y la correcta disposición de los efluentes.

## 2. MEDIDAS SANITARIAS GENERALES

### 2.1 Medidas Inmediatas.

El control de enfermedades diarreicas abarca una serie de acciones que competen no sólo al manejo del agua, sino también incluyen otras, de naturaleza diversa, pero que es necesario que el ingeniero las conozca para que participe en su aplicación durante el trabajo en campo.

Es por esto que en esta sección se presentan tanto medidas de carácter general, como aquéllas que competen al sector agua.

#### 2.1.1 Alimentos

Para evitar las enfermedades de transmisión fecal-oral, es importante enseñar a la población los principios para la manipulación higiénica de alimentos. La práctica de estos principios debe fomentarse tanto a nivel doméstico, como a nivel de restaurantes y comedores.

##### 2.1.1.1 Preparación

-Elegir alimentos procesados para asegurar su higiene, como por ejemplo: leche pasteurizada en lugar de leche cruda.

-Aquellos alimentos que se consumen crudos como la lechuga, se deberán lavar cuidadosamente, sumergiéndolos en agua clorada y enjuagándolos con agua desinfectada hoja por hoja.



-Cocinar bien los alimentos, para evitar comerlos crudos. Alimentos como la carne, pollo, pescado y leche no pasteurizada son portadores de organismos patógenos que sólo son destruidos por una completa cocción, es decir, que la temperatura de la masa total del alimento llegue a 70°C.

-Los alimentos deben consumirse recién cocinados, ya que al enfriarse, los organismos patógenos empiezan a proliferar de nuevo. En caso de que sean guardados, efectuarlo cuidadosamente, en recipientes bien tapados.

-Recalentar bien los alimentos cocinados antes de consumirlos, aún cuando hayan sido refrigerados.

-Evitar el contacto entre los alimentos crudos y cocinados.

-Lavarse las manos continuamente, antes y durante la preparación de los alimentos y siempre que se tenga contacto con el bote de basura.

-Mantener escrupulosamente limpias todas las superficies de la cocina y de preferencia desinfectarlas con cloro (blanqueadores) al final.

-Mantener los alimentos fuera del alcance de insectos, roedores y otros animales.

-Utilizar agua purificada en la elaboración y limpieza de los alimentos.

#### 2.1.1.2 Venta ambulante de alimentos

Esta es una de las principales fuentes de enfermedades gastrointestinales en América latina, por lo que se recomienda:

-Propiciar el control sanitario del expendio callejero de alimentos preparados y su eventual erradicación. Así como alertar a la población sobre los peligros de contagio mediante su consumo.

-Cuando la venta ambulante sea de difícil erradicación, adiestrar a los vendedores para una manipulación higiénica de los productos.

#### 2.1.2 Medidas para la disposición de desechos sólidos

Los desechos sólidos son un foco de infecciones, ya sea en forma directa o indirecta. En el caso del agua los desechos sólidos la contaminan por la producción de lixiviado.

Como acciones se recomienda:

-Coordinar con las autoridades municipales el mejoramiento de recolección de residuos domésticos.

-Tapar los residuos diariamente con tierra (principio del relleno sanitario).

-Los tiraderos de basura en calles o lugares abiertos deben ser erradicados:

a) Si la cantidad de residuos es grande (15 m de alto y 10 m<sup>2</sup> de área), se deben preparar microrrellenos que puedan operarse manualmente.

b) Si la cantidad de desechos es pequeña, éstos pueden ser quemados en fosas de 1.0x1.5x1.5 m de profundidad, siempre y cuando las condiciones ambientales lo permitan. Estas fosas no deben estar cerca de cursos de agua, comedores ni cocinas. Además, debe haber una persona que controle la quema hasta que esta termine y cubra las cenizas con tierra.

-Para el medio rural, un procedimiento sencillo y económico de disposición de residuos sólidos, consiste en la excavación de un pozo de aproximadamente 1.10x1.30x2.00 m de profundidad, el cual se cubre con una losa de concreto, provista de una tapa móvil en la parte central. En esta fosa se deposita la basura diaria compactándola manualmente mediante un pisón de madera o metálico. Una vez que la basura llegue a 0.5 m por debajo del nivel del suelo se procede a retirar la losa, clausurar la fosa y cubrirla con tierra (FIG 1).

Otra forma de eliminar la basura, es mediante un quemador doméstico que se puede construir con un tambo metálico de 200 litros de la forma siguiente (FIG 2):

a) Recortar 3/4 parte de una de las tapaderas, para formar la tapa del incinerador.

b) Colocar una lámina vertical perforada a lo largo del tambo formando el arranque del tiro y uniéndola a la tapa del incinerador.

c) Construir y colocar una parrilla de alambón de 1/4", separada de 0.15 a 0.20 m del fondo del tambo.

d) Recortar un costado del tambo, formando con la misma lámina una puerta para retirar las cenizas.

e) En la parte superior, coloque una chimenea de tubo de lámina galvanizada de 0.15 m y 2.00 m de largo.

Este incinerador se coloca en un lugar que no permita al humo penetrar a las habitaciones. Se debe procurar que la chimenea sobrepase el nivel de la azotea.

Figura 1. Eliminación de desechos por enterramiento cubierto

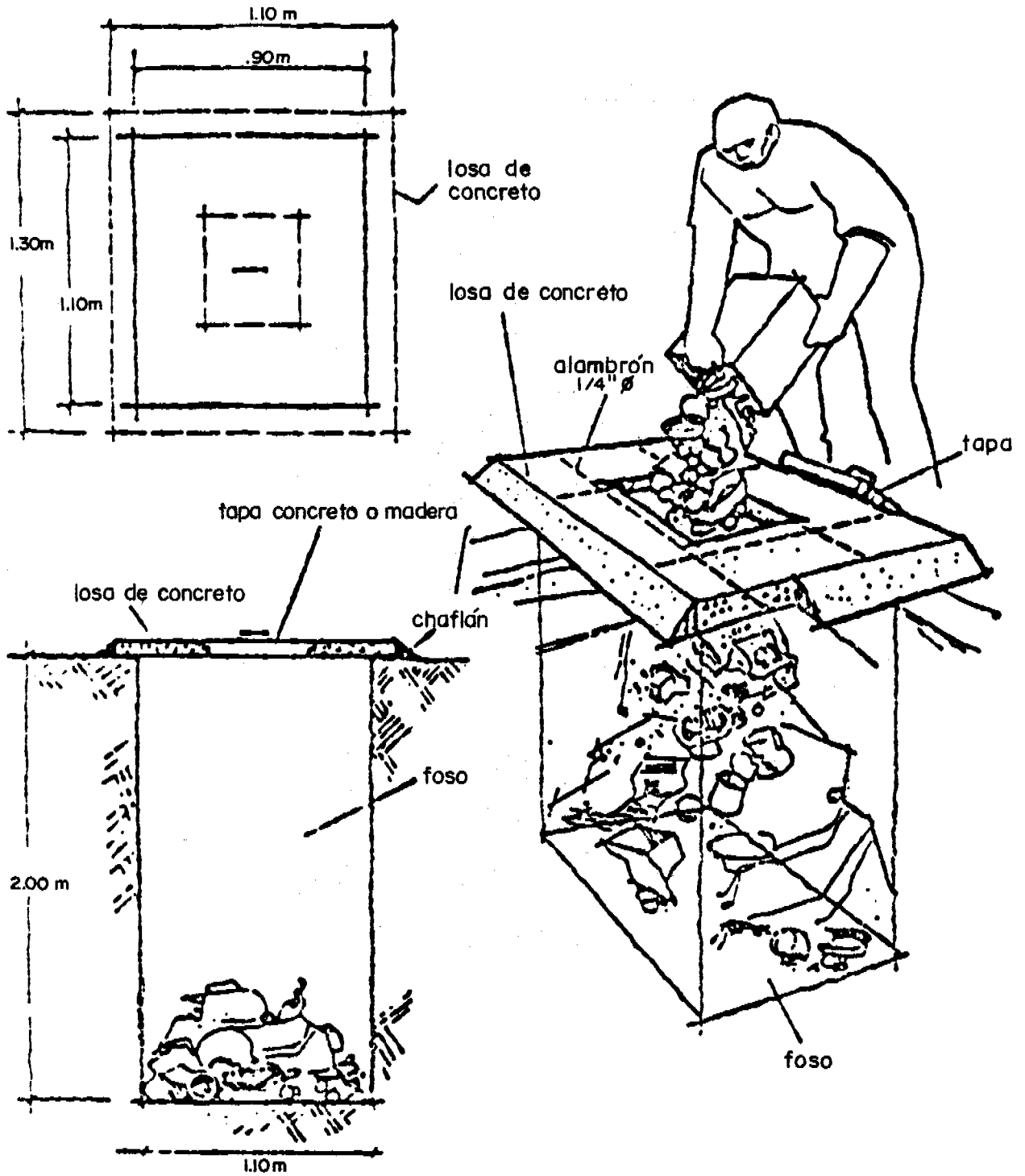
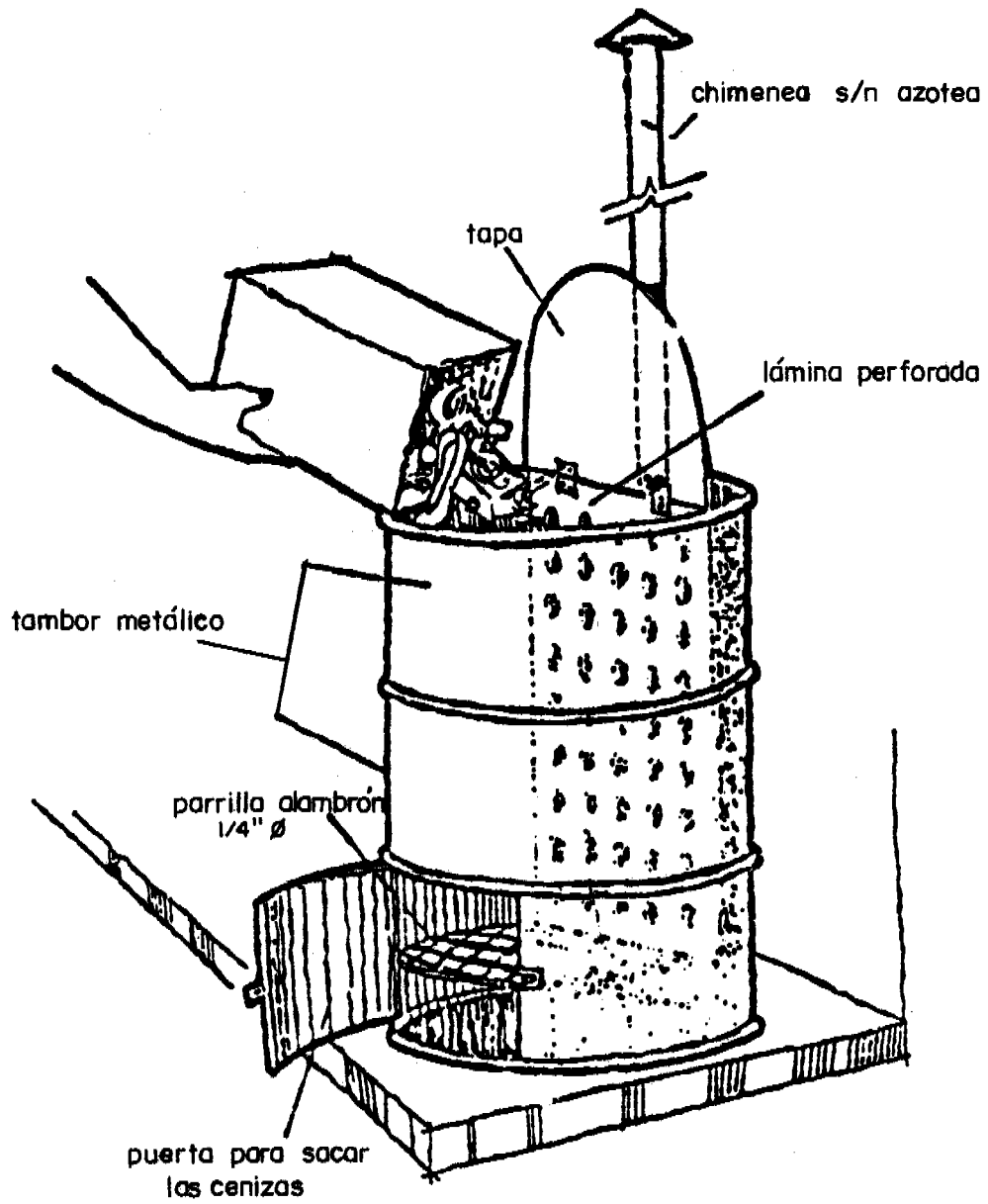


Figura 2. Quemador doméstico para basuras



-En centros hospitalarios que atiendan a enfermos de cólera y otras enfermedades epidémicas, los desechos se deben incinerar diariamente. De no contar con un incinerador, se debe proceder a construir uno. El personal que maneje estos desechos debe estar perfectamente capacitado y utilizar implementos de seguridad como guantes, mascarilla y overol.

### 2.1.3 Riego con aguas residuales.

Al presentarse un brote de la epidemia, se recomienda:

-Efectuar un estricto control de la prohibición del uso de aguas residuales sin tratar en los cultivos de hortalizas de consumo crudo. Destruir los cultivos contaminados.

-Intensificar la vigilancia del control de calidad sanitaria de las aguas de riego y de los productos alimenticios, incrementando significativamente la muestra para los análisis de patógenos específicos y en especial de Vibrio cholerae.

-Desarrollar un plan nacional de ordenamiento de riego de cultivos agrícolas con aguas residuales.

-Implantar un programa de vigilancia de la calidad sanitaria de (OMS/OPS mayo 1991):

a) Las fuentes de abastecimiento de agua para riego agrícola, con especial énfasis en cuencas con descargas directas de desagües, así como en zonas regadas con aguas residuales. Se deberá prohibir el uso de las aguas con niveles mayores a 1,000 coliformes fecales por 100 mL para el riego de hortalizas.

b) Los productos alimenticios que se expenden en los mercados, especialmente aquellos que se consumen crudos, se deben rechazar cuando tengan niveles mayores de 300 coliformes fecales por gramo.

c) El programa de vigilancia debe contemplar un subprograma especial de identificación de patógenos específicos en un 5 % de las muestras.

En ocasiones se recomienda implantar centros de lavado y desinfección de los productos alimenticios que lleguen a los mercados mayoristas. Esta medida debe ser analizada detenidamente, ya que el lavado en masa de productos es de eficacia baja.

### 2.1.4 Disposición de cadáveres.

La manipulación y evacuación de los cadáveres de coléricos u otros enfermos contagiosos, tiene especial importancia desde el punto de vista de la transmisión de la enfermedad. En efecto, los cadáveres se deben considerar como focos de infección y tratarlos como tales. Las medidas recomendadas son:

-El cadáver debe ser manipulado únicamente por personas debidamente capacitadas y protegidas. Deberán lavarse manos y cualquier parte del cuerpo que haya tenido contacto con el cadáver utilizando jabón desinfectante, además se cambiarán la ropa de trabajo con la frecuencia necesaria para mantenerla limpia, y ésta será lavada y desinfectada.

-Los cadáveres se lavan con una solución desinfectante y se envuelven en sudarios impregnados de solución antiséptica a base de cloro, cresol o ácido fénico. Todos los orificios naturales del cadáver se tapan con algodón empapado de desinfectante. Cuando no se dispone de desinfectante puede emplear una capa de cal viva en el ataúd y depositar encima al cadáver. Los ataúdes se cierran tan pronto como se haya depositado el cadáver y por ningún motivo se debe volver a abrir. La ceremonia de entierro deberá durar el mínimo posible.

-El depósito de cadáveres de enfermos contagiosos debe efectuarse en una sala aislada, de no ser así se debe proceder a desinfectar todos los cadáveres sean o no de enfermos contagiosos.

-Además de la desinfección del cadáver se deberá proceder a desinfectar todos los objetos y superficies que hayan estado en contacto con éste.

-La incineración del cadáver sería el método óptimo de disposición, ésta se debe llevar a cabo siempre y cuando no exista objeción por parte de los familiares o si la gravedad de la epidemia lo requiere.

#### 2.1.5. Sistemas de vigilancia y regulación sanitaria

-Se establecerán sistemas de vigilancia y regulación sanitaria en puertos internacionales aéreos, marítimos y pasos fronterizos. Con el fin de llevar a cabo una estrecha vigilancia para detectar personas o alimentos provenientes de áreas infectadas.

-Todos los desechos (líquidos y sólidos) de los transportes provenientes de zonas afectadas se deben desinfectar meticulosamente antes de verterlos al drenaje.

#### 2.1.6. Reforzamiento de laboratorios locales

Se proporcionarán los medios necesarios para el diagnóstico del agente patógeno (Ej. Vibrio cholerae O1). Estos medios implican tanto materiales y equipo, como personal calificado (mayor detalle en el manual Num. 5 de esta serie).

### 2.1.7. Medidas prácticas de ingeniería ambiental

El conocimiento y aplicación de estas medidas disminuirá la probabilidad de que enfermedades infectocontagiosas se arraiguen en una comunidad o país. Las siguientes medidas presentan una idea general de acción a tomar en los diferentes campos:

-Asegurar la desinfección adecuada en los sistemas de agua de la comunidad.

-Instalar sistemas de desinfección en aquellos sistemas de agua que carezcan de ellos.

-En comunidades donde no se puedan efectuar las medidas anteriores, se debe enseñar a la población a desinfectar el agua correctamente.

-Asegurar una eliminación sanitaria de las excretas, en aquellas localidades que carezcan de alcantarillado (construcción y correcta operación de letrinas).

-Debe prestarse especial atención, al suministro e implementación de instalaciones adecuadas para eliminación de excretas en las áreas donde haya grandes aglomeraciones, como cárceles, cuarteles y un caso especial en nuestro país: los campos de refugiados.

-Iniciar campañas para la incineración de desechos provenientes de personas contagiadas.

-Iniciar campañas de quema de basureros clandestinos.

-Prohibir y vigilar el riego con aguas residuales.

-Vigilar y asesorar el correcto manejo de cadáveres infectados.

### 2.2 Medidas a Mediano y Largo Plazo en el Sector Agua.

Independientemente de las acciones inmediatas que se tomen, es necesario establecer las medidas a mediano y largo plazo para iniciarlas y evitar la aparición de otro brote o el establecimiento endémico de la enfermedad.

Las medidas son:

-Se elaborarán proyectos de ingeniería sanitaria destinados a mejorar radicalmente la infraestructura hidráulica tanto en áreas rurales como urbanas. Estos proyectos estarán enfocados a la rehabilitación de las redes de agua y desagüe, instalación de sistemas de cloración de agua para consumo humano y mejoramiento y/o rehabilitación de las plantas de tratamiento.

-Establecer programas de adiestramiento para la construcción y operación de plantas potabilizadoras y de tratamiento, adaptadas a las condiciones locales.

-Se establecerán programas para la construcción de sistemas de alcantarillado, de distribución de agua potable y plantas de tratamiento de agua.

-Dar una correcta disposición a todo desecho sólido susceptible de estar contaminado. Esto implica el mejoramiento de los servicios municipales de recolección y disposición de basuras.

Estas medidas son la única solución a largo plazo para lograr la máxima efectividad en la eliminación de enfermedades infectocontagiosas de transmisión por vía fecal-oral.

Las medidas anteriores son de carácter general y sirven para tener una idea del campo global de actuación. El llevar a la práctica estas medidas, implica poseer una organización adecuada pero sobre todo, disponer de los medios necesarios. En este contexto la estimación del presupuesto requerido es de fundamental importancia para el inicio inmediato de las actividades.

En los siguientes capítulos se presenta una metodología para la estimación de los recursos económicos requeridos.



### 3. ESTIMACION DE LA POBLACION EXPUESTA (OMS/OPS, 1991)

#### 3.1 Evaluación del Area Afectada (y parámetros relacionados)

Al presentarse una epidemia o simplemente la amenaza, es de vital importancia el conocer la verdadera magnitud del problema, para proceder de una manera adecuada y correcta en su combate. Decisiones basadas en desconocimiento o ignorancia, llevarían a efectuar acciones incorrectas, que pondrían en peligro vidas humanas.

La metodología aquí expuesta es de la Organización Mundial de la Salud tiene por objeto delimitar el área de acción y calcular los indicadores de insumos necesarios para combatir y prevenir las epidemias, se aclara que estos indicadores varían según la zona en función de el área geográfica, la cobertura de los servicios de saneamiento en la zona de interés, la estructura demográfica y muy especialmente de la infraestructura disponible para la desinfección del agua. Por lo que la afinación detallada de las necesidades particulares de una zona, se deberá ir efectuando en la práctica.

Por casos de epidemias anteriores y especialmente por el reciente caso del Perú, se sabe que es posible dimensionar el problema. Una vez identificada la zona afectada, se calcula el número de habitantes dentro de ella; diferenciando la población urbana de la rural. Posteriormente, se identifica la población servida con la red de agua potable, alcantarillado, letrinas y la que carece de servicios; usando para esto, los datos más actualizados de que se disponga (FIG 3).

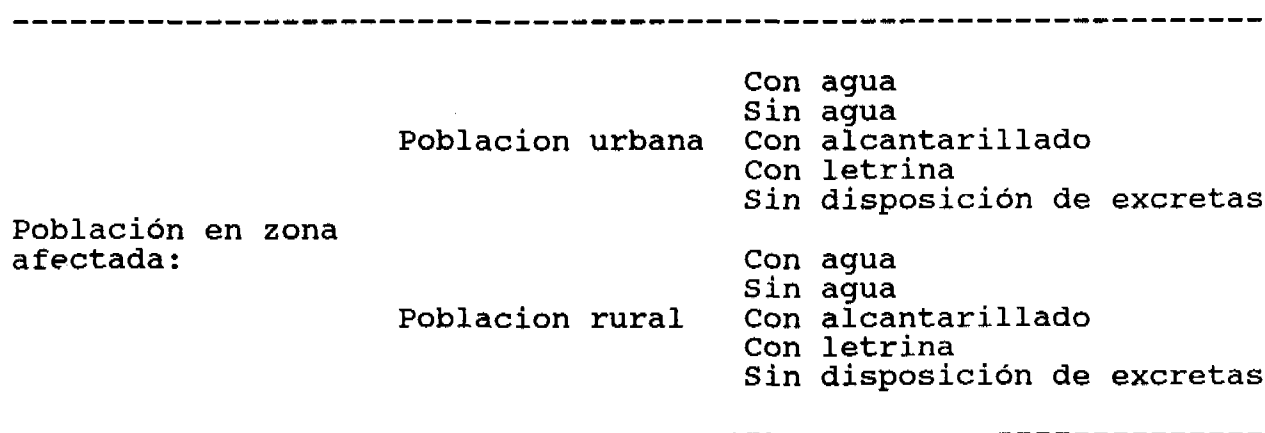


FIG 3. Evaluación de la Población Afectada

La estimación de los recursos requeridos se efectúa para dos tipos de insumos: los de infraestructura que se compran sólo una vez y los de consumo, que requieren gastos recurrentes. Estos últimos se estiman semanalmente por cada 100,000 habitantes y son los que se requerirán en caso de emergencia.

Adicionalmente, se necesitan conocer otros parámetros como: la duración de la epidemia y la incidencia de la enfermedad que con base en la experiencia se estiman en:

- Duración de la epidemia: 10 a 12 semanas.
- Incidencia o morbilidad semanal: 0.1 % de la población total.

#### 4. MEDIDAS DE EMERGENCIA

##### 4.1 Población con Red de Agua Potable Urbana y Rural

Las medidas son:

-En los lugares donde hay equipo de cloración, se debe aumentar la dosis para alcanzar cuando menos una concentración residual de 0.5 mg/l, en los puntos críticos de la red (los más alejados de la planta potabilizadora). A la población se le debe informar que el olor y sabor a cloro es para su protección (ANEXO 1).

Esta cloración de urgencia se debe llevar a cabo no sólo en la central, sino también en puntos estratégicos de la red de distribución como son las estaciones de rebombeo. En los períodos críticos resultan preferibles los dosificadores de cloro en forma gaseosa, por su disponibilidad y fácil manejo. Cuando no se dispone de aparatos de este tipo puede recurrirse a dosificadores de soluciones cloradas.

-En poblaciones con red de abastecimiento, pero que no se cuente con conexiones domiciliarias, es conveniente aumentar la concentración de cloro residual a 1.0 mg/l, para asegurar la desinfección en el lugar y tiempo en que el agua esté almacenada.

-Instalar urgentemente equipos de desinfección de agua en los sistemas o partes de las redes de distribución donde no existan.

-Promover la instalación de sistemas de desinfección de empleo fácil (filtros lentos de arena, iodadores de agua, etc.), en comunidades urbanas marginales o rurales, carentes de sistema de potabilización y que cuenten con red de distribución de agua.

-En los lugares donde no haya equipo de desinfección, recomendar a la población el que se hierva el agua para beber, cocinar, lavar utensilios y manos.

-Intensificar el control de calidad del agua potable y la operación en plantas de tratamiento de aguas y potabilización de abastecimiento como en pozos y galerías de infiltración.

-Intensificar el control y vigilancia del cloro residual y de indicadores bacteriológicos de contaminación. Es muy recomendable el monitoreo específico de Vibrio cholerae 01 durante el estado de emergencia.

##### 4.1.1. Estimación de insumos

##### 4.1.1.1. Gas cloro

Es un insumo recurrente por lo que los requerimientos se deben estimar cada semana y por cada 100,000 hab se calcula a partir de:

$$Cl = [(de-dn) * 7d * 100,000 \text{ hab.} / 1,000,000 \text{ mg/kg}] [Puca/P] [D]$$

$$Cl = 0.7(de-dn) (Puca/P) (D) \quad (1)$$

donde

Cl: kg/semana de gas cloro por cada 100,000 hab.

de: Dosis de emergencia de cloro en mg/L necesaria para garantizar un residual de 0.5 mg/L en los puntos criticos de la red.

dn: Dosis normal de cloro en mg/L que se aplica en situaciones normales.

Puca/P: Porción de la población urbana con agua con respecto a la población total.

D : Dotación en L/hab-d

- Cloradores con inyección de gas al vacío:

Deberán solicitarse completos incluyendo: inyector, difusor, motor y bomba, especificando la capacidad de cada uno. El número de cloradores se calcula como la suma de los necesarios para cada ciudad, en función del número de fuentes de abastecimientos o campos de pozos.

- Cilindros para gas cloro:

El número depende de la cobertura de desinfección en la zona afectada y de las existencias en la zona en estado de emergencia. Para un estimado rápido se calculan 2 cilindros por cada nuevo clorador.

- Máscaras de protección contra gas-cloro:

Se debe contar con igual número de máscaras que de cloradores calculados.

#### 4.1.1.2. Hipoclorito

La estimación de la cantidad de hipoclorito necesaria para satisfacer los requerimientos de la población rural durante la emergencia es función del número de hipocloradores instalados y de aquellos que se puedan instalar durante la emergencia. Es decir que la cantidad de hipoclorito variará semanalmente. La cantidad estará dada por:

$$\text{Hip} = (\text{Prca}/\text{P}) (\text{Cins}/\text{Cnes}) (\text{d}/\text{@}) (\text{D} \cdot 100,000 \text{hab} \cdot 7 \text{d} / 1,000,000 \text{mg}/\text{l})$$

$$\text{Hip} = (\text{Prca}/\text{P}) (\text{Cins}/\text{Cnes}) (\text{d}/\text{@}) (\text{D} \cdot 0.7) \quad (2)$$

donde

- Hip: Cantidad de hipoclorito por semana por cada 100,000 hab.
- Prca/P: Relación de la población rural con agua a la total en la zona de emergencia.
- Cins: Número de hipocloradores instalados en las localidades rurales con agua.
- Cnes: Número total de hipocloradores necesarios.
- d: Dosis de hipoclorito que se requiere aplicar para lograr un residual de 0.5 mg/L en los puntos críticos. Determinado en campo.
- @: Pureza del compuesto de hipoclorito.
- D: Dotación promedio en L/hab/día en las zonas rurales con agua.

- Hipocloradores:

El número de hipocloradores necesarios es de uno por cada comunidad rural de 500 hab de población promedio. Para estimar esta cantidad, se puede suponer que el número de localidades está dado por la población rural con agua dividido entre el tamaño promedio de las poblaciones rurales (500 hab). Así por cada 100,000 hab de la zona de emergencia se tendrá:

$$\text{NHip} = (\text{Prca}/\text{P}) (100,000 \text{ hab} / 500 \text{ hab}) * \text{C}$$

$$\text{NHip} = 200 (\text{Prca}/\text{P}) * \text{C} \quad (3)$$

donde

- NHip : Número de hipocloradores por cada 100,000 hab de la zona de emergencia.
- Prca/P : Relación del número de habitantes rurales con agua a la población total.
- C: Cobertura del plan de emergencia que incluye el porcentaje de ciudades que no tienen hipoclorador y el porcentaje de ellas que pueden ser alcanzadas por el programa de emergencia.

#### 4.2. Población sin red de agua potable: Población urbana y rural

En estos casos las acciones son:

- Distribuir entre la población pastillas de cloro o soluciones de yodo con indicaciones claras para su uso.
- Divulgar información para el empleo de las diferentes formas de cloro disponibles en el mercado como blanqueadores o cloro para piscinas (ANEXO 1).
- Recomendar el hervido del agua para beber y para el lavado de utensilios de cocina y de las manos. La desinfección de V. cholerae se logra al primer hervor (ANEXO 1).
- Recomendar el lavado y desinfección con soluciones de cloro de todos los recipientes para almacenar agua en las casas y en instituciones como: hospitales, escuelas, cuarteles, mercados, cárceles, etc.
- Identificar las fuentes y medios de distribución de agua potable en la zona e intensificar la desinfección y control de la calidad del agua. Propiciar la entrega de agua a estas zonas por camiones-cisterna debidamente desinfectados.
- En la distribución de agua por medio de camiones-cisterna, se debe prever la desinfección adecuada de las cisternas y la aplicación suplementaria de cloro para proteger el agua contra los riesgos de una operación poco cuidadosa. Una concentración de cloro residual de 2.0 mg/L ayudará a compensar la posible contaminación de depósitos domésticos (OMS/OPS, 1991).
- Proporcionar asesoría a la población para aplicar las tecnologías de otro tipo de tecnologías disponibles tales como: filtros lentos de arena o filtros de cantera (ANEXO 2). Los filtros de arena son recomendables para escuelas, cárceles, mercados etc. o comunidades pequeñas de menos de 2,500 hab y núcleos suburbanos donde no haya agua potable.

##### 4.2.1. Estimación de insumos.

###### 4.2.1.1. Pastillas de cloro:

Estas pastillas se utilizan para apoyar a la población de escasos recursos que tiene dificultades para sufragar los costos de hervir el agua en las zonas donde no se cuenta con red de distribución. Tanto en las zonas urbanas como rurales se debe aplicar un coeficiente de cobertura, ya que no se puede pensar en que el 100% de la población quede cubierta. Se considera que cada habitante consume 5 litros diarios de agua, que requiere desinfección y que cada pastilla tipo "Halozone" o similar, desinfecta un litro de agua. La cantidad semanal de pastillas por cada 100,000 hab esta dada por:

$$\text{Past} = (\text{Cr} \cdot \text{Prsa}/\text{P} + \text{Cu} \cdot \text{Pusa}/\text{P}) (5\text{l}/\text{hab}/\text{d}) (7\text{d}) (100000 \text{ hab}) (1\text{Past}/\text{L})$$

$$\text{Past} = 3,500,000(\text{Cr} \cdot \text{Prsa}/\text{P} + \text{Cu} \cdot \text{Pusa}/\text{P}) \quad (4)$$

donde

- Past: Número de tabletas de cloro por semana por cada 100,000 hab
- Prsa/P: Proporción de la población rural sin agua en la zona de emergencia con respecto a la población total.
- Cr: Cobertura del plan de emergencia en la población rural sin agua.
- Pusa/P: Porción de la población urbana sin agua con respecto a la total en la zona de emergencia.
- Cu: Cobertura del plan de emergencia en la población urbana sin agua.

#### 4.2.2. Desinfección de pozos (OPS/OMS, 1991)

En casos de urgencia, la desinfección de pozos excavados puede ser el método más práctico de protección. Existen diversos procedimientos sencillos y eficaces para aplicar una dosis constante de cloro al agua.

Uno de estos métodos es en la fabricación de un dosificador casero. Este consiste en un bote exterior de aproximadamente 30 cm de altura y 25 cm de diámetro, con tapa y un bote interior de 28 cm y 16 cm respectivamente. El bote exterior tiene un orificio de 1 cm de diámetro en la parte superior cerca del borde, mientras que el bote interior tiene otro de las mismas dimensiones situado a 4 cm de la base. El bote interior se llena hasta 3 cm por debajo del orificio con una mezcla de 1 kg de hipoclorito de calcio y 2 kg de arena gruesa (granos de 2 mm de diámetro) ligeramente humedecida con agua. Posteriormente se introduce en el bote externo y se cierra la boca de éste. El empleo de dos botes permite utilizar orificios mayores sin riesgo de cloración excesiva (FIGURA 3).

El sistema se hace descender mediante una cuerda al interior del pozo, hasta que quede sumergido por lo menos a un metro de profundidad, para que las cubetas que sacan agua no lo deterioren. Este sistema ha dado resultados satisfactorios

durante 2 ó 3 semanas en pequeños pozos domésticos de aproximadamente 4500 litros, de los que se extraen de 360-450 litros diarios.

En ocasiones se tiene el problema de que la cantidad de cloro dosificado en inicio es muy alta e insuficiente al final. Para controlarlo se deben hacer pruebas piloto para ajustar el periodo de uso, cantidad de reactivos y tamaño de orificios.

Una vez probado el funcionamiento se deben enseñar a la población a percibir mediante el olor y sabor la dosis adecuada de cloro. En caso de que se perciba un exceso dejar reposar el agua para que el cloro se volatilice.

Otra opción es añadir directamente pastillas de cloro al pozo. Esta medida requiere conocer la demanda previa de pastillas y tiene la desventaja de que se requiere añadir cantidades importantes de éstas periódicamente para mantener el cloro en un nivel aceptable en todo el pozo.

#### 4.2.3 Desinfección de agua utilizando cloro disponible en el comercio (OPS/OMS, 1991).

Para fines de desinfección son útiles aquellas marcas de cloro comercial que contengan únicamente hipoclorito de sodio o calcio en su formulación.

En el caso de productos blanqueadores debe verificarse que estos no contengan ningún tipo de detergentes, aromatizantes o metales pesados.

Para preparar una solución desinfectante de cloro se agrega a un litro de agua 4 cucharaditas (16 gramos) de hipoclorito para uso en albercas o 10 cucharaditas (40 gramos) de polvo blanqueador de ropa (sin detergentes).

Esta solución desinfectante se agrega en la cantidad de agua señalada en la TABLA 1.

TABLA 1 Dosis de Solución Desinfectante de Cloro Casera para Purificar Agua (OMS/OPS; 1991)

---

Cantidad de agua (litros)*	1	50	4550
Solución desinfectante	3 gotas	1 cucharadita	1 litro

---

\* El agua tratada con esta solución debe dejarse reposar de 20 a 30 minutos antes de utilizarla.



Otra opción es la desarrollada en el CIECCA con blanqueadores líquidos comerciales disponibles en México, los cuales mostraron ser adecuados, por su mínimo contenido de metales pesados y otras sustancias (TABLA 2).

TABLA 2 Blanqueadores comerciales que cumplen con la concentración requerida (CIECCA, 1991).

Clorinol	Cloralex	Cloromex	Clorox	Cloralex (floral)
Cloralex (limón)	Patitos			

El procedimiento consiste en agregar 5 gotas de blanqueador a 10 litros de agua y dejar de reposar de 20 a 30 minutos. Este procedimiento tiene la ventaja de una mayor facilidad de preparación.

#### 4.3. Insumos para Vigilar la Calidad del Agua Potable.

Para complementar el programa de desinfección del agua se deberá establecer un estricto programa de vigilancia, por lo que se requerirá complementar el equipo y los reactivos que se usan normalmente.

##### 4.3.1 Comparadores colorimétricos para análisis de cloro residual.

A reserva de realizar una estimación precisa para determinar el número de comparadores necesarios para la vigilancia de la calidad del agua de la red, una estimación rápida consiste en dotar con 4 comparadores por cada 100,000 hab. en zonas urbanas y un comparador por cada 1000 hab en zonas rurales. Además debe haber un comparador por cada hipoclorador instalado. En zonas urbanas sin agua es conveniente organizar la autovigilancia de la calidad del agua que se entrega por medio de camiones cisterna tanto al momento de la entrega como durante su almacenamiento.

El cálculo es el siguiente:

$$\text{Comp} = (\text{Pusa}/\text{P}) (100,000 \text{ hab}/1000 \text{ hab}) + 4(\text{Puca}/\text{P}) + \text{NHip}$$

$$\text{Comp} = 100(\text{Pusa}/\text{P}) + 4(\text{Puca}/\text{P}) + \text{NHip} \quad (5)$$

donde

Comp: Número de comparadores necesarios

Pusa/P: Proporción de la población urbana sin agua respecto a la total.

Puca/P: Proporción de la población urbana con agua respecto a la total.

La estimación anterior no considera poblaciones rurales sin agua, ya que sólo analizarían lugares con sistemas de cloración instalados.

- Tabletillas o almohadillas de DPD para determinar cloro libre residuales:

El número de pruebas que se deben efectuar debe ser determinado en forma precisa, sin embargo para estimaciones prácticas se proponen 50 determinaciones por comparador a la semana en las zonas urbanas y 14 en las rurales.

$$DPD = 50[100 \text{ Pusa/P} + 4 \text{ Puca/P}] + 14NHip \quad (6)$$

donde

DPD: Número de tabletas o almohadillas de DPD para una semana por cada 100,00 hab. en la zona de emergencia.

#### 4.3.2. Equipos portátiles para análisis bacteriológicos del agua

En zonas rurales alejadas de los laboratorios se requieren de equipos portátiles para análisis bacteriológico del agua. Para estimaciones rápidas se proponen 2 equipos por cada zona de vigilancia establecida que cubra en promedio PPR habitantes.

$$B = (100,000 \text{ hab/ PPR}) * 2$$

$$B = 200,000/ \text{ PPR} \quad (7)$$

donde

B : Número de equipos portátiles por cada 100,000 hab.

PPR: Población promedio en las zonas de vigilancia.

- Juego de reactivos y artículos de consumo para análisis bacteriológico:

Para utilizar los equipos anteriores se requiere de un juego de reactivos, filtros-membrana etc. Se estima que durante la emergencia cada equipo pueda realizar 250 determinaciones por semana:

$$J = 250 * B \quad (8)$$

donde

J: Número de juegos de reactivos y materiales para los análisis, de una semana por 100,000 hab.

#### 4.4. Recomendaciones para la Población Urbana y Rural con Alcantarillado

Para la población en general y para instituciones como cárceles, escuelas, mercados etc. recomendar la desinfección periódica de excusados con productos desinfectantes, el lavado de manos después de defecar, y el arrojar el papel higiénico al excusado.

En casas, clínicas u hospitales en donde haya enfermos, mezclar sus vómitos, papeles higiénicos y excretas con productos desinfectantes como cresol o blanqueadores; o soluciones ácidas o básicas previamente preparadas, estas pueden ser a base de Acido Muriático o sosa (pH menor a 3.5 y mayor a 12 respectivamente). Después de un tiempo de contacto de 15 minutos, se arrojarán al excusado.

#### 4.5. Recomendaciones para la Población Urbana y Rural con Letrinas

- Pedir autovigilancia por parte de la población para evitar la defecación a cielo abierto.
- Recomendar la limpieza de los pisos y cubiertas de las letrinas con algún compuesto clorado, y el uso diario de una capa de cal viva dentro del pozo de la letrina.
- Para el desalojo de desechos provenientes de enfermos, desinfectar con soluciones desinfectantes, o soluciones ácidas o básicas por 15 minutos antes de depositarlos en las letrinas. (inciso anterior).

##### 4.5.1. Estimación de insumos. Cantidad de cal requerida

Los insumos requeridos, generalmente son provistos por la misma población o instituciones implicadas. El principal material es la cal viva.

Para establecer un programa de entrega de cal para apoyar a las poblaciones que carecen de servicio de alcantarillado, en el control de excretas de enfermos, la cantidad necesaria se calcula

bajo las siguientes suposiciones: el 0.1 % de la población se verá afectada (morbilidad) y, se usarán 10 kg/d de cal por cada enfermo. Es decir:

$$\text{cal} = (\text{Pucl}/P + \text{Pusd}/P) * 0.1/100 * 10 \text{ kg/día} * 100,000 \text{ hab} * 7 \text{ d}$$

$$\text{cal} = 7000 (\text{Pucl}/P + \text{Psd}/P) \quad (9)$$

donde

- cal: cal viva en kg/semana por cada 100,000 hab de la zona afectada.
- Pucl/P: Proporción de la población urbana con letrinas de la población total.
- Pusd/P: Proporción de la población urbana sin disposición de excretas a la población total.

Estimaciones similares podrían hacerse para otros tipos de desinfectantes.

#### 4.6 Medidas para la Población sin métodos de disposición de excretas

En este punto cabe mencionar la situación de los campos de refugiados existentes en el sur de nuestro país, como objetivos de especial atención, por ser poblaciones muy susceptibles de infección y propagación de la enfermedad.

De tener la capacidad a corto plazo, se debe proceder a la construcción de letrinas, ya sean comunales o para cada familia (ANEXO 3).

De no ser posible se deberán excavar hoyos de aproximadamente 0.3x0.3 m y 0.5 m de profundidad para defecar, cubriendo con tierra y cal cada vez que se utilice.

Los desechos de enfermos, se deberán desinfectar con soluciones desinfectantes o con soluciones ácidas o básicas por 15 min, para después proceder a enterrarlas (inciso 4.3)

## BIBLIOGRAFIA

- Weber, Walter J., Jr., 1972, Physicochemical Processes for Water Quality Control, U.S.A., John Wiley & Sons, Inc., 640 pp.
- Joint committee of the ASCE and the WPCF, 1977, Wastewater Treatment Plant Design, U.S.A., Lancaster Press, Inc., manual of practice No. 8, 560 pp.
- Clifford White Geo., 1974, "Disinfection: Present and Future", J. American Water Works Association , Vol. 66, núm 12, E.U.A., pp 689-690.
- Sletten Owen, 1974, "Halogens and Their Role in Disinfection", J. American Water Works Association , Vol. 66, núm 12, E.U.A., pp 690-692.
- ASCE, AWWA and CSSE, 1969, Water Treatment Plant Design, New York, N.Y., American Water Works Association, Inc., 3rd print, 353 pp.
- Metcalf & Eddy, Inc., 1979, Wastewater Engineering: treatment, disposal and reuse, U.S.A., Mc Graw-Hill series in water resources and environmental engineering, 2nd. edition, 920 pp.
- Clifford White Geo., 1975, "Disinfection: the last line of defense for potable water", J. American Water Works Association , Vol. 67, núm. 8, E.U.A., pp 410-413.
- Kirchmer, Cliff, J., 1977, "Desinfección", Manual del curso sobre tecnología de tratamiento de agua para países en desarrollo, Lima, Perú, CEPIS, 18 pp.
- Krivoshein, Yu.S., Piatkin, K.D. 1981, " Microbiología", MIR, Moscú. URSS, , pp 331-338.
- OPS/OMS, 1991 "Pautas para el control del Cólera",
- Seminario Nacional sobre potabilización del agua en pequeñas poblaciones, México, 1989.
- OPS/OMS, 1991. "Medidas Preventivas en el Sector Ambiental para enfrentar la amenaza del Cólera", Programa de Salud Ambiental (HPE),
- Araoz de J., Subrahmanyam, D.V., 1960. "El Saneamiento del Medio en la Lucha contra el Cólera", OMS,
- OMS/OPS, 1991 "Guía para la Prevención y Control del Cólera", Ecuador.
- SS, (CEDAT), 1990 "Manual del Equipo Integral del Agua".

IMTA, "Cómo Construir un Filtro Lento de Arena para Purificar Agua".

Cox R. C., 1964, "Operation and Control of Water Treatment Process", WHO, Monograph Series Num. 49

IMTA-CIECCA, 1990 Reporte Técnico sobre Filtros de Cantera. México.

## ANEXO 1 METODOS DE DESINFECCION

### A.1.1. Generalidades

La desinfección es un proceso en el cual se destruyen o se inactivan de alguna forma organismos patógenos (productores de enfermedades). Este proceso se puede realizar mediante tratamientos fisicoquímicos que incluyen: aplicación directa de energía térmica; radiaciones ultravioleta, gamma, X y microondas; ruptura ultrasónica; o adición de reactivos químicos, siendo este último método el más común para desinfectar las aguas y aguas residuales (Weber, 1972, Joint Committe, 1977).

Los organismos patógenos se destruyen y/o se remueven en grandes cantidades durante el curso de las operaciones de tratamiento de agua tales como: coagulación, sedimentación, filtración, ablandamiento con cal-carbonato y adsorción. Más aún, los organismos patógenos normalmente sufren de mortandades significativas durante el almacenamiento del agua en cuerpos de agua protegidos y en los sistemas de distribución, aún en la ausencia de desinfectantes. Sin embargo, la inclusión de un paso específico de desinfección es una práctica común en el tratamiento de aguas y aguas residuales para asegurar la protección contra enfermedades cuyo vehículo es el agua.

El mecanismo de destrucción depende de la naturaleza del desinfectante y del tipo de organismos, y comprende cuando menos dos pasos: penetración a través de la pared celular y reacción con los sistemas enzimáticos celulares. Agentes químicos tales como el ozono, dióxido de cloro y cloro son capaces de tener reacciones oxidativas con compuestos orgánicos, por lo que producen desinfección por degradación química de los sistemas enzimáticos. La aplicación directa de energía calorífica, radiación de onda corta o disrupción ultrasónica produce esencialmente destrucción física.

La velocidad de desinfección no es instantánea en la mayoría de los procesos y depende de una serie de factores que incluyen: la naturaleza y concentración del desinfectante, la temperatura y pH del medio, así como la concentración de materia orgánica presente.

La selección de un método de desinfección específico depende entre otros factores, del tipo y uso del agua a tratar, de su volumen y de los factores económicos imperantes.

### A.1.2. Método Térmico

La aplicación directa de calor es uno de los más antiguos y seguros métodos de desinfección del agua. Se puede llegar casi a la esterilización del agua mediante su ebullición. Los microorga-

nismos formadores de endoesporas son relativamente resistentes al calor, pero las enfermedades ocasionadas por estos raramente se transmiten a través del agua.

La muerte térmica sobreviene por la destrucción de sistemas enzimáticos. El V. cholerae, por no ser esporulado ni encapsulado no presenta una alta resistencia térmica por lo que muere a 56°C en 15 min a 80°C en 5 min y a 100°C la muerte es inmediata (Krivoshen P., 1981)

La desinfección de grandes volúmenes de agua mediante su calentamiento no es un método factible por razones económicas. Sin embargo, las autoridades encargadas del control de calidad del agua recomiendan hervir el agua siempre que exista un peligro de contaminación en el suministro.

### A.1.3. Cloración

La cloración es el método de desinfección más ampliamente usado por su relativa sencillez de aplicación, su costo y su alto grado de confiabilidad. Sin embargo, su aplicación debe estar perfectamente controlada, ya que el cloro reacciona con compuestos orgánicos formando compuestos trihalometanos, que en cantidades considerables resultan carcinogénicos.

La acción desinfectante del cloro la realiza el ácido hipocloroso, forma hidrolizada del cloro en solución. Debido a que la molécula del ácido hipocloroso es un desinfectante más poderoso que el ión hipoclorito, la distribución relativa de estos iones es función del pH, por lo que este es una variable de operación. Para mejorar la eficiencia bactericida se recomienda operar entre un pH de 5 a 7. En estas condiciones es posible tener formas de cloro libre en solución que se les denomina cloro libre residual, y constituyen el parámetro fundamental de los procesos de desinfección.

En aguas con presencia de amoníaco o compuestos nitrogenados el cloro reacciona formando cloroaminas. En estos casos se obtiene un cloro residual combinado. El poder desinfectante de las cloroaminas es menor que el del cloro libre por lo que se deben evitar.

La presencia de compuestos de nitrógeno orgánico, tales como aminoácidos y proteínas puede producir un sistema de residuales inestables, ya que la reacción entre estos compuestos y los residuales libres remanentes puede durar días antes de llegar a su terminación, además los compuestos de N-cloro producidos, usualmente producen problemas de sabor y olor, por lo que se sugiere que el contenido de nitrógeno orgánico en suministros de agua cruda se limite a 0.3 mg/L (Clifford, 1975).



La eficiencia de la cloración depende de factores como: la concentración del desinfectante, la forma química del cloro (libre o combinado), el tiempo de contacto, la calidad del agua (temperatura, pH, turbiedad, contenido orgánico etc.)

#### A.1.3.1. Tipos de Cloración

##### Cloración libre residual.

El cloro libre residual es obtenido fácilmente en aguas con baja demanda de cloro o puede lograrse mediante cloración más allá del punto de ruptura (situación de máxima pérdida de cloro libre) en aguas que tienen cantidades significativas de contaminantes en forma reducida. El mantenimiento de cloro libre residual dentro de una planta de tratamiento de aguas, minimiza el crecimiento de microorganismos y lamas sobre los filtros lentos de arena y en los tanques de sedimentación. El cloro libre facilita la remoción de agentes reductores inorgánicos (tales como:  $H_2S$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ), y algunas veces mejora el comportamiento de la coagulación en ciertas aguas (Clifford, 1975) (ASCE, AWWA and CSSE, 1977).

##### Cloración residual combinada.

Esta es particularmente aplicable en la post-desinfección. Las ventajas de contar con residuales de cloro combinado, que persisten por períodos largos después de la cloración tales como cloroaminas, son las siguientes:

- a) Control de posteriores crecimientos algales y bacterianos.
- b) Reducción de círculos viciosos en relación con los problemas de agua roja en los sistemas de distribución.
- c) Protección bactericida del agua potable contra recontaminación.

La cloración residual combinada puede obtenerse en varias formas, dependiendo de la naturaleza química del agua. Aguas que contienen poco o nada de amoníaco requieren la adición de cloro y amoníaco para obtener un residual combinado. Si el amoníaco es suficiente para producir un nivel deseable de cloro residual combinado, se requiere solamente la adición de cloro. El amoníaco, por otro lado, es comunmente agregado a las aguas que contienen cloro residual libre para producir un residual combinado más persistente, tal como los producidos en la cloración al punto de ruptura o los intermediarios de la cloración. En la TABLA A.1 se presentan las principales formas de cloro comercial.

TABLA A.1 PRINCIPALES FORMAS COMERCIALES DEL CLORO

Producto Químico	Forma física	Cloro disponible	Observ.
Cloro	gas	100 %	Peligroso
Hipoclorito de Sodio	líquido	10 %	Descompuesto por luz y calor.
Hipoclorito de Calcio	sólido	70 %	Muy estable.
Cal clorada	sólido	25 %	Poco estable.

Fuente: Seminario Nacional sobre la potabilización del agua en pequeñas comunidades, México 1989.

#### A.1.4. Otros métodos de desinfección

##### A.1.4.1. Ozonación

El ozono ha sido utilizado como desinfectante y para remover olores y sabores del agua con mucho éxito. El ozono es una forma muy oxidante del oxígeno que generalmente se obtiene haciendo pasar aire seco y filtrado a través de una celda, donde por descargas de alto voltaje parte del oxígeno del aire pasa a formar ozono (O<sub>3</sub>). Este ozono por su alto poder oxidante, es muy inestable, por lo que su generación se debe realizar in situ.

El equipo necesario en una planta de tratamiento constan de: filtros de aire, sopladores, secadores, generadores de ozono e instalaciones de absorción o inyección de la mezcla. El control de la cantidad de ozono se efectúa por medio de un equipo indicador de la concentración de ozono en el agua tratada o mediante la prueba con ortolidina.

Después de un período de contacto de 30 min. ya no se encuentra ozono presente, esta es una gran ventaja ya que no se presentarán olores ni sabores secundarios ocasionados por la ozonización. Otro beneficio de este proceso es la reducción del color hasta en un 50 % ocasionada por el poder blanqueador del ozono.

La ozonización es un método muy atractivo de desinfección de agua y de control de olores y sabores. El gran inconveniente son los altos costos del equipo y de la energía eléctrica en comparación con el proceso de cloración, aunado al gran mantenimiento y operación especializada que se requiere.

### A.2.2. Luz Ultravioleta

La utilización de radiación ultravioleta para la desinfección de agua es un método muy seguro pero en realidad poco empleado, sobre todo en plantas de tratamiento.

Este método requiere de agua completamente clarificada, por lo que su aplicación se limita a la esterilización de aguas ya tratadas por otros métodos.

Además de que el equipo para esta operación es costoso, se deben cuidar algunos detalles como: la limpieza de las lámparas y el asegurarse de que no existe Fe presente en solución, ya que este absorbe la radiación, disminuyendo el poder bactericida.

## ANEXO 2 FILTROS

### A.2.1. Introducción

La correcta utilización de los sistemas filtrantes nos proporciona un método efectivo para la purificación de agua.

En el caso concreto de desinfección de aguas contaminadas con Vibrio cholerae, tenemos que el microorganismo es relativamente grande: varía en longitud de 1.5 a 3 micras y 0.5 de diámetro; estas características hacen que éste se elimine fácilmente en los procesos de tratamiento de aguas como la floculación, sedimentación y la filtración rápida y lenta en filtros de arena.

### A.2.2. Filtro Lento de Arena Casero

#### A.2.2.1. Generalidades

Estos filtros son muy útiles, fáciles de construir y efectivos para remover bacterias si se operan en forma adecuada.

La operación consiste en el paso de agua por el medio filtrante, que en este caso es arena, la cual impide el paso de partículas sólidas presentes en el agua; y además favorece la producción de un fenómeno biológico que retiene a los microorganismos.

Conforme el agua va pasando entre los gránulos de arena, los microorganismos presentes se adhieren a la superficie formando una capa biológica. Este fenómeno se interrumpe si la arena llega a secarse, por lo que es indispensable que ésta siempre se mantenga húmeda. Para esto es conveniente que se instale el filtro en lugares donde se disponga de agua en forma permanente o conectar al filtro a un tanque de alimentación.

Este tipo de filtro tiene sus limitaciones, no puede remover el 100% de los microorganismos, ni tampoco sales, metales, ni algunos compuestos orgánicos.

El filtro proporciona un mínimo de 30 y un máximo de 60 litros por hora de agua filtrada.

Estos filtros son recomendables para escuelas, comunidades pequeñas de menos de 2500 hab y núcleos suburbanos donde no haya agua potable.

#### A.2.2.2. Construcción

Un filtro de arena casero se construye con un barril de acero, fibra de vidrio o de material plástico (de preferencia), de 200 litros y arena limpia de un tamaño aceptable de 0.1 a 1.0 mm. El tamaño preferible es de 0.2 a 0.5 mm. Además se emplean tubos de acero, de PVC, válvulas, empaques y otros accesorios propios para la instalación.

Después de lavar perfectamente el barril (y pintarlo con pintura de aceite anticorrosiva color negra por dentro y blanca por fuera, si el barril es metálico), se coloca sobre una superficie nivelada y firme cerca de la toma de agua o preferentemente junto al tanque de almacenamiento.

A 15 cm del borde superior se hace una perforación para el tubo de entrada del agua, es conveniente colocarle un flotador con una válvula check para así controlar el nivel.

En el fondo del tanque se coloca un tubo de aproximadamente 80 cm de largo con perforaciones de no más de 3 mm a cada 4 cm en ambos lados, para el drenaje del agua. Este tubo saldrá por una perforación a 3 cm del fondo del tanque y del lado opuesto al de tubo de entrada.

Con un tamiz comercial con abertura de malla de 1.5 mm se criba la arena, después se lava con agua (clorada de preferencia) tantas veces como sea necesario para remover la materia orgánica presente y otros contaminantes. La grava se criba con una malla de 8 mm y se procede en la misma forma. Aproximadamente se requieren de 10 cubetas de arena y una de grava para la correcta operación del filtro.

Antes de llenar el tanque con la arena se procede a desinfectarlo. Para esto se puede utilizar un taza de blanqueador comercial agregada al tanque lleno de agua, se esperan 30 min. y se tira el agua.

#### A.2.2.3. Operación

Una vez desinfectado se agrega la grava hasta un nivel de 5 cm, después se agregan 60 cm de arena para alcanzar 65 cm de altura en el tanque; se debe colocar una ladrillo o piedra plana justo debajo del chorro del agua para evitar que esta al caer forme un agujero en la arena

El filtro debe ir tapado, pero la tapa debe permitir el paso de aire.

Terminado lo anterior se procede a conectar la alimentación exterior del agua del filtro; para ello se recomienda que la entrada de agua provenga directamente de un tanque de almacenamiento o tinaco de manera que el suministro de agua no se interrumpa nunca.

Con el fin de que se forme la capa biológica en la superficie de la arena, hay que poner a trabajar el filtro por 8 días. Para esto se comienza a llenar el tanque, una vez lleno se abre muy poquito la llave de salida, y se deja goteando por 8 días. A los 8 días se cierra la llave de salida y el filtro queda listo para operar.

#### A.2.2.4. Mantenimiento y recomendaciones

Cuando el agua salga turbia o su cantidad haya disminuido en forma considerable, se debe dar mantenimiento al filtro.

Para dar mantenimiento se deben seguir los siguiente pasos:

- a) Detener el funcionamiento del filtro.
- b) Remover de 2 a 3 cm de arena de la parte superior.
- c) Reiniciar la operación siguiendo los pasos descritos anteriormente.

#### Recomendaciones:

Cuando la capa de arena llegue a tener 40 cm de altura, luego de 5 o 6 limpiezas, se deberá remover toda la arena y grava del filtro y llenarlo con nuevo material, siguiendo los pasos señalados anteriormente.

Cuando el agua del filtro salga turbia o disminuya significativamente el tiempo del agua filtrada, no debe beberse.

Recuerde que el filtro de arena no remueve todos los microorganismos causantes de enfermedades, por lo que es muy importante el poder analizar la calidad del agua antes de ser usada.

La arena deberá permanecer mojada todo el tiempo. En caso de que llegará a secarse, se deberá sustituir con arena y grava limpias y reiniciar de nuevo la operación.

Es conveniente construir dos filtros, para que cuando a uno se le de mantenimiento, el otro continúe proporcionando agua filtrada. (FIGURA A.2.1)

#### A.3. FILTROS DE CANTERA

Este tipo de filtros de manufactura artesanal, han mostrado ser eficientes para la purificación de agua. Entre los filtros de este tipo, aquellos fabricados de cantera café resultan ser los más efectivos.

En estudios realizados (IMTA, 1990), se ha encontrado que estos filtros pueden llegar a eficiencias muy altas, con una correcta operación y sobre todo asegurando un abastecimiento de agua no contaminada.

Por lo anterior se recomienda la utilización de filtros de este tipo como barrera adicional para la prevención de enfermedades diarreicas.

### Cuidados y recomendaciones:

Para asegurar un alto grado de eficiencia se recomienda seguir los siguientes pasos operativos:

-Lavar el filtro de cantera café por dentro y por fuera con agua y una escobeta y a continuación trabararlo por tiempo indefinido.

-En caso de que se sospeche que el filtro esté contaminado o presente residuos de algún material adherido:

- a) Llenar de agua y agregar 1 mL de cloro comercial por cada 5 L de agua adicionada o su fracción equivalente.
- b) Dejar reposar el filtro de una a dos horas, previo mezclado del contenido.
- c) Enjuagar perfectamente el filtro con agua y llenar con el agua que desea potabilizar, para iniciar su operación normal.
- d) Tirar el agua recolectada durante las primeras dos horas y reponga el agua gastada. Registre el tiempo en este punto y permita que el filtro opere por tres días seguidos, cuidando que el filtro esté siempre lleno de agua.
- e) Una vez transcurridas estas 72 horas, vuelva a lavar el filtro por dentro y por fuera, con agua y una escobeta y trabájese por tiempo indefinido.
- f) En caso de que le quede al filtro alguna mancha o adherencia, repita todos los pasos anteriores.

-Cuando el filtro se encuentra húmedo, manéjelo con mucho cuidado ya que su fragilidad aumenta con la humedad.

-Nunca guarde el filtro sucio.

-El filtro deberá contar con una tapa que puede ser de la misma cantera, de madera o de manta, y además deberá estar protegido contra todo tipo de insectos mediante una pantalla de alambre y madera o de cualquier otro material.

-El recipiente donde se recolecte el agua filtrada, deberá tener protecciones similares a las del filtro.

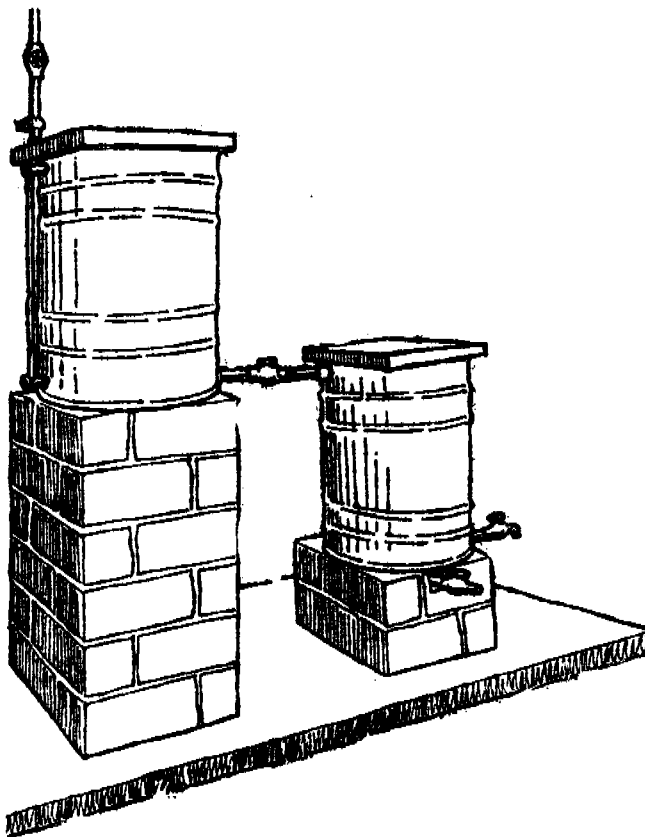
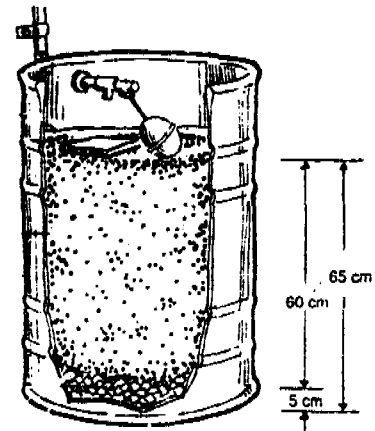
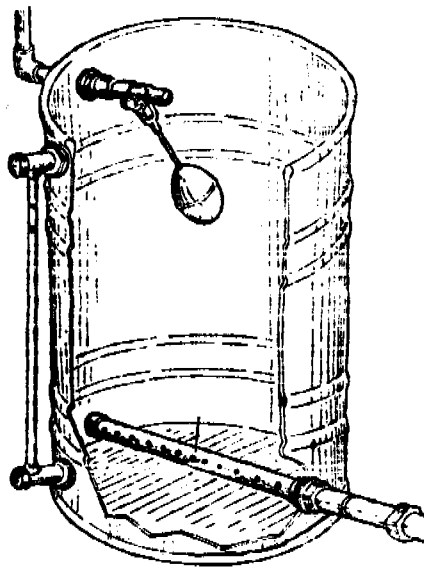


Figura A.2.1 Filtro lento de arena casero



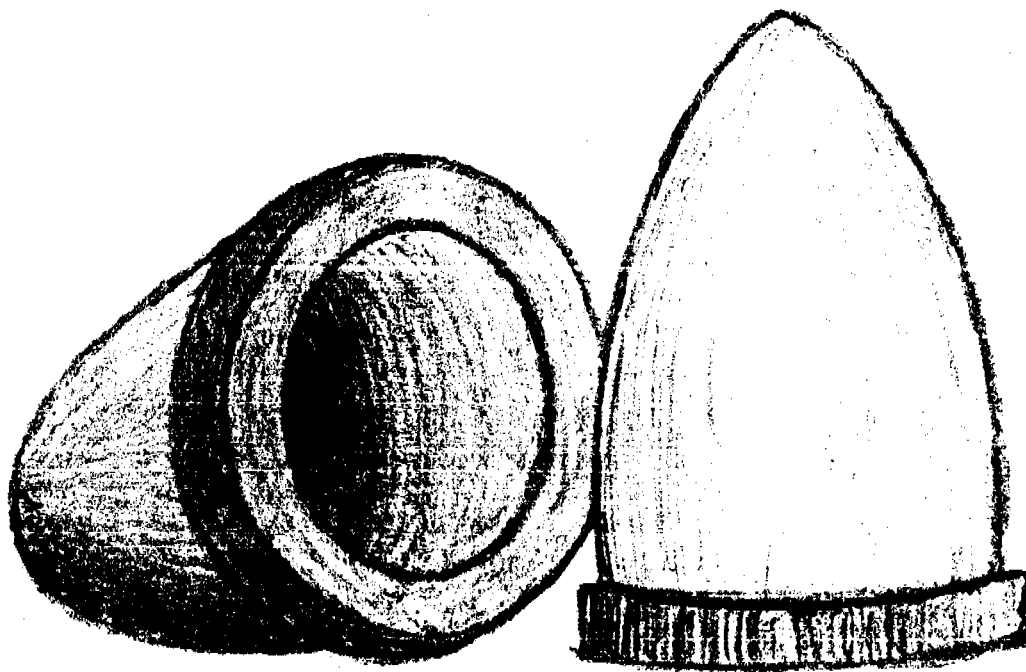


Figura A.2.2 Filtro de Cantera.

## ANEXO 3 LETRINAS

### A.3.1. LETRINAS DE ZANJA

El tipo más conveniente de letrina colectiva de carácter provisional es la letrina de zanja. Esta debe construirse a 30 m de distancia de cualquier fuente de agua y lo suficientemente alejada de las viviendas, por ningún motivo se debe instalar en terrenos pantanosos.

Est letrina comunal, estará provista de una serie de asientos u orificios para defecar en cuclillas. Comunmente la zanja es de una profundidad de 1 a 2 m y el ancho recomendable de 40 a 80 cm; la longitud debe calcularse a razón de 3-3.5 m (5 a 6 asientos) por cada 100 usuarios.

La zanja es útil hasta que se llena a unos 30 cm por debajo del nivel del suelo, esto ocurre aproximadamente de 3 a 6 semanas. Llegando a este nivel, se procederá a tapar la zanja con tierra bien apisonada y se excavará otra zanja.

Conviene construir los bloques de letrinas por pares, a fin de facilitar la separación por sexos. En cuanto a instalaciones, las losas y asientos de cemento resultan preferibles por ser más fáciles de limpiar, pero por razones de rapidez y economía se pueden usar tablas dispuestas longitudinalmente para impedir que se desmoronen los bordes de la zanja y a lo ancho para dar un apoyo firme a los pies. Además de lo anterior, una cerca de cualquier material disponible como tablas, lona o láminas proporcionará el necesario aislamiento.

Un aspecto muy importante es la limpieza de las letrinas y de sus inmediaciones. Esta operación debe realizarse todos los días y de preferencia desinfectar suelo, paredes y losas o tablas con una solución concentrada de cloro (10-20 mg/L). La propia zanja se espolvorea con cloruro de cal hasta cubrir el contenido.

En cuanto a los desinfectantes, los compuestos que liberan cloro son los más empleados por su eficacia, facilidad de obtención, manipulación, aplicación y su bajo costo, pero sobre todo por su uso universal ya que se pueden aplicar a aguas, residuales, basuras, alimentos, utensilios, ropas etc. Otros desinfectantes empleados como el cresol o ácido fénico, no ofrecen tantas posibilidades de aplicación, por lo que solo pueden aplicarse sin riesgo para la desinfección de excretas y desechos, así como para suelos, paredes y utensilios.

### A.3.2. LETRINA DE FOSA SIMPLE

Una letrina de fosa simple es una solución práctica temporal para la disposición de las excretas humanas.

La construcción de la letrina debe realizarse al menos a 10 metros de distancia de la vivienda y a 30 metros de distancia de cualquier fuente de agua de superficie o subterránea cercana. Por ningún motivo deberá construirse en una zona pantanosa. Este tipo de letrinas, propias para uso familiar, deberán tener al menos 2 metros de profundidad con un abertura de 1 metro cuadrado. Los bordes de la fosa deberán ser más elevados que el terreno circundante, para evitar que la lluvia u otras aguas se introduzcan en ella. Las recomendaciones de construcción y operación son las mismas que para las letrinas de zanjas.

Figura A.3.1 Letrina de fosa simple

