

49 201.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

**Sistemas de Potabilización y
Tratamiento en el Medio
Rural**

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a :

Héctor Eslava Morales

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1990



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 está 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.

INDICE

CAPITULO I	INTRODUCCION.....	9
CAPITULO II	PROBLEMAS DE CALIDAD Y DISPOSICION DEL AGUA EN EL MEDIO RURAL.....	11
CAPITULO III	DESCRIPCION DE METODOS DE POTABILIZACION Y DE TRATAMIENTO EN EL MEDIO RURAL.....	14
	III.1 Métodos de potabilización.....	14
	III.1.1 Métodos de clarificación del agua superficial.....	15
	III.1.2 Métodos de remoción de sustancias químicas.....	33
	III.1.3 Métodos de desinfección.....	37
	III.2 Métodos de tratamiento.....	66
CAPITULO IV	ELECCION DE METODOS O SISTEMAS DE POTABILIZACION Y TRATAMIENTO.....	121
CAPITULO V	CONCLUSIONES.....	128
TABLAS.		
	1. Coeficientes de absorción de terreno.....	73
	2. Dimensiones para una fosa séptica en relación con el número de personas.....	85
	3. Coeficiente de absorción del terreno. (Cálculo del sistema de drenaje).....	94

FIGURAS.

III.1	Filtro rápido de arena.	19
III.2	Filtro de arena para vivienda rural.	21
III.3	Filtro lento de arena.	22
III.4	Filtro de arena de flujo ascendente.	26
III.5	Filtro horizontal de arena.	28
III.6	Filtro de cerámica a gravedad. (comercial)	31
III.7	Filtro de cerámica a presión. (SEDUE)	31
III.8	Unidad desferrozadora.	34
III.9	Eliminador de arsénico rural.	36
III.10	Olla sencilla con agujeros en la parte media.	40
III.11	Olla con agujeros en el fondo.	42
III.12	Doble recipiente con un agujero cada uno.	43
III.13	Clorador de goteo.	44
III.14	Clorador tipo venturi.	46
III.15	Clorador tipo de alimentación directa.	47

III.16	Unidad de desinfección MOGGO	50
III.17a	Celda Electrolítica Generadora de Gas Cloro.	54
III.17b	Esquema de la Celda Electroli- tica Generadora de Gas Cloro.	54
III.18	Destilador de Agua por Energía Solar.	61
III.19	Destilador de Agua por Energía Solar tipo Invernadero.	65
III.20	Pozo negro con revestimiento de bloques de piedra.	68
III.21	Pozo filtrante.	70
III.22	Disposición característica del sistema de fosa séptica.	76
III.23	Fosa séptica con pantalla.	77
III.24	Fosa séptica con dos comparti- mientos.	77
III.25	Fosa tubular para 10 personas.	88
III.26	Fosa séptica tubular compuesta de dos unidades en serie.	89
III.27	Cajas de distribución.	91
III.28	Esquema de distribución y cons- trucción.	93
III.29	Zanjas de arena filtrante.	96
III.30a	Filtro de arena subterráneo.	99

III.30b	Filtro de arena subterráneo.	100
III.31	Filtro de arena.	103
III.32	Pequeño filtro de goteo.	107
III.33	Tanque Imhoff.	110
III.34	Diferentes diseños de tanques Imhoff.	113
III.35	Lagunas de estabilización.	115
III.36	Reactor anaeróbico de flujo ascendente en manto de lodo. (UASB)	118

BIBLIOGRAFIA	130
---------------------	------------

CAPITULO I

INTRODUCCION

Durante los últimos años han evolucionado notablemente los métodos de potabilización y tratamiento del agua, y se han escrito muchos libros a este respecto; sin embargo, la mayoría de ello exclusivamente tratan de los sistemas aplicables en localidades urbanas. Si se examinan las publicaciones pertinentes y el escaso número de libros dedicados al saneamiento rural, se descubre que no existe abundante información respecto a los métodos antes mencionados; en casi todos los casos, esos trabajos se limitan al estudio de un problema o de un grupo limitado de problemas concretos de saneamiento, como letrinas, fosas sépticas o de algún método particular de potabilización o de evacuación de desechos, apropiado para comunidades pequeñas.

En muy pocas publicaciones se estudian ambos tipos de métodos, aplicados al medio rural, por lo que el objetivo de este trabajo es el de presentar sugerencias prácticas, como resultado de la experiencia de numerosos profesionistas de la salud pública, para el planteamiento de soluciones adecuadas a diferentes problemas, en relación con la potabilización del agua, para uso y consumo humano, y el tratamiento de las aguas residuales, para su disposición, en

las comunidades rurales.

Cabe mencionar que actualmente casi el 65% de la población rural de nuestro país carece de agua potable y más del 80% carece de alcantarillado. Los estados con mayor población rural son: Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Guerrero, San Luis Potosí, Zacatecas, Hidalgo y Querétaro. Estos presentan altos índices de mortalidad y morbilidad.

CAPITULO II

PROBLEMAS DE CALIDAD Y DISPOSICION DEL AGUA EN EL MEDIO RURAL

Los problemas de calidad del agua son causados por la contaminación de las fuentes de abastecimiento, esta contaminación no sólo puede ser provocada por agentes biológicos sino también por sustancias químicas. Las fuentes de abastecimiento se pueden contaminar naturalmente o por las actividades propias del hombre.

La contaminación natural se produce en el momento en que el agua de lluvia en su caída hacia la tierra arrastra partículas de polvo y gases. Al caer, escurre en la superficie arrastrando materias orgánicas en descomposición, desechos de diversas naturalezas (humanos y animales), sales diversas y numerosas bacterias. Después formará arroyos que irán a los ríos, lagos y lagunas.

Puede infiltrarse en la tierra, arrastrando numerosos organismos, muchos de ellos nocivos. Si penetran a grandes profundidades, su paso a través de la tierra la filtra, purificándola, de modo que al incorporarse a las corrientes profundas, carece de materia orgánica y queda libre de bacterias, pero en cambio, puede disolver sustancias que la hagan inadecuada para las necesidades humanas.

En el medio rural las actividades del hombre por lo general son la agricultura y la ganadería, en donde se utilizan pesticidas y abonos químicos, y se producen grandes cantidades de estiércol, éstos pueden contaminar las fuentes de abastecimiento por un mal uso y una mala disposición.

Algunas fuentes superficiales son contaminadas por las personas que viven cerca de éstas, porque lavan la ropa, los trastos y otros objetos ensuciando el agua, también se bañan y se asean. Posteriormente otras personas transportan esta agua contaminada para uso doméstico.

Las aguas freáticas, que son también una fuente de abastecimiento, están muy expuestas a la contaminación de bacterias, parásitos o sustancias químicas por la facilidad de filtración hasta ellas, del contenido de: letrinas, pozos negros, fosas sépticas, depósitos de basura o de estiércol.

El arrastre de las bacterias o parásitos dependen, entre otros factores, de la inclinación del terreno, del nivel de las aguas subterráneas, y de la permeabilidad del suelo, de tal manera que desde el punto de vista sanitario, deben determinarse las distancias máximas de migración y la dirección de las corrientes subterráneas.

El agua puede ser esencial para la vida, pero puede convertirse en un medio de propagación de enfermedades si está contaminada. El agua interviene de manera decisiva en la transmisión de ciertas infecciones intestinales de origen bacteriano, como la fiebre tifoidea, paratifoidea,

disentería bacilar y cólera. Participa también aunque de un modo menos definido, en la epidemiología de ciertas infecciones por shigelas, así como la amibiiasis y sirve de vehículo a otras enfermedades como la brucelosis, la tularemia y otras infecciones causadas por virus y protozoos. Estos padecimientos se presentan con mayor frecuencia en aquellos lugares donde los hábitos higiénicos son escasos, no hay eliminación adecuada de excretas y se consume agua no potable.

Cabe mencionar que en el medio rural existen dos tipos de poblaciones, la población rural concentrada y la población rural dispersa. Estas poblaciones por lo general descargan sus aguas residuales domésticas a cuerpos de agua o sobre el terreno sin ser precedidas de tratamiento alguno, preocupándose sus habitantes únicamente por alejarlas de sus propiedades. Las descargas libres sobre el terreno, en la mayoría de los casos, no llegan a los arroyos debido a su escaso gasto en las poblaciones rurales dispersas pero en las poblaciones rurales concentradas las descargas de varias casas se pueden juntar y formar corrientes apreciables que pueden llegar a las fuentes de abastecimiento y como consecuencia contaminarlas.

La contaminación de las fuentes de abastecimiento es una consecuencia de disponer de las aguas residuales sin ningún tratamiento no sólo en el medio rural sino también en el medio urbano.

CAPITULO III

DESCRIPCION DE METODOS DE POTABILIZACION Y DE TRATAMIENTO EN EL MEDIO RURAL

III.1. Métodos de potabilización. La provisión de agua inocua y satisfactoria para una vivienda o un pequeño grupo de viviendas, proveniente de una fuente superficial, es un problema bastante serio, ya que por razones económicas no es posible construir una pequeña planta de tratamiento de acuerdo con las técnicas requeridas para tal objeto. Sin embargo, se darán algunas soluciones; y aunque hay gran probabilidad de que la operación y mantenimiento del sistema sea defectuoso, de todos modos el agua tratada será de superior calidad a la que consume la comunidad sin tratamiento previo. Deben agotarse los medios para utilizar agua subterránea captada sanitariamente y en ciertos casos el empleo de cisternas, antes de aceptar el uso de agua superficial, a menos que se trate de aguas cordilleranas que no han recibido contaminación a lo largo de su curso, o de otro tipo similar.

El agua superficial para consumo de la comunidad rural proviene de ríos, esteros, acequias, canales, lagos, embalses y lagunas. Como primera medida sanitaria debe evitarse la contaminación de la fuente, en especial la proveniente de heces humanas.

El agua de los cursos superficiales, desde el punto de vista del abastecimiento rural, se puede clasificar artificialmente en dos grupos: a) agua clara; b) agua turbia. Ambas aguas sospechosas de estar contaminadas, y es casi una certeza cuando atraviesan centros poblados.

El agua clara se puede utilizar previa filtración y desinfección. Según el tipo de contaminación, podría suprimirse la filtración, a pesar de que las aguas superficiales están sujetas a grandes variaciones de turbiedad, pero no siempre ésto es posible.

El agua superficial turbia necesita ser decantada, filtrada y desinfectada.

El agua subterránea para consumo de la comunidad rural proviene de vertientes o manantiales, norias y pozos. Estos tipos de fuentes bien protegidas podrían proveer agua substancialmente libre de impurezas microbiológicas, aunque es posible la presencia de sales minerales.

III.1.1. Métodos de clarificación del agua superficial para zonas rurales. Existen métodos sencillos de clarificación para el mejoramiento del agua; y aunque no todos son recomendables, pueden ser usados para viviendas rurales si no se logran sistemas más apropiados. Se utilizan para eliminar las substancias en suspensión, incluyendo microorganismos. La desinfección es un tratamiento casi

indispensable y que completa el proceso de potabilización.

III.1.1.1. Decantación natural. El agua turbia mantenida en recipientes o tanques por algún tiempo, permite la decantación por gravedad de las partículas sedimentables, arrastrando consigo un cierto porcentaje de microorganismos. La eficiencia de éste tratamiento depende del factor tiempo y de la turbiedad, y su rendimiento es bajo. Son necesarias algunas horas para lograr una mediana clarificación. Es previa a todo tratamiento de filtración. El agua decantada no es apta para su consumo sin previa desinfección.

III.1.1.2. Decantación por medio de materia vegetal. Este método utiliza el jugo proveniente de la maceración de algunos cactus, especialmente tallos y hojas de tunas, el cual se mezcla con el agua, se agita y se deja reposar. El agua decantada debe desinfectarse.

III.1.1.3. Decantación por medio de coagulante. Se recomienda agregar de 5 a 10 mg. de sulfato de aluminio a cada litro de agua a tratar, agitar levemente durante unos 10 minutos y dejar reposar el agua una media hora. El agua clara obtenida deberá filtrarse y desinfectarse posteriormente, los sedimentos deberán desecharse.

III.1.1.4. Filtración. La filtración consiste en hacer pasar el líquido turbio, una vez decantado, a través de un material filtrante que retiene las materias en suspensión e incluso gran porcentaje de microorganismos

presentes en el agua. Se puede efectuar por varios tipos de filtros, con mayor o menor rendimiento:

a) Destilador de piedra porosa. Se hondará una piedra de origen volcánico, dejándose dos orejas o soportes que sirvan de sostén. La capacidad es del orden de algunos litros al día. El destilado se recibe en una olla de barro u otro receptáculo. El sistema se sitúa en un armazón de madera y se coloca en un lugar fresco. Es un excelente clarificador, pero con frecuencia tiene que lavarse con escobillas duras, por cuanto de lo contrario puede haber multiplicación bacteriana y ser contraproducente. El agua filtrada debe ser desinfectada.

b) Filtros de género, telas de algodón, lana o gasa doble. Estos filtros, colocados sobre un embudo, reciben el agua turbia, la cual, más clarificada, se recoge en un recipiente limpio. Si se desea utilizar el material varias veces, éste debe lavarse y hervirse. En todo caso, el agua debe ser desinfectada cuidadosamente o hervida. Estos filtros son de bajo rendimiento y sólo eliminan cierta materia en suspensión, según sea la porosidad del material filtrante.

c) Filtro de papel poroso. Se utiliza papel que permita el paso del líquido a filtrar, reteniendo las partículas en suspensión. Es preferible utilizar agua previamente decantada. Se coloca el papel en un embudo y se deja escurrir el agua suavemente. El papel es de uso

limitado. Esta agua debe ser desinfectada. Este tipo de filtro es poco práctico.

d) Filtros de arena. Muchos métodos de filtración con arena pueden ser considerados y cada uno tendrá ventajas particulares para cualquier esquema.

d.1) Filtros rápidos de arena. (fig. III.1) Estos pueden ser tanques abiertos o tanques de metal cerrados donde el agua pasa bajo presión (filtros de presión). El agua es suministrada sobre una cama de arena de aproximadamente un metro de profundidad, soportada sobre una capa de grava incorporada a un sistema de desagüe. Para que se mantenga un adecuado flujo de operación, la profundidad del agua debe ser mantenida de 1.5 a 2 m sobre la arena. El gasto total puede ser de 2400 a 7200 litros por hora por metro cuadrado. La acción de filtración del filtro rápido de arena es enteramente mecánico y la materia suspendida es acumulada en los huecos hasta que el gasto desciende a un nivel inadecuado. En este punto es necesario limpiar el filtro por lavado inverso con agua filtrada y agitando la cama de arena frecuentemente, mecánicamente o con aire comprimido. Necesariamente, por el lavado inverso frecuente, se requiere de personal adecuado y frecuente supervisión. Sin embargo, un filtro rápido de gravedad es eficiente y muy cómodo para instalaciones amplias en sitios restringidos. Cuando se utilizan en conjunto con sedimentación y floculación, casi cualquier agua puede ser clarificada por

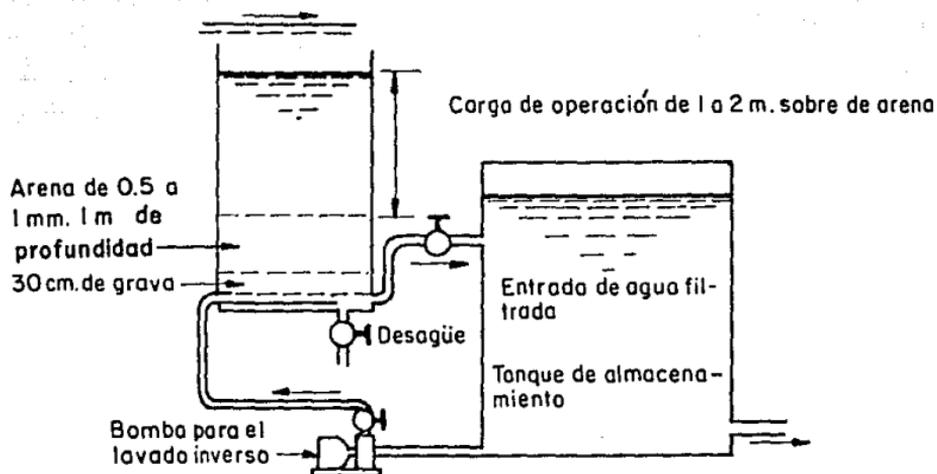


FIG. III.1 FILTRO RAPIDO DE ARENA

filtración rápida con arena. Un consejo profesional es requerido antes de cualquier tipo de trabajo de esta naturaleza.

d.2) Filtro de arena para vivienda rural. (fig. III.2). La capa filtrante de arena se coloca en un receptáculo (barrica, barril, tambor o estanque) que además de contener el material filtrante y la capa soportante de grava, reserva un depósito para la acumulación del agua. El material filtrante lo constituye una capa de arena con 0.25 m de espesor como mínimo, soportada por un lecho ripio fino de 0.15 m de altura que descansa en una placa perforada de madera. El agua acumulada en el depósito se extrae por medio de una llave. Para no destruir el lecho filtrante con la descarga del agua turbia sobre la arena, se protege con un difusor o placa perforada, similar a la que sostiene el ripio.

La limpieza de los filtros se debe efectuarse cada vez que se note obstruido el paso del agua, se hace reemplazando la capa superficial de arena en un espesor de 5 a 7 cm. El agua filtrada necesita desinfección

d.3) Filtros lentos de arena. (fig. III.3) La estructura de un filtro lento de arena es similar a la de un filtro rápido en el que el agua se suministra a la superficie de una cama de arena de 0.2 a 0.5 mm de diámetro y de aproximadamente 1.2 m de profundidad, soportada por una capa de grava incorporada a un sistema de desagüe. Una

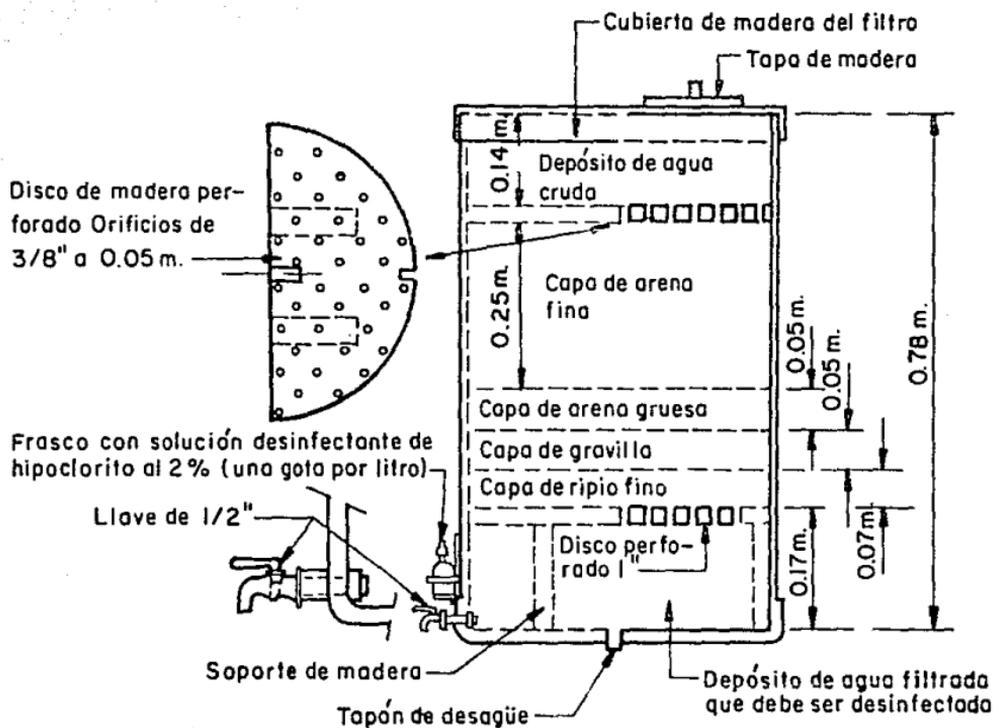


FIG. III. 2 FILTRO DE ARENA PARA VIVIENDA RURAL

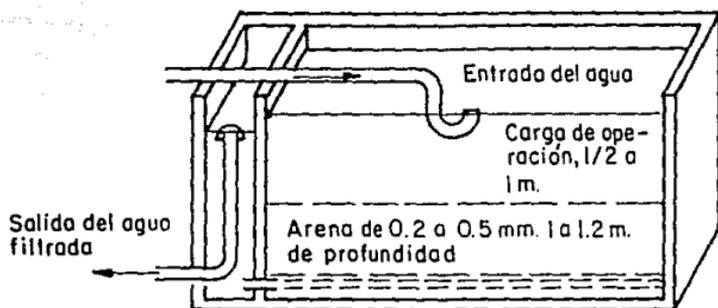


FIG. III.3 FILTRO LENTO DE ARENA

profundidad de operación de aproximadamente de 0.5 a 1 m de agua debe ser mantenida sobre el nivel de arena y la velocidad del flujo restringida a 100 litros por metro cuadrado por hora. Inicialmente la acción de un filtro lento de arena es el mismo que un filtro rápido, pero la materia suspendida se acumula en la superficie de la capa de arena y en un tiempo corto una capa de organismos se forma; la cual sumada a purificantes biológicos contribuye a la acción de filtración. Este material coloidal puede ser fácilmente removido y las cantidades de bacterias del agua cruda son reducidas considerablemente. El material inorgánico y orgánico disuelto es también consumido por la capa biológica, resultando algún mejoramiento en el color. Los filtros lentos no pueden ser lavados en la misma forma que los filtros rápidos y cuando es necesario lavarlos, que es con mucho menor frecuencia que éstos, la superficie de la arena es drenada y removida manualmente hasta una profundidad de 1 a 2 pulgadas. La limpieza de la cama requiere poco tiempo para restablecer el tratamiento. La ventaja de un filtro lento radica en su simplicidad. El mantenimiento de un filtro lento es mucho más simple y requiere de una atención menos cuidadosa que los filtros rápidos. La seria desventaja es que requiere de 40 a 50 veces el área de un filtro rápido con la misma capacidad. En poblaciones rurales, donde el espacio y el mantenimiento no son de consideraciones serias, este tipo de filtro ofrece

muchas ventajas.

d.4) Filtros de arena de flujo ascendente.

Considerable trabajo experimental ha sido llevado a los filtros de arena de flujo ascendente. En éstos el agua cruda se introduce en una capa de grava que soporta una capa de arena de 3 a 4 mm de diámetro y de casi 30 cm de profundidad, en su paso ascendente la materia gruesa suspendida es retenida en la parte baja de la cama de arena y el material fino es removido progresivamente por las capas superiores. El gasto debe ser restringido para prevenir el elevamiento de la arena. Con una velocidad de 500 a 1500 litros por metro cuadrado por hora del agua cruda se tendrá un progreso significativo de calidad y es evidente que alguna actividad biológica tenga lugar. La acción es por lo tanto una combinación entre la acción mecánica de un filtro rápido y la acción mecánica y biológica de un filtro lento. Las mayores ventajas ofrecidas por el filtro de flujo ascendente son : primeramente la simplicidad de su construcción y como segunda, la ventaja de la facilidad para ser limpiado. Se ha observado que la materia suspendida puede ser removida con el simple hecho de limitar el ingreso del agua cruda y disminuyendo rápidamente el nivel del agua sobre la cama por medio del drenaje, de este modo, haciendo reversible la dirección del flujo. Esta operación es rápida y fácil y puede ser incorporada a una simple rutina diaria.

Este tipo de filtros ofrece ventajas las cuales lo hacen particularmente propio para muchas situaciones intermedias tales como granjas, escuelas y comercios.

En términos prácticos un filtro de flujo ascendente (fig. III.4) puede ser construido con un cilindro de 44 galones con una área de 2.64 pies cuadrados y que puede ser capaz de filtrar 225 litros (50 galones) por hora o si es operado por 12 horas diarias la producción sera de 2700 litros (600 galones) por día. El costo de este filtro es un poco más que el costo del cilindro, de algunas piezas de la tubería y de alguna llave de paso. El mantenimiento del filtro es ordinario, la limpieza del filtro por contracorriente es rápida y fácil, la cual puede ser una tarea de rutina diaria. Pueden usarse los tanques acanalados galvanizados. Un tanque de 1.8 m de diámetro podría tener un rendimiento de 2500 litros por hora (560 galones por hora) con la misma carga.

d.5) Filtros horizontales de arena. Este método simple de filtración, es una modificación del filtro lento de arena, es de origen holandés, donde es hecho usando grandes volúmenes de dunas de arena. El proceso consiste en colocar gruesas capas de arena de buena calidad filtrante sobre arcilla impermeable. Esto implica bombear el agua impura hacia el interior de la arena en puntos altos. El agua pasa a través de la arena por la influencia de la carga y de la permeabilidad de la arena y ésta puede ser colectada

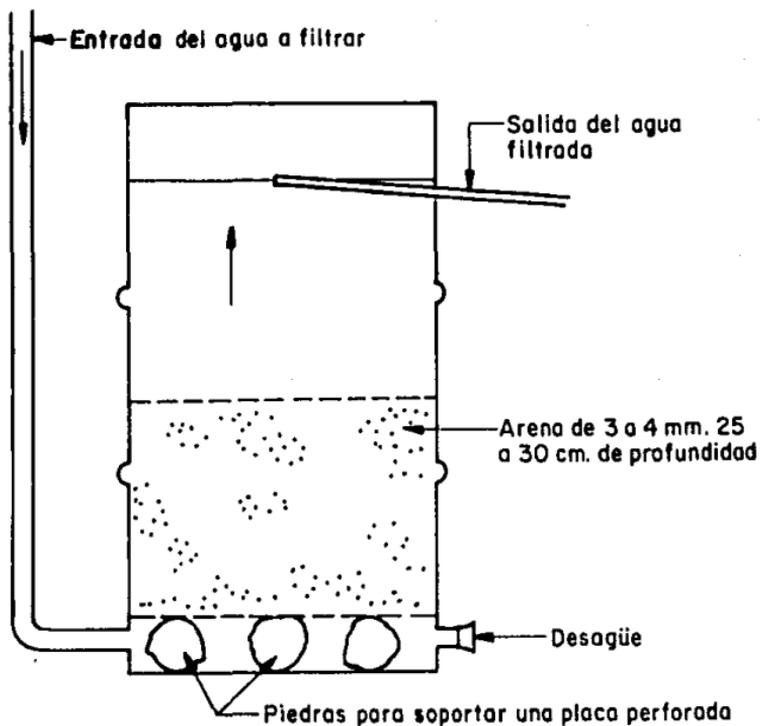


FIG. III. 4 FILTRO DE ARENA DE FLUJO ASCENDENTE

en los puntos bajos de las dunas substancialmente purificada. El periodo de retención en las dunas en Holanda es a menudo tan alto como 30 días. Esto permite que la materia orgánica, la cual es acumulada en la arena, se oxide por una acción biológica natural.

Este sistema de filtración ofrece muchas ventajas a las comunidades rurales, por su bajo costo de construcción y su mínimo mantenimiento. Las temperaturas altas tropicales pueden favorecer la actividad biológica. La filtración por este método proporciona grandes cantidades de agua filtrada con sólo una pequeña área de superficie de agua expuesta, así el riesgo de criadero de mosquitos o de caracoles se reduce, lo cual da medidas protectoras. Aunque la cantidad de arena usada es grande a comparación de la filtración convencional, el costo extra de arena no es grande en escala por lo que éste puede ser adoptado en condiciones rurales.

En la fig. III.5 se muestra un filtro comparativamente fácil de construir, en su forma simple consiste en una cama enterrada y alineada con una película de polietileno y llenada con arena limpia de 1.85 a 0.25 mm de diámetro. El agua es depositada en una pequeña depresión en uno de los extremos de la cama y en una segunda depresión se colecta el agua filtrada, ésta se encuentra a un nivel más bajo y a una distancia de 10 a 30 metros. El tiempo de retención de cada filtro debe de ser del orden de 36 horas o más. Puesto que la capacidad de retención de la arena

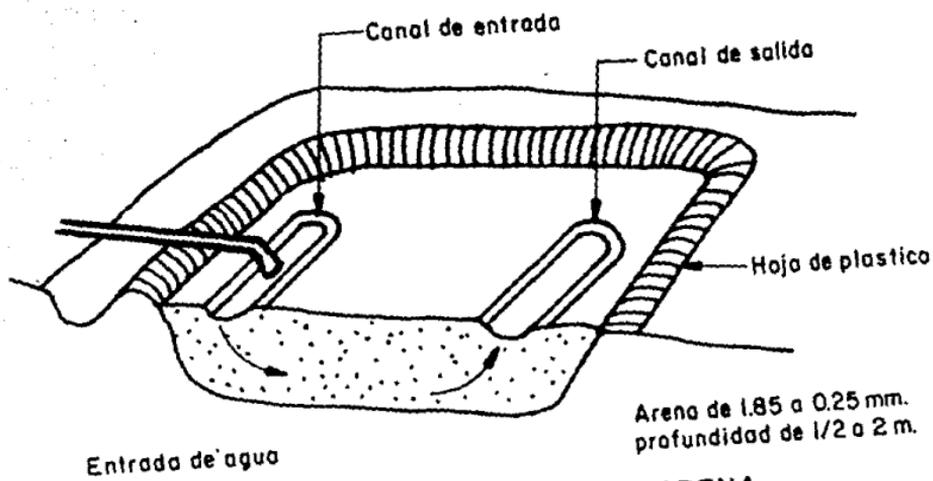


FIG. III. 5 FILTRO HORIZONTAL DE ARENA

generalmente es del 40%, el volumen de la arena requiere ser calculada como sigue:

$$\text{VOL. DE ARENA} = (\text{AGUA REQUERIDA POR DIA} \times 90 / 24 \times 100 / 40)$$

Las camas de casi 2.25 metros cubicos de arena son capaces de entregar de 25 a 50 litros de agua por hora dependiendo de la permeabilidad de la arena. En un continuo flujo base éstos podrían proveer de 600 a 1200 litros por día o lo suficiente para una población rural de 13 a 26 personas asumiendo un consumo de 45 litros por persona por día. Este podría ser de gran ayuda en situaciones rurales. Si se requiere más agua el filtro puede extenderse o ampliarse fácilmente después que éste ha sido usado por un tiempo.

e) Filtros de Cerámica. Hay dos tipos de filtros de cerámica, los filtros a presión y los filtros a gravedad y hay una gran diversidad de materiales de cerámica, con poros de diferentes tamaños. Lo esencial en estos aparatos es la bujía filtrante; en los filtros de cerámica debe emplearse únicamente agua limpia, ya que si ésta es turbia las bujías se obstruyen rápidamente.

Actualmente a las bujías se les recubre de un catalizador de plata, de tal modo que, sin reducir su porosidad, las bacterias que entran en contacto con la superficie mueren.

e.1) Filtros a presión. (fig. III.6) Los filtros comerciales son un claro ejemplo de los filtros a presión, dado que todos ellos requieren de la presión de agua existente en las líneas de una instalación doméstica urbana convencionales para operar, por lo cual limita su aplicación a muchas zonas rurales. Los filtros domésticos comerciales constan de una envolvente hecha de metal o plástico permitiendo encerrar la bujía en una cámara donde se puede ejercer la presión de trabajo proveniente de la tubería y permite además conectar el filtro de tal manera que quede fijo a la misma. Dicha envolvente, además de una válvula para controlar a voluntad el trabajo del filtro, lo hace un artículo de precio elevado, no apto para ser usado en viviendas rurales que no cuentan normalmente con suministro municipal de agua en cada casa, ni instalaciones hidráulicas convencionales.

e.2) Filtros a gravedad. (fig. III.7) El filtro rural SEDUE¹ es un ejemplo de este tipo de filtros. Este filtro es una bujía hecha de arcilla del tipo de la montmorillonita procedente de los barrios de Donaji en Oaxaca, donde se la conoce simplemente como barro.

Las dimensiones de la bujía tubular son: 30 cm de largo, 5 cm de diámetro exterior y 3 cm de diámetro

¹CONSULTAR LA REVISTA AGUA POTABLE VOLUMEN 3 No. 47 SEPTIEMBRE 1980.

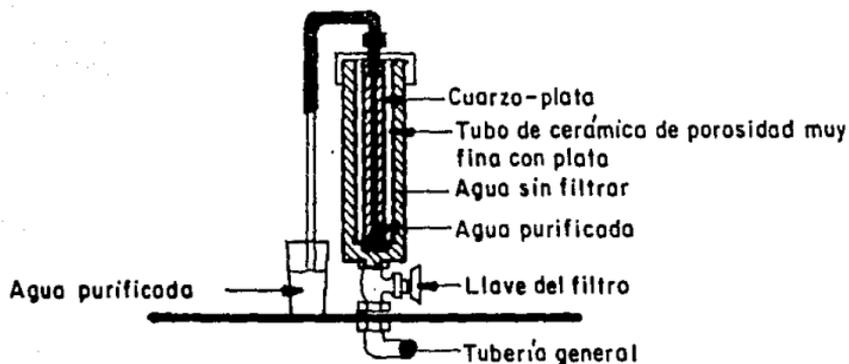


FIG. III. 6 FILTRO DE CERAMICA A PRESION (COMERCIAL)

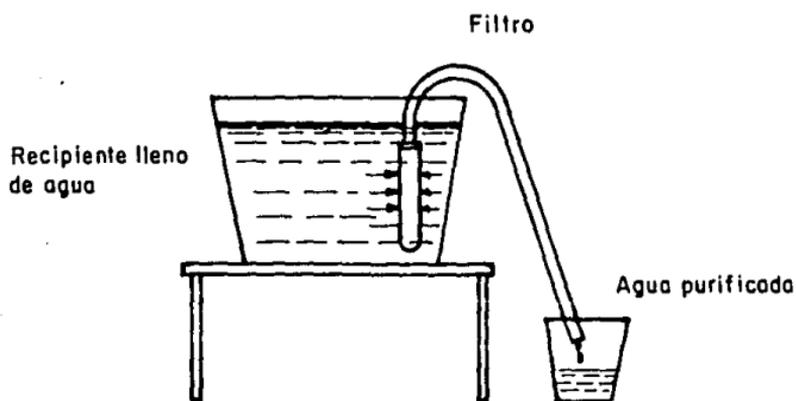


FIG. III. 7 FILTRO DE CERAMICA A GRAVEDAD (SEDUE)

interior. La bujía presenta una porosidad muy fina, la cual permite el paso del agua a través de sus paredes, impidiendo el paso de las partículas en suspensión presentes en el agua, así como de ciertos microorganismos patógenos.

La pared interior de la bujía está cubierta por una sustancia de plata coloidal, la cual actúa como bactericida, eliminando las bacterias que alcanzan a pasar a través de las paredes del filtro.

Para eliminar los malos olores y sabores, se agrega carbón activado, y arcillas expansivas, éstas últimas para evitar la compactación del carbón. El filtro se sella con dos tapas de material plástico usando una resina epóxica para obtener un sello confiable. La tapa superior cuenta con un pivote cilíndrico por donde se conecta una manguera de plástico para recolectar el producto, teniendo una pequeña malla en la parte interna, la cual evita el paso del carbón activo.

La presión de trabajo del filtro se logra por medio de la fuerza de gravedad que se presenta cuando el filtro es introducido en un recipiente lleno de agua, colocado a una altura superior que la del recipiente del agua filtrada, presentándose de esta manera, el efecto de sifón.

El tiempo calculado para que el filtro empiece a trabajar es aproximadamente de 2 horas, a partir del cual se inicia una operación continua de éste. El filtro rural SEDUE

elimina olores, sabores y todo tipo de gérmenes.

Aparte de su bajo costo, el filtro rural SEDUE presenta la ventaja de trabajar con aguas de charcas, ríos, presas, lagunas, etc.

III.1.2. **Métodos de remoción de sustancias químicas.** En ciertos casos el agua proveniente de fuentes subterráneas contiene sustancias que la hacen inadecuada para las necesidades humanas. Estas sustancias pueden ser recogidas por el agua al infiltrarse al subsuelo y ser el terreno rico en minerales.

III.1.2.1. **Unidad desferrizadora.** La remoción de hierro y manganeso del abastecimientos de agua pequeños, particularmente de los pozos individuales o comunales en las zonas rurales es un problema que se puede resolver con una unidad desferrizadora. Esta unidad desferrizadora consiste de cuatro cilindros desmontables, colocados uno sobre otro como se indica en la figura III.8.

Las dos vasijas cilíndricas superiores contienen, cada una, una capa de 15 cm de alto, de grava clasificada de 2 a 5 cm. El tercer cilindro contiene una capa de 5 cm de grava de 1 a 2 cm y de 30 cm de arena gruesa. El cilindro del fondo, o sea, el cuarto, es el de almacenamiento y en él se coloca una llave de nariz de 1.2 cm de diámetro, a través de la cual el agua libre de hierro es vertida en un balde. Se deben instalar orificios de ventilación entre los cilindros para que se aereen.

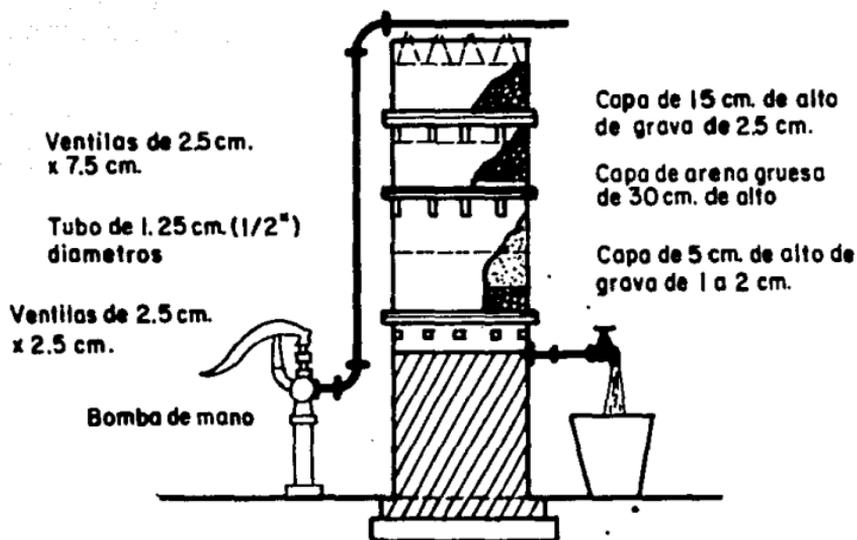


FIG. III. 8 UNIDAD DESFERRIZADORA

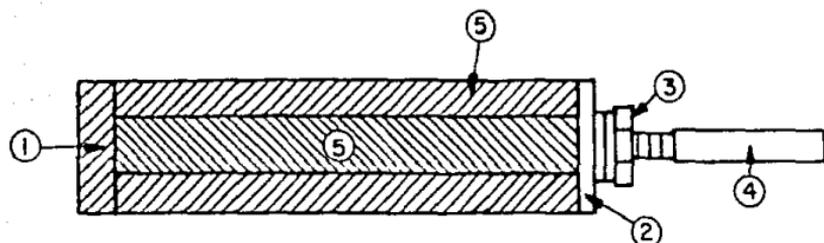
El agua cruda conteniendo hierro es rociada sobre la grava del primer cilindro superior y escurre hacia abajo. La grava gradualmente se cubre con óxido de hierro que ayuda en la oxidación del mismo. Una porción del precipitado es retenida sobre la grava. Aún cuando la grava no necesita lavarse, la arena sí, una vez al mes. Esto puede hacerse removiendo la arena dentro de un balde, lavándola manualmente para liberarla del sedimento.

Una unidad de 0.45 m de diámetro sería capaz de tratar 180 litros. por hora.

III.1.2.2. Eliminador de arsénico rural² (fig. III.9) El eliminador de arsénico rural es un dispositivo similar a las bujías filtrantes, empleadas en el filtro de cerámica que trabajan por gravedad. La bujía-filtrante únicamente se requiere como medio de soporte para los reactivos empleados para reducción y/o la eliminación del arsénico.

Ese dispositivo filtrante se fabrica con mezclas de tierras diatomáceas o caolín, contiene tres sustancias floculantes y dos sustancias absorbentes aptas para la eliminación de arsénico; adicionado de una manguera, a través de la cual se succiona el agua contenida en un recipiente cualquiera.

²CONSULTAR LA MEMORIA DEL SEMINARIO NACIONAL SOBRE POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN PEQUEÑAS POBLACIONES. DICIEMBRE DE 1969 MEXICO D.F. CONACYT, IMSS-COPLAMAR, INEA, CNA.



- 1- "BUJIA" de tierras diatomáceas y caolin
- 2- Tapa con orificio de salida
- 3- Tapa con conexión de manguera
- 4- Manguera para salida de agua tratada
- 5- Sustancias para eliminar el arsénico

FIG. III. 9 ELIMINADOR DE ARSENICO RURAL

El agua por tratar se hace circular de la periferia de la bujía hacia su interior, de forma que las impurezas mayores a 5 micras se detengan en la periferia. Las sustancias contenidas en su interior obligan a un flujo reducido, forzando a un mayor tiempo de contacto entre las sustancias adicionadas y el arsénico contenido en el agua, suficiente para actuar y eliminarlo.

La presión del trabajo del dispositivo se logra de igual forma que para los filtros a gravedad.

III.1.3. Métodos de desinfección. Toda agua proveniente de un curso superficial debe ser desinfectada, a menos que se trate de agua cordillerana u otro curso similar que no haya recibido contaminación. En ciertas circunstancias se requiere desinfectar el agua proveniente de fuentes subterráneas. Hay varios tipos de desinfección, entre los cuales cabe señalar:

III.1.3.1. Calor, ebullición (hervido). La ebullición mata la mayoría de microbios, salvo los esporulados. Se recomienda hervir el agua durante unos diez o quince minutos. El hervido debe hacerse en la misma vasija que se utiliza para enfriar el agua. Como la ebullición altera el sabor, es necesario airearla, pero para esta acción conviene utilizar otra vasija que también haya servido para hervir agua, con objeto de evitar la posibilidad de nueva contaminación. Este proceso crea

resistencia en la comunidad, debido al gasto de combustible y al tiempo empleado en realizarlo.

III.1.3.2. Compuestos de cloro.

III.1.3.2.1. Agua de Javel (hipoclorito de sodio). Es el producto usado para blanquear la ropa, y se vende en el comercio en forma líquida. Suele conter de 3 a 5% de cloro libre. Para su uso se diluye primero al 1%. A 250 centímetros cúbicos o una taza de líquido para blanquear ropa, se agregan 750 centímetros cúbicos, tres tazas de agua clarificada, obteniéndose aproximadamente un litro al 1%. De esta solución se agrega al agua al desinfectar 2 a 4 gotas por litro. Se agita y se deja reposar por unos 20 minutos.

III.1.3.2.2. Cal clorada. Es un polvo blanco que, recién elaborado, contiene alrededor de 35% de cloro libre. Se debe guardar en lugares frios y secos, pues pierde rápidamente su poder en una atmósfera caliente y húmeda. El oxiclورو de calcio (CaOCl_2) es el constituyente principal del cloruro de cal o cal clorada, cuyo compuesto reacciona con el agua, originando cloro libre. Para desinfectar el agua se preparan soluciones diluidas al 1%. Para ello, a un litro de agua clarificada se agrega 35 gramos (2 cucharadas) de cal clorada, obteniéndose una solución madre de una titulación aproximada al 1%. De ésta solución se agregan dos a cuatro gotas por litro de agua por desinfectar. Luego

se mezcla, se agita y se deja reposar durante veinte minutos.

III.1.3.2.3. Hipoclorito de calcio. Compuesto blanco que generalmente se encuentra en estado de polvo con 70% de cloro libre, se puede aplicar directamente o preparar soluciones de diferentes concentraciones.⁹ Por ejemplo: si en un litro de agua se agregan 15 gramos (una cucharada) de hipoclorito de calcio se obtiene una solución aproximada al 1%.

A continuación se describirán métodos simples de dosificación para abastecimientos de agua por pozos excavados o por redes de distribución de pequeñas comunidades.

a) Olla sencilla con agujeros en su parte media. Una unidad, como la mostrada en la fig. III.10 clorará pozos con volumen de 9000 a 13000 litros. de agua y teniendo una tasa de extracción de 900 a 1300 litros por día (Servicio para 40 a 60 personas por día). La unidad se llena con 1.5 kg de hipoclorito de calcio mezclado con 3 kg de arena gruesa (2 mm o máyor). Se mantendrá cubierta y suspendida la unidad un metro abajo del nivel del agua, y se rellenará cada semana.

⁹ VEASE EL CAPITULO DE POTABILIZACION DEL MANUAL DE SANEAMIENTO, VIVIENNDA, AGUA Y DESECHOS DE LA DIRECCION DE INGENIERIA SANITARIA, SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA

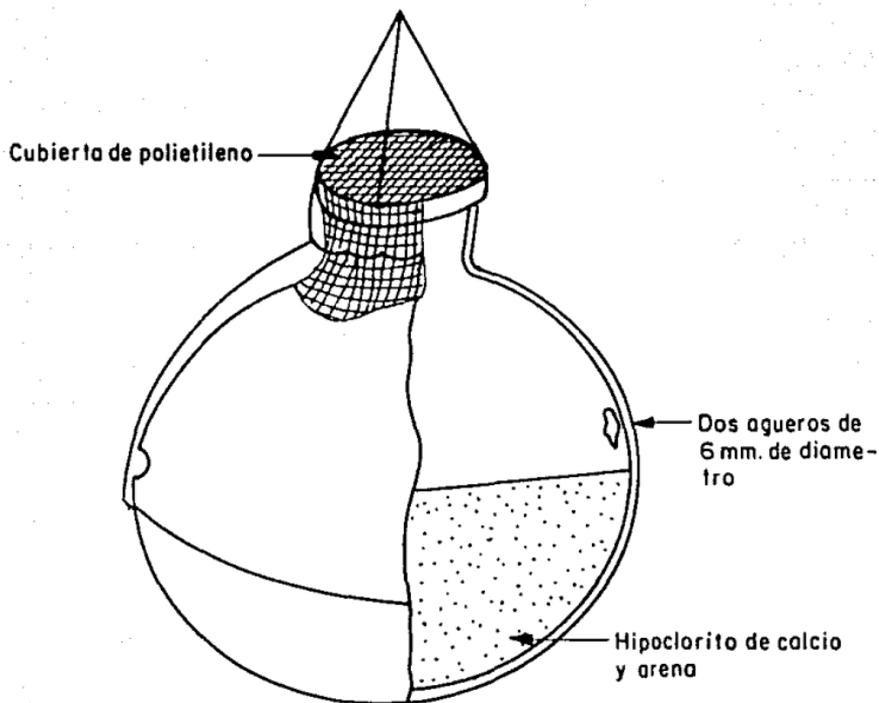


FIG. III. 10 OLLA SENCILLA CON AGUJEROS EN SU PARTE MEDIO

b) Olla sencilla con agujeros en el fondo. Una unidad, como la mostrada en la fig. III.11 clorará pozos con volumen de 9000 a 13000 litros de agua y teniendo una tasa de extracción de 900 a 1300 litros por día. (servicio para 40 a 60 personas por día). Un mayor número de unidades se pueden usar para pozos más grandes. La unidad se llena con 1.5 kg de hipoclorito de calcio mezclado con 3 kg de arena gruesa como en el caso anterior, con la adición de 75 g de hexametáfosfato de sodio, se coloca entre la grava dentro de la unidad. Se suspende un metro bajo el nivel del agua. Necesita rellenarse de las sustancias químicas cada dos semanas.

c) Doble recipiente con un agujero en cada uno. Una unidad, como la mostrada en la fig. III.12 clorará pozos con volumen de 3600 a 4500 litros de agua teniendo una tasa de extracción de 360 a 450 litros por día (Servicio para 15 a 20 personas por día). El recipiente interno se llena con 1 kg de hipoclorito de calcio y con 2 kg de arena gruesa y se coloca dentro del recipiente exterior. La boca de éste último se cubre en forma holgada. Se suspende un metro abajo del nivel del agua. Necesita rellenarse cada tres semanas; es ideal para pozos de casas solas.

d) Clorador de gotero. (fig. III.13) Puede usarse para desinfectar pozos excavados abiertos o cubiertos con volumen de 20000 a 60000 litros, con una tasa de extracción de 2000 a 6000 litros por día (servicio de 80 a 240

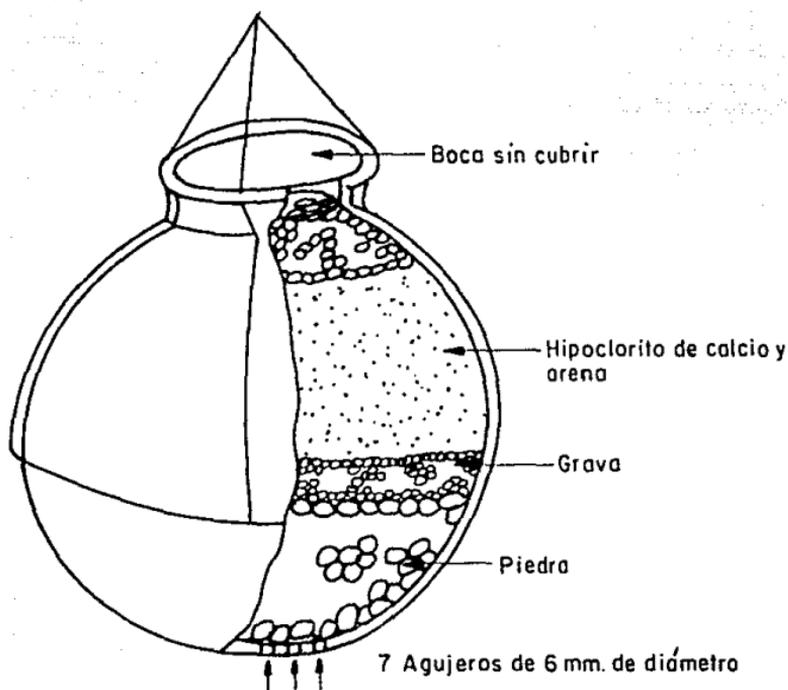


FIG. III. II OLLA SENCILLA CON AGUJEROS EN EL FONDO

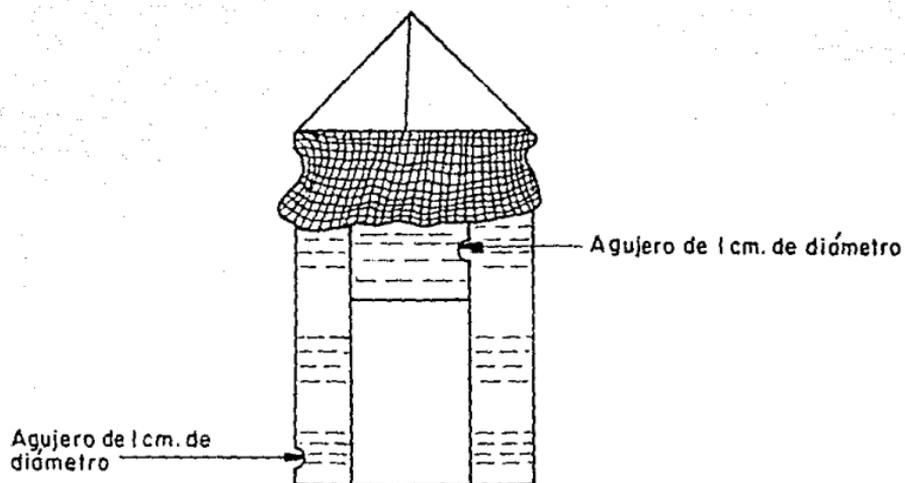
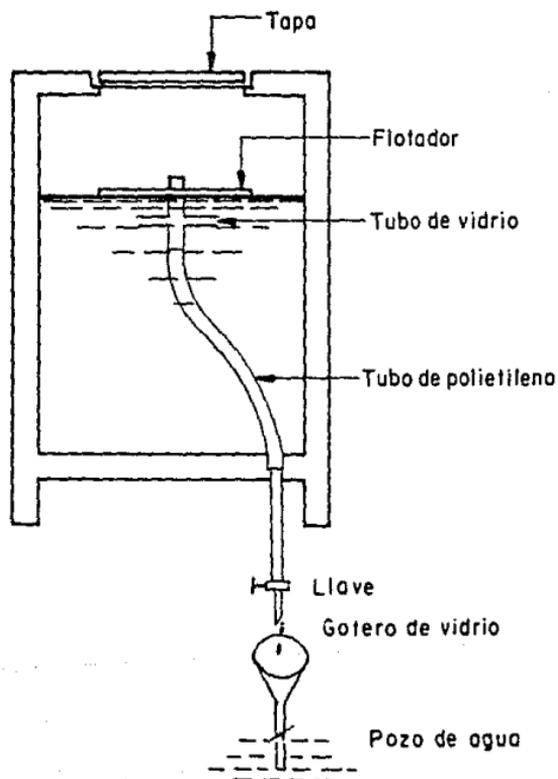


FIG. III. 12 DOBLE RECIPIENTE CON UN AGUJERO CADA UNO

FIG. III. 13 CLORADOR DE GOTEO



personas). La unidad necesita rellenarse después de 2 a 5 días dependiendo del consumo. La razón de goteo quizá necesita ajustarse una vez al día.

e) Cloradores tipo venturi o eyector. (fig. III.14) Estos cloradores, los cuales son disponibles comercialmente y en ocasiones usados en abastecimiento de agua por medio de tubería, se encontró que no son satisfactorios, debido a su rápida obstrucción de carbonato de calcio en las gargantas, de aquí que no se recomienden.

f) Clorador tipo alimentación directa. (fig. III.15) Un método simple de desinfección para abastecimientos de agua por medio de tubería es alimentar directamente la solución de hipoclorito de calcio en la línea de succión de la bomba usada para extraer el agua. La dosis se ajusta usando una llave en el recipiente que contiene solución al 1% en cantidad suficiente para durar un día y todavía un exceso para prevenir la entrada de aire a la línea de succión. Este método no requiere de artefactos especiales y se ha encontrado satisfactorio en su operación.

III.1.3.2.4. Comprimidos de compuestos de cloro. Existen comprimidos de compuestos de cloro que se agregan al agua clarificada para su desinfección. Hay varias marcas comerciales, y en cuyos envases se indica la cantidad a emplear para desinfectar el agua según el uso a que se le destine (generalmente una o dos pastillas por litro).

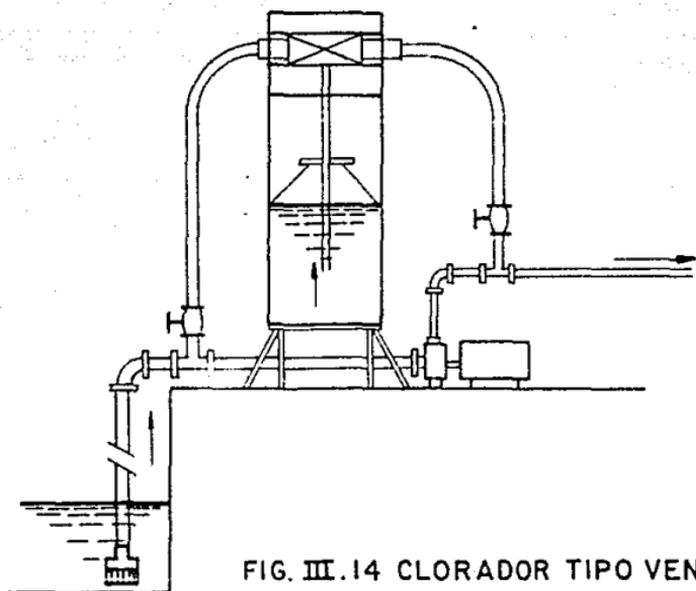


FIG. III.14 CLORADOR TIPO VENTURI

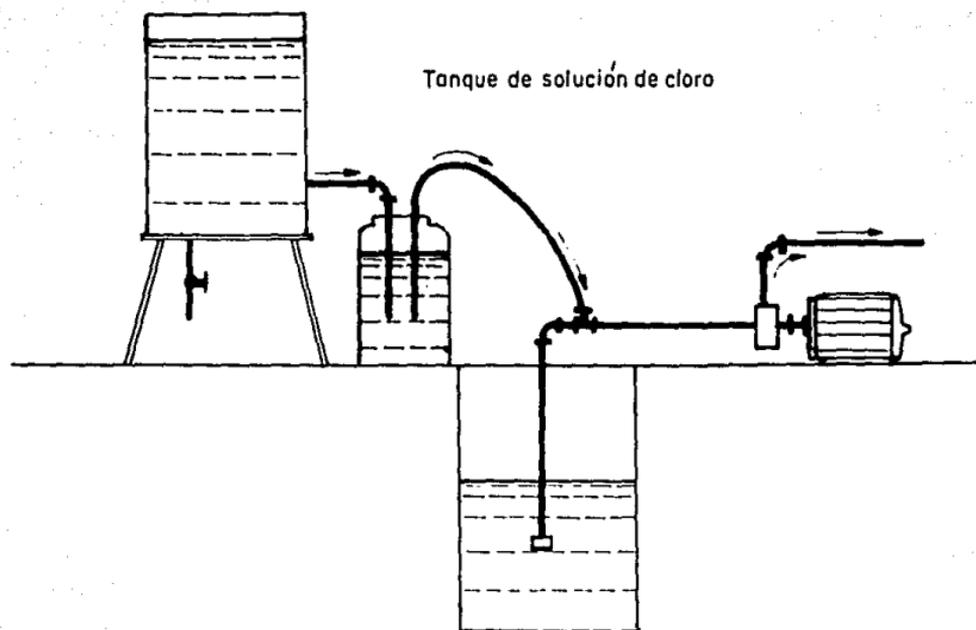


FIG. III. 15 CLORADOR TIPO DE ALIMENTACION DIRECTA

III.1.3.3. Solución acuosa de yodo. (Iugol o solución de yodo) Es un desinfectante de buena calidad que contiene 5% de yodo puro, 10% de yoduro de potasio y 85% de agua. Para la desinfección basta agregar dos gotas por litro de agua clarificada, se mezcla por agitación y se deja reposar durante veinte minutos. También se elaboran tabletas de compuestos de yodo que dan excelente resultado.

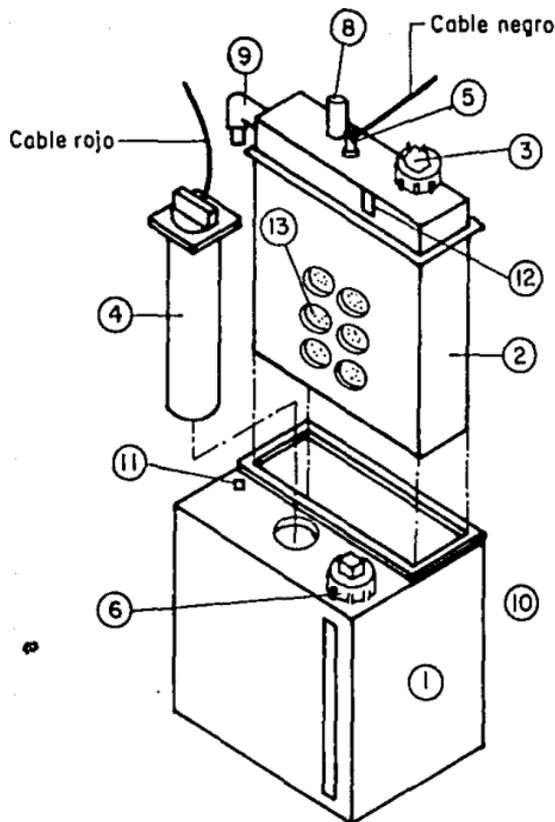
III.1.3.4. Agua oxigenada de 15 a 20 vol. (H_2O_2). A un litro de agua clarificada se agrega 5 centímetros cúbicos (una cucharadita) de agua oxigenada. Se mezcla agitándola y se le deja reposar unos veinte minutos. El agua oxigenada tiene bajo poder bactericida, por lo tanto no hay seguridad en su acción desinfectante.

III.1.3.5. Desinfección usando una mezcla de gases oxidantes generados "in situ". En busca de solución a los problemas generados por desinfección con cloro en las pequeñas comunidades, como son; la importación de aparatos, la transportación de sustancias o gases peligrosos y la formación de productos indeseables por una alta demanda de cloro en el agua, como compuestos organoclorados (compuestos tóxicos y carcinógenos) y precipitados de sales metálicas, entre otros, que además de transformar las características organolépticas del agua la pueden convertir en fuente de peligro potencial para la salud, se ha experimentado y comprobado la eficiencia del uso de gases oxidantes generados en "in situ", producidos mediante una reacción

electrolítica, como un método alternativo de desinfección.

A continuación se describirán dos equipos que producen esta clase de gases oxidantes generados "in situ". Uno de ellos es el MOGGO (Modular Oxidant Gas Generator On Situ) investigado por la Organización Panamericana de la Salud, y el segundo equipo la Celda Electrolítica Generadora de Gas Cloro, investigada y construida por la Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico (DGIyDT), dependiente de la Subsecretaría de Regulación Sanitaria y Desarrollo de la Secretaría de Salud.

a) Unidad de desinfección MOGGO. La fig.III.16 muestra el diseño básico de uno de los prototipos de las unidades MOGGO producidos por la Ozone Technology Corp.. Consta básicamente, de una celda electrolítica que produce los gases oxidantes (cloro y oxígeno) en el compartimiento del ánodo y, en el compartimiento del cátodo: hidróxido de sodio y gas hidrógeno. Estos dos compartimientos están separados por una membrana semipermeable. El cuerpo del prototipo fue fabricado de acrílico, pero también sería adecuado utilizar otros materiales, siempre y cuando fueran resistentes al cloro y al ozono. El cátodo de la unidad MOGGO es de acero inoxidable y para el ánodo pueden emplearse diversos materiales, cada uno con sus ventajas y desventajas específicas. Los diferentes materiales anódicos producen espectros gaseosos ligeramente distintos entre sí, los cuales varían entre 20 y 30% para el cloro y 70 y 80%



- | | |
|--|--|
| 1.- Compartimiento del ánodo | 8.- Tubo de ingreso del hidrógeno |
| 2.- Compartimiento del cátodo | 9.- Línea de rebase de la soda |
| 3.- Orificio por el que se agrega agua/
soda cáustica, al compartimiento en
que se encuentra el cátodo | 10.- Tubo para el ingreso del aire |
| 4.- Anodo | 11.- Tubo de salida de la mezcla de
gases |
| 5.- Cátodo | 12.- Visor del nivel de la soda |
| 6.- Tapón de plástico del orificio por
donde se agrega la sal | 13.- Membrana |
| 7.- Compartimiento visor del nivel de
la sal | |

FIG. III. 16 UNIDAD DE DESINFECCION MOGGO

para el oxígeno. El voltaje también altera ligeramente las proporciones de ambos.

MOGGO utiliza una solución saturada de cloruro de sodio y un gasto energético bajo (3 a 10 voltios) para llevar a cabo la electrólisis. Los elementos oxígeno/cloro son absorbidos fuera del compartimiento del ánodo por un tubo de polipropileno conectado a un venturi. El gas hidrógeno proveniente del cátodo es eliminado a la atmósfera. El hidróxido de sodio generado en el compartimiento del cátodo debe ser diluido a intervalos regulares, procurando mantenerlo por debajo del 10% para que la electrólisis continúe siendo eficiente. El hidróxido de sodio se diluye y se le hace fluir añadiendo agua al compartimiento del cátodo. También es necesario añadir cristales de cloruro de sodio y agua a la cámara de sal en el compartimiento del ánodo una o dos veces a la semana. Visualmente se puede determinar el momento en que es necesario añadir agua o sal.

El venturi debe fabricarse con materiales resistentes a la oxidación, tales como el polipropileno, e instalarse directamente en el conducto que conduce el agua para ser desinfectada, pudiendo también ser instalado sobre un circuito de derivación en el mismo conducto.

No presenta partes móviles y todas son en extremo durables. La membrana semipermeable es probablemente el componente más frágil, pero si no se toca y se limpia con un

chorro de agua regularmente, debería durar cinco años o más.

La tasa de generación de gases es controlada por la electrólisis de una solución saturada de cloruro de sodio. La velocidad de la electrólisis se controla variando la corriente eléctrica que fluye entre los electrodos. Esta a su vez se controla alterando el voltaje, usando un reóstato. O sea que, el desinfectante residual que se desea, se obtiene simplemente ajustando el dial del reóstato. No es necesario hacer ninguna mezcla o medición de sustancias químicas. El análisis químico se reduce a las pruebas del residual existente en el sistema de distribución.

En la mayoría de los casos, el oxígeno satisface la demanda oxidante y el cloro provee al sistema de distribución el desinfectante residual deseado.

Puesto que los gases oxidantes producidos en la unidad MOGGO se componen aproximadamente en un 70% de oxígeno y en un 30% de cloro, se puede esperar obtener los mismos subproductos de desinfección que se obtienen cuando estos desinfectantes se utilizan por separado. Las pruebas realizadas indican que éste es el caso. Además, parece ser que el ozono y los radicales libres de oxígeno reaccionan con mayor facilidad ante sustancias orgánicas que ante el cloro, dando como resultado un nivel significativamente menor de trihalometanos que aquél que se obtendría usando sólo el cloro. De manera similar, el oxígeno puede reaccionar con mayor facilidad que el cloro ante los fenoles

y las algas debido a su afinidad por la materia orgánica, reduciendo con ellos los problemas de sabor y de olor, así como la formación de compuestos organoclorados no deseados. Desde el punto de vista de salud pública el MOGGO es tan beneficioso y seguro como el cloro.

b) Celda Electrolítica Generadora de Gas Cloro.

Este modelo de celda es un cilindro de policloruro de vinilo (PVC hidráulico) de 10 cm de diámetro y 88 cm de largo con dos compartimientos cubiertos, con tapas cada uno de ellos, A y B de la fig. III.17.a

Los compartimientos se ilustran en la figura III.17.b

El compartimiento A está separado del B por una membrana de 5 cm de diámetro sujeta a un portamembranas (1). El portamembranas consta de dos piezas, una removible donde la membrana es colocada y la otra va fija al cuerpo de la Celda. En esta pieza se atornilla la parte movible, lo que separa los dos compartimientos. Esta membrana es semipermeable por que deja pasar iones sodio y no cloro. Está fabricada de teflón fluorocarbonado.

El compartimiento A, o ánodo tiene un electrodo de titanio (2) de triple placa con un área de 107.5 cm^2 : operará con un volumen de 3 litros de solución saturada de cloruro de sodio. Tiene una tapa con una salida (10) constituida por un adaptador donde se coloca un tubo para la conexión a la manguera de succión (3) al inyector Venturi

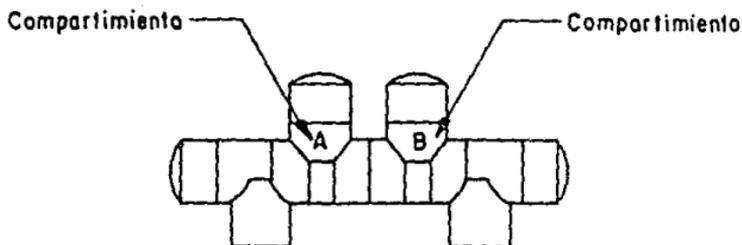
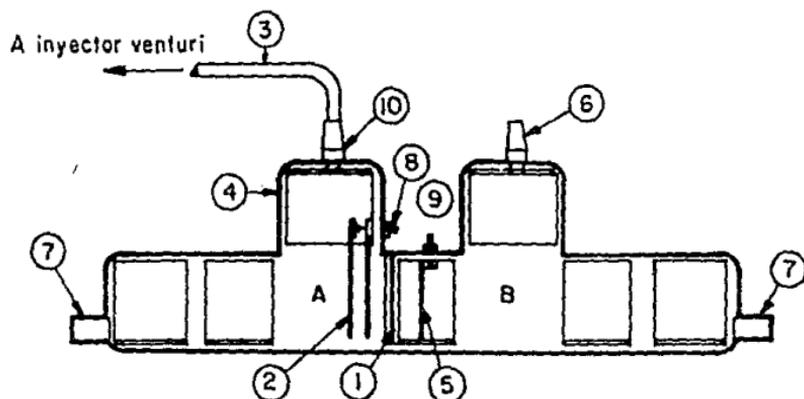


FIG. III. 17 a CELDA ELECTROLITICA GENERADORA DE GAS CLORO



- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1.- Portamembrana | 6.- Salida de hidrogeno |
| 2.- Electrodo de titanio | 7.- Tapones de drenado |
| 3.- Manguera de succión | 8.- Borne positivo |
| 4.- Orificio | 9.- Borne negativo |
| 5.- Electrodo de acero inoxidable | 10.- Salida de gas cloro |

FIG. III. 17 b ESQUEMA DE LA CELDA ELECTROLITICA GENERADORA DE GAS CLORO

para la extracción del gas cloro. En la parte superior del compartimiento, en una de sus caras laterales, existe un orificio (4) para la compensación de presión atmosférica durante la succión del gas cloro.

El compartimiento B, o cátodo, tiene un electrodo de acero inoxidable (5) de 6 cm de diámetro y un milímetro de espesor; opera con un volumen de 3 litros de hidróxido de sodio al 10%. Tiene una tapa con salida constituida por un adaptador para la expulsión del hidrógeno gaseoso producido.

Los compartimientos A y B están provistos de tapones de drenado (7) para el vaciado de las soluciones. Poseen dos bornes (positivo 8, y negativo, 9) para conectar al compartimiento A el polo positivo y al compartimiento B el polo negativo de una fuente de poder de corriente directa.

El gas cloro producido en la Celda se obtiene como consecuencia de la ionización de una solución de cloruro de sodio, al aplicarse un voltaje constante, que produce una corriente eléctrica. La cantidad de cloro producido es proporcional a la intensidad de corriente en la solución de cloruro de sodio. La Celda está diseñada para producir 2.6 mg de cloro por litro por amperio.

La diferencia de potencial (voltaje) se aplica a dos electrodos. Uno de titanio es utilizado como ánodo, y otro, de acero inoxidable, funciona como cátodo. El ánodo se encuentra sumergido en la solución de cloruro de sodio y el

estado en la solución de hidróxido de sodio. Ambas soluciones están separadas por la membrana semipermeable, como se describió antes.

La corriente eléctrica constante provoca la ionización de ambas soluciones; la solución de cloruro de sodio libera cloro gaseoso e iones de sodio, los cuales pasan a través de la membrana, aumentando así la concentración de la solución de hidróxido de sodio. En este compartimiento se ioniza el hidróxido de sodio y se desprende hidrógeno.

Es evidente que la unidad MOGGO y la Celda Electrolítica Generadora de Gas Cloro, trabajan bajo el mismo principio, pero cabe mencionar que la Celda fue concebida por investigadores mexicanos y que está hecha con materiales nacionales, por lo que no es necesario importar partes o material para su fabricación, excepto la membrana.

La Dirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico (DGIyDT) ha instalado varias Celdas en diferentes Estados de la República, dentro de instituciones y municipios, y reporta resultados muy satisfactorios.⁴

III.1.3.6. Desinfección de líquidos por irradiación ultravioleta. Uno de los métodos de menos uso, muy económico y que reporta óptimos resultados en la desinfección, es la

⁴ CONSULTAR EL BOLITIN DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN SALUD. VOL. 2 No. 8, 1968. CONACYT, SECRETARIA DE SALUD

exposición intensiva a la radiación. Las longitudes de onda más eficientes para producir efectos bacteriostáticos y fungicidas son las radiaciones electromagnéticas ultravioletas.

El grado de desinfección que puede alcanzarse en los líquidos depende del tiempo de exposición a la radiación, el cual está en función de la intensidad de la fuente, de la densidad óptica y del diferencial de flujo. Las radiaciones ultravioletas son capaces de traspasar líquidos con altas densidades de sustancias disueltas y sólidos, tanto orgánicos como minerales, sin que esto deje de tener efectos sobre resultados del agente letal sobre los organismos.

A continuación se describirá una unidad de desinfección de líquidos por irradiación ultravioleta que ha creado el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. y el Grupo de Tecnologías Alternativas S.C.⁵

Esta unidad se integra de la siguiente manera.

1) Caja de exposición: se trata de una caja herméticamente cerrada y con tapa abatible. Las caras interiores de la caja están espejadas para que actúen como superficies reflectoras que multipliquen los efectos germicidas de la radiación.

⁵ CONSULTAR LA MEMORIA DEL SEMINARIO NACIONAL SOBRE POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN PEQUEÑAS POBLACIONES. DICIEMBRE DE 1989 MEXICO D. F. CONACYT, IMSS-COPLAMAR, INEA, CNA

2) Serpentin de vidrio: se trata de tubos derechos interconectados y fijos a la caja de exposici3n. Al interior de los tubos est3n colocadas las l3mparas germicidas, mismas que tienen espirales para la circulaci3n de los l3quidos en torno suyo. El serpentin est3 conectado a filtros de poros diminutos y tiene una salida por donde se colectan los l3quidos desinfectados.

3) Accesorios filtrantes y de circulaci3n; se trata de filtros de poros diminutos, posibilitan la retenci3n de s3lidos y part3culas en suspensi3n y posibilitan una penetraci3n muy efectiva de las radiaciones sobre el l3quido a desinfectar. La circulaci3n del l3quido as3 como el tiempo que permanece en la misma, es posible gracias a accesorios que permiten graduar el volumen a tratar.

4) Unidad port3til: se trata de una estructura que porta la caja de exposici3n, los accesorios, etc., y que facilita la operaci3n y el movimiento de la unidad en las situaciones m3s imprevistas, sean comunitarias o dom3sticas. Porta adem3s los accesorios para el funcionamiento de las l3mparas.

Esta unidad es muy econ3mica, de f3cil manufactura y accesible a cualquier comunidad o usuario. Se ha evaluado, determin3ndose su eficiencia de un 100% en la remoci3n de microorganismos pat3genos. La eficiencia de la unidad ha sido la misma en dosis variables de radiaci3n ultravioleta

que están en correspondencia con las necesidades de desinfección de líquidos con diversos grados de contaminación y de capacidad del equipo disponible para hacer los circuitos en el aparato.

Ha sido probada en aguas contaminadas que después del tratamiento se utilizaron para el cultivo de organismos vivos muy delicados y para la cría de juveniles marinos, encontrándose una amplia gama de aplicaciones, como por ejemplo:

- Desinfección de agua para consumo humano.
- Desinfección de agua para preparación de alimentos, bebidas, aseo personal y lavado de prendas de vestir.
- Desinfección de agua para cuidados médicos, sueros fisiológicos, ampolletas, etc.

III.1.3.7. Destilación del agua por energía solar. La potabilización del agua por medio de la destilación por energía solar, es otro método alternativo que puede utilizarse en el medio rural.

A continuación se describirán dos tipos de destiladores de agua por energía solar; el primero diseñado por la DGlyDT y el segundo presentado en el Seminario Nacional sobre Potabilización del Agua en Pequeñas Poblaciones.⁶

⁶ SEMINARIO NACIONAL SOBRE POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN PEQUEÑAS POBLACIONES. MEXICO, D.F. DICIEMBRE 1980. CONACYT, IMSS-COPLANAR, INEA, CNA.

a) Destilador de Agua por Energía Solar de la DGIyDT. El Destilador de Agua por Energía Solar está formado por un depósito de alimentación con agua y dos cuerpos (el Termosifón y el Condensador) como se ilustra en la figura III.18

El depósito tiene una capacidad para 25 litros. de agua. Debe mantenerse lleno y al mismo nivel del Termosifón.

Uno de los cuerpos, llamado Termosifón, es donde se efectúa el calentamiento del agua. Este es un gabinete de madera sellado herméticamente, tiene en su parte frontal dos vidrios transparentes (de 79 por 77 cm) separados 2 cm entre si para lograr una cámara aislante. Está construido con tubería rígida de cobre de 2.5 cm y 1.25 cm de diámetro. El fragmento inferior del Termosifón es de tubería de 2.5 cm y sirve como entrada del agua proveniente del depósito de alimentación. A este segmento inferior se conectarán 17 tubos de 1.5 cm mismos que se conectan con el otro extremo con el tubo superior también de 2.5 cm de diámetro. Estos tubos sirven como depósito del agua para su calentamiento.

La estructura del Termosifón está sujeta a una charola de lámina pintada de negro. El cuerpo del Termosifón tiene un termómetro de mercurio que marca de -10 a 110 grados Celsius. La temperatura que se alcanza dentro del termosifón puede ser hasta 70 grados Celsius en la Ciudad de México, lo cual es la mínima temperatura que necesita.

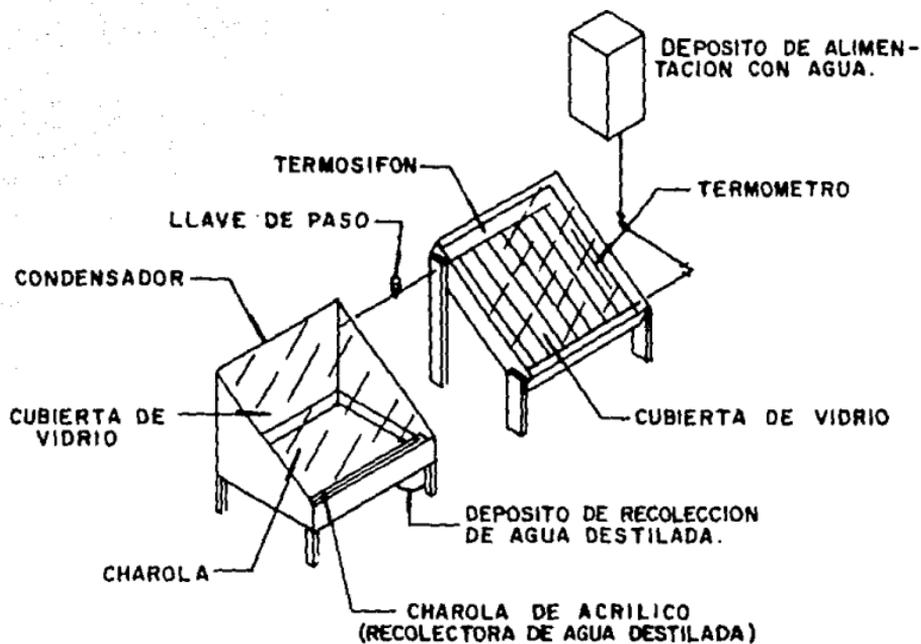


FIG. III 18 DESTILADOR DE AGUA POR ENERGIA SOLAR

El Termosifón está conectado al Condensador mediante una tubería de cobre de media pulgada, y tiene una llave de paso que permite la regulación del flujo de agua. El flujo debe mantenerse a una gota por segundo.

El cuerpo del Condensador es un gabinete de madera sellado herméticamente. En su parte frontal tiene un vidrio transparente de 83 por 62 cm con una inclinación de 45 grados. El agua proveniente del Termosifón se colecta en una charola de lámina pintada de negro que se encuentra en la parte inferior del cuerpo del Condensador, donde se evapora por la exposición de los rayos solares. El vapor de agua se condensa en el vidrio; escurriéndose y recolectándose en la charola de acrílico (colectora de agua destilada). Esta última charola está fabricada de acrílico y mide 60 por 13 cm y tiene un orificio que drena al depósito de recolección de agua destilada.

El agua calentada en el Termosifón, cuando menos 70 grados Celsius, pasa gota a gota (una por segundo) a la charola del Condensador en donde se produce la evaporación del agua. El vapor producido se deposita en forma de condensado en el vidrio. La inclinación del vidrio, encamina el agua condensada por gravedad a la charola de acrílico del Condensador que recibe el agua condensada ya destilada.

III.4.2..Destilador de Agua por Energía Solar tipo Invernadero. El Destilador de Agua por Energía Solar tipo Invernadero es un espacio cerrado, fabricado con material

transparente, de modo que entre la luz y los rayos solares en sus diferentes formas.

El espacio cerrado puede ser cuadrado, rectangular, o en cualquier forma geométrica que se desee, o adecuarse al terreno o su forma, esto no significa que sea ambiguo o indefinido, se trata que cualquiera lo pueda hacer, se recomienda cuadrado o rectangular, ya que será lo más usual por simplificado y a la vez por económico.

El tamaño puede ser variable, así como la altura, dependerá de la situación económica de cada usuario, claro que a mayores tamaños y alturas los rendimientos son mayores.

Lo más importante es que el techo debe ser diferente a lo normal, y en forma de dientes de serrucho, dichos dientes tendrán pico en la parte alta del techo, y en la parte baja con el objeto de tener una mayor área de contacto con el exterior, y propiciar mayores escurrimientos dentro de una misma área, además de guiar los escurrimientos a donde se quiere recobrarlos por medio de pequeños canales en la parte baja de los picos de escurrimiento, y en la parte baja de las paredes y almacenarlos.

El armazón o estructura del espacio cerrado, puede ser de fierro, aluminio, madera o cualquier material de construcción que se presente para ello y que tenga la resistencia necesaria para cubrir los requisitos de las construcciones.

El ideal sería de aluminio, y cubierto con paredes y techos de vidrio, porque tendrán constantemente vapor dentro de ellos, y a la larga es más económico, e inoxidable.

En la figura III.19 se muestra una perspectiva convencional del Destilador tipo Invernadero. Con referencia a dicha figura, el espacio cerrado está formado por una estructura que es la base de todo el conjunto (1). Se puede apreciar la condensación del vapor de agua y su escurrimiento hacia abajo (2), siendo recolectado éste en canaletas (3,4), posteriormente es transportado en tubos (5) para ser descargado en depósitos externos (6); donde el destilado es almacenado hasta su uso. También se observa que se pueden sembrar plantas (7) en el interior del invernadero además de tener los depósitos de agua para su evaporación, en la parte superior y en la inferior que quedan en el exterior en medio de las puntas de estos techos dentados y en la parte de atrás y de enfrente que también están en el exterior deberá circular libremente el aire (9), la parte de los picos del techo que quedan en el interior si deberán ir cubiertos ya que es parte de techo, y parte de pared (10).

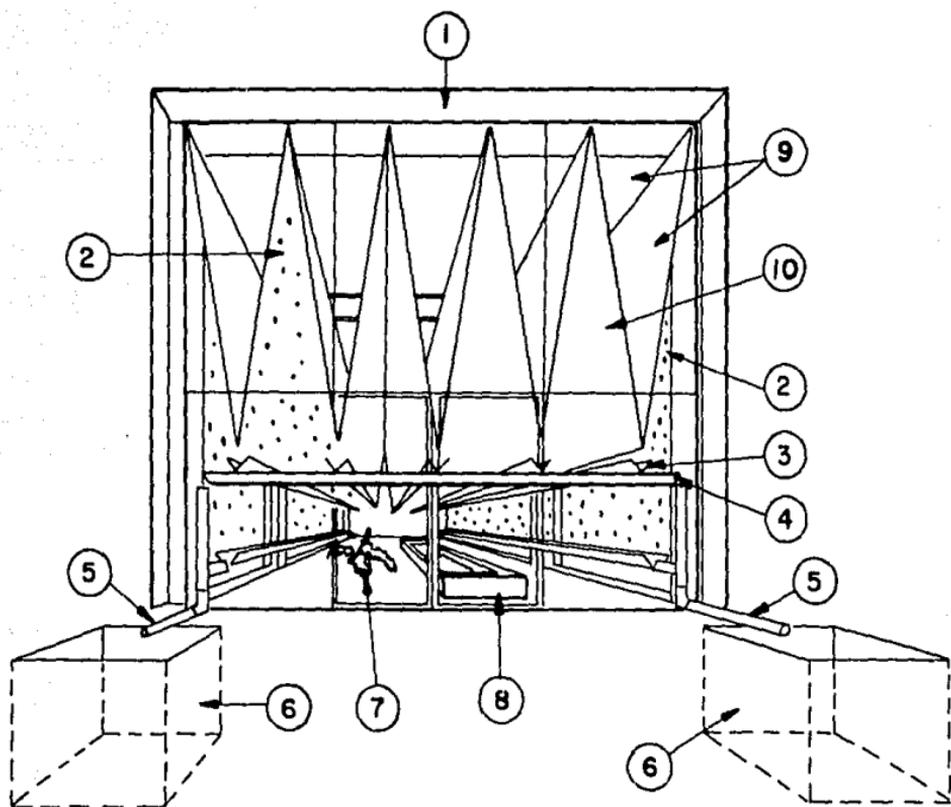


FIG. III.19 DESTILADOR DE AGUA POR ENERGIA SOLAR TIPO
INVERNADERO

III.2. Métodos de tratamiento. La experiencia ha demostrado que, cuando se dispone de agua corriente, los sistemas hidráulicos de recolección y evacuación de excretas y desechos son los más adecuados y eficientes tanto en zonas urbanas como en las rurales. Reúnen esos sistemas todos los requisitos sanitarios y estéticos. Se evita, en particular, la contaminación del suelo y de las aguas superficiales, se impide que las moscas, los roedores y los animales domésticos tengan acceso a los residuos potencialmente peligrosos, y se previene la transmisión mecánica al hombre de las enfermedades propagadas por las heces.

Entre los diversos métodos de tratamiento de residuos líquidos que pueden utilizarse en las zonas rurales figuran el empleo de pozos negros y de pozos de filtración, y el sistema de fosa séptica, que se compone de fosas de sedimentación con uno o varios compartimientos seguidos por terrenos de irrigación en el subsuelo, zanjas de filtración o filtros de arena o de goteo.

III.2.1. Pozo negro. El pozo negro es esencialmente un pozo cubierto en el que se recogen directamente las aguas residuales y que puede ser impermeable o permeable. En algunos casos, se utiliza el pozo impermeable, preparado para contener el líquido residual que debe extraerse cada seis meses, aproximadamente. El pozo negro absorbente se excava, por el contrario, en un suelo permeable para que la parte líquida

de los residuos se infiltre en el terreno. Los sólidos se acumulan entonces en el pozo y van cerrando gradualmente los poros del terreno.

Los pozos negros impermeables suelen tener una capacidad de 68 litros por persona y por mes, o de 408 litros por persona cuando se vacía cada seis meses. Los pozos negros permeables tienen diámetros de 90 cm o más y llevan un revestimiento de materiales superpuestos sin argamasa por debajo de la tubería de entreda (véase la fig. III.20). La parte superior del revestimiento, que está a unos 60 a 90 cm del nivel del suelo, debe ser impermeable y unida con mortero. Suelen instalarse también cubiertas con bocas de inspección. Una vez que los poros del terreno se han obturado y el pozo se llena, un tubo de salida en T y un tubo de rebose llevan el líquido que sobrenada a un pozo de filtración.

El pozo negro debe instalarse en un plano más bajo que los pozos de agua potable; en todo caso, una distancia mínima de 15 metros evitará la contaminación del agua. Para evitar la contaminación química, la distancia entre un pozo de agua potable y un pozo negro situado en un plano superior no debe ser menor de 45 metros. Los pozos negros de tipo permeable deberán instalarse a 6 metros, por lo menos de los cimientos de las viviendas. Se recomienda el uso de los pozos negros en zonas rurales de baja densidad de población y donde no sea posible el uso de otro método. Las

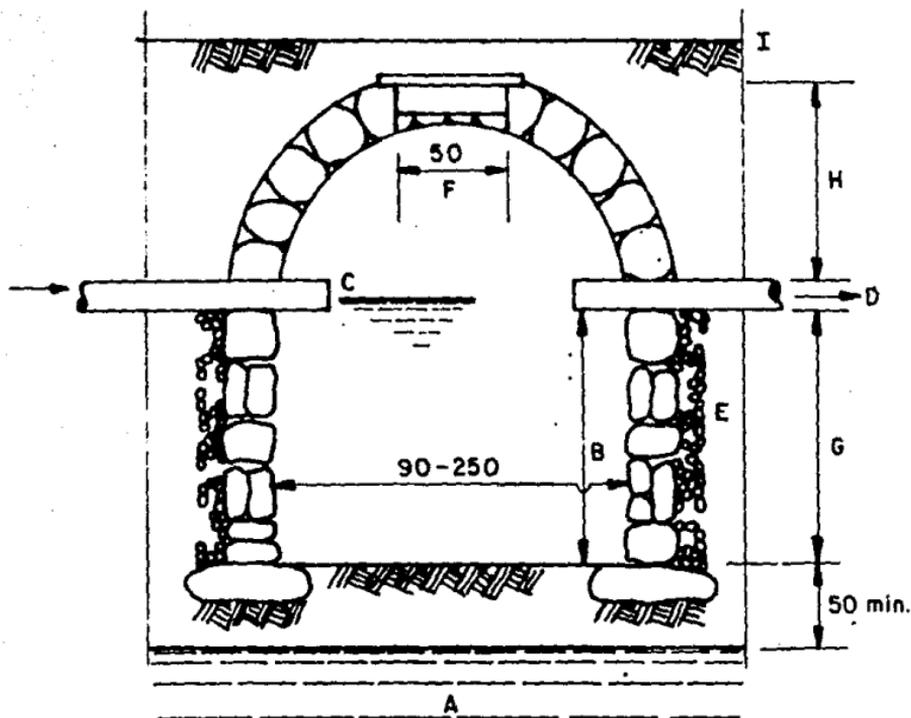


FIG. III. 20 POZO NEGRO CON REVESTIMIENTO DE BLOQUES DE PIEDRA

- A = Agua subterráneo
- B = Profundidad de 2 m, o más en terreno permeable
- C = Tubería de entrada
- D = Tubería de salida a otro pozo negro
- E = Capa de 15 cm. de grava gruesa
- F = Boca de inspección, 50x50 cm.
- G = Piedras superpuestas sin mortero
- H = Piedras con juntas de mortero
- I = Nivel del terreno

autoridades sanitarias no permiten su construcción en las colectividades con una gran densidad de población donde los pozos constituyen la base del abastecimiento de agua potable.

III.2.2. Pozo de filtración. El pozo de infiltración recibe el efluente de las letrinas de pozos anegados, pozos negros y fosas sépticas y permite que se infiltren en el terreno. Se emplea a veces para la evacuación de residuos de lavaderos, baños y cocinas. En este último caso, quizá convenga instalar una trampa de grasa en la tubería de evacuación de la casa. El pozo de filtración puede instalarse también en el extremo inferior de los conductos de evacuación de barro cocido situados en el subsuelo, con objeto de recoger el afluente de las fosas sépticas que haya podido pasar sin ser filtrado.

Como se ve en la figura III.21, el pozo de filtración consiste simplemente en un hoyo circular excavado en el suelo a suficiente profundidad para que penetre 1.8 metros o más en una capa de tierra porosa. Suele tener un diámetro de 1 a 2.5 metros. Las paredes laterales están revestidas con ladrillos o piedras sin mortero por debajo de la tubería de entrada. El hoyo puede rellenarse con piedras, en cuyo caso no se necesita revestimiento. El pozo de filtración debe cerrarse con una tapa hermética que impida el acceso de los mosquitos y de las moscas, así como la entrada de aguas superficiales.

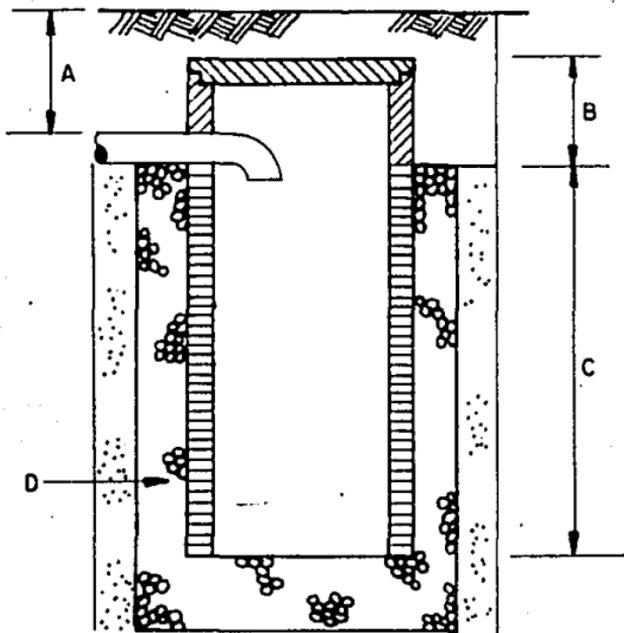


FIG. III. 21 POZO FILTRANTE

A= Profundidad variable del terreno

B = Junturas de cemento

C = Junturas abiertas

D= Relleno de piedra, 15 cm. o más

Si el terreno en que se ha excavado el pozo no es suficientemente poroso, el efluente se irá acumulando lentamente y terminará por rebosar. Eso suele ocurrir incluso en los suelos porosos, cuando los poros de las paredes de tierra se obstruyen al irse depositando en ellos la materia finamente desmenuzada que arrastra el efluente y los sólidos procedentes de las actividades biológicas de organismos zoogléicos que proliferan sobre las partículas del terreno en contacto con dicho efluente. Estos fenómenos determinan en realidad la duración útil de un pozo de filtración, que suele ser de varios años (de 6 a 10), si el afluente no es muy turbio, como resultado de un tratamiento primario eficaz de los residuos brutos.

Quando un pozo de filtración deja de funcionar, debe excavar otro a varios metros de distancia. Con objeto de prolongar la duración útil del sistema de evacuación, se pueden excavar dos o tres pozos y conectarlos por la parte superior. La distancia entre cada pozo deberá ser por lo menos tres veces mayor que el diámetro del pozo más ancho.

El mayor inconveniente de los pozos de filtración es el peligro de que se contaminen las aguas subterráneas. Por eso deberá elegirse cuidadosamente su emplazamiento. Basta con instalar los pozos de filtración de ser posible, en un plano más bajo que el de cualquier pozo o fuente de agua potable, y en todo caso, a 15 metros de distancia, cuando menos. Como en lo que respecta a los pozos negros,

las autoridades sanitarias no suelen permitir la construcción de pozos de filtración en colectividades muy pobladas, donde las aguas subterráneas se utilizan para fines domésticos.

Para determinar la profundidad del pozo debe hacerse la prueba de absorción a diferentes profundidades, y generalmente el término medio del coeficiente obtenido sirve para determinar las características absorbentes del terreno de un sector.

Para efectuar la prueba de absorción, a medida que se va excavando el pozo y a diferentes profundidades. se hacen excavaciones de 0.30 X 0.30 m de base por 0.35 m. de profundidad, a fin de obtener una cifra media. Después de extraer la tierra desprendida se coloca en el fondo una capa de 5 cm de arena gruesa o gravilla; luego se llena con agua y se deja que se filtre totalmente. Después se vuelve a llenar, de modo que el agua permanezca en él por lo menos 4 horas, y de preferencia por la noche, para que el terreno se sature. Posteriormente se ajusta la altura del agua hasta una profundidad de 0.15 m y se determina el tiempo que tarda en bajar 2.5 cm, a velocidad de filtración midiendo el descenso después de 30 minutos para terrenos normales o de 10 minutos para terrenos arenosos o muy permeables. Si, por ejemplo, el nivel del agua desciende 0.25 m en 30 minutos, la velocidad de filtración es de 3 minutos (tiempo que tarda en bajar 2.5 cm). Con esta velocidad de infiltración se

determina el coeficiente de absorción.

La tabla 1 reproduce los coeficientes de absorción del terreno para su gasto de 190 l/h/d.

TABLA 1
COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DEL TERRENO
(Cálculo de pozo absorbente para gastos de 190 l/h/d)

Tiempo en minutos para que el nivel de agua baje 2.5 cm (prueba de absorción)	Superficie de filtración por persona y día en m ² (K ₁)
1	0.88
2	1.08
5	1.44
10	2.25
30	4.50
más de 30	terreno inadecuado

* Reglamento General de Acantarillados Particulares, Chile.

Si el consumo de agua es distinto al indicado, las cifras varían proporcionalmente. Para calcular la dimensión del pozo no debe considerarse el fondo de la excavación porque se colmata rápidamente, sino la superficie de los taludes bajo la línea de agua, determinada por el nivel de la cañería de llegada. Si parte del terreno es impermeable, debe restarse la superficie correspondiente.

Conocido el coeficiente de absorción, la profundidad del pozo se determina con base en la siguiente fórmula:

$$H = \frac{K_1 \times N}{\pi \times D}$$

H = Profundidad del pozo en metros

K_1 = Coeficiente de absorción en m^2 /persona/día.

N = Número de personas servidas.

D = Diámetro medio del pozo en metros.

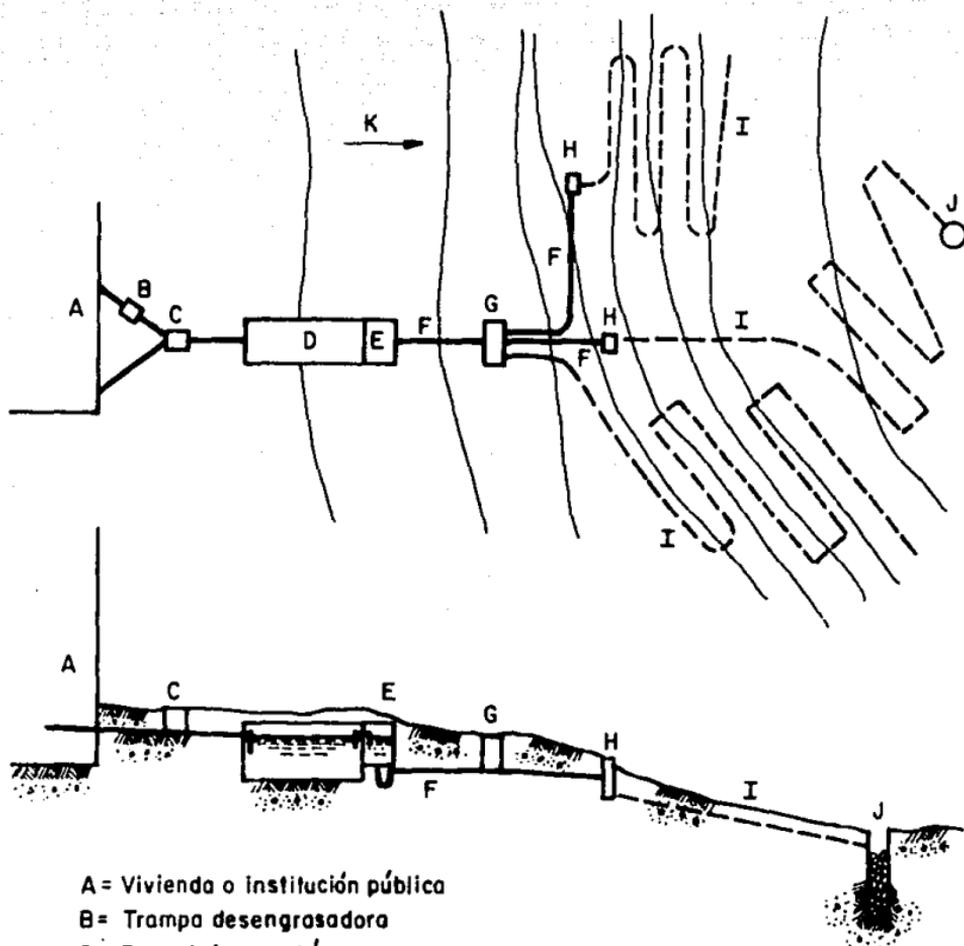
III.2.3. Fosa séptica con descarga a cañerías de infiltración, pozo de filtración, zanjas de arena filtrante, filtros subterráneos de arena, filtros superficiales de arena y filtros de goteo. Las aguas negras provenientes de la instalación domiciliaria se evacúan a una fosa séptica, donde se origina el tratamiento primario (aunque incompleto); y el efluente, que sale cargado de materia orgánica en suspensión, finamente dividida, en estado coloidal y en solución, debe ser sometido a un tratamiento posterior (secundario) y, por consiguiente, una fosa séptica no constituye sino una parte de un tratamiento de aguas negras, el cual debe completarse con unidades tales como pozos de infiltración, sistemas de drenaje, zanjas filtrantes, filtros subterráneos de arena, filtros superficiales de arena; y aunque es aceptable que el efluente sufra sólo un proceso de autopurificación en un curso de agua con cloración previa o sin ella, según las circunstancias y condiciones locales.

III.2.3.1. Fosa séptica. La fosa séptica es el más útil y satisfactorio de los procedimientos hidráulicos de evacuación de excretas y otros residuos líquidos procedentes de viviendas individuales, pequeños grupos de casas o de instituciones situadas en zonas rurales donde no llegan los sistemas de alcantarillado. Consiste en un depósito de sedimentación cubierto, en el que la alcantarilla del edificio vierte directamente las aguas negras (véase las figuras III.22-III.24). El proceso que se desarrolla en el interior de la fosa séptica lo constituye el <<tratamiento primario>> de los residuos brutos y el que se efectúa en la zona de evacuación es el <<tratamiento secundario>>. Hay que advertir que cualquier agua residual, incluso la procedente de baños y cocinas, puede enviarse a la fosa séptica sin riesgo de alterar su funcionamiento normal.

Procesos biológicos

Tratamiento primario.

Las aguas residuales se conservan en reposo durante un periodo de 1 a 3 días, según la capacidad de la fosa. Durante ese periodo, los sólidos más densos se depositan en el fondo formando fango. La mayoría de los sólidos ligeros, como las materias grasas, permanecen en la fosa, formando una especie de espuma en la superficie del



- A = Vivienda o Institución pública
- B = Trampa desengrasadora
- C = Boca de Inspección
- D = Fosa séptica
- E = Cámara y sifón de desinfección
- F = Tuberías de junta hermética
- G = Caja de distribución
- H = Dispositivos de recogida
- I = Conductos de absorción de barro cocido
- J = Pozo de infiltración
- K = Pendiente del terreno

FIG. III. 22 DISPOSICIÓN CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA DE FOSA SEPTICA

P L A N T A

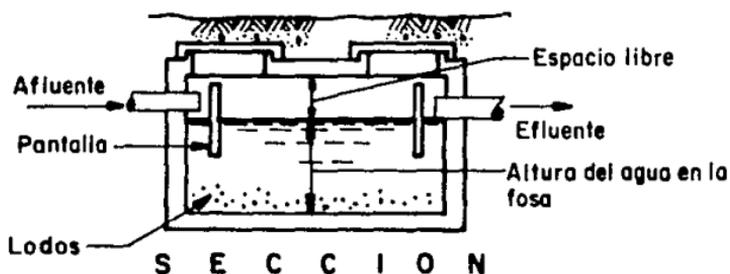
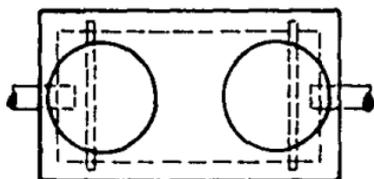
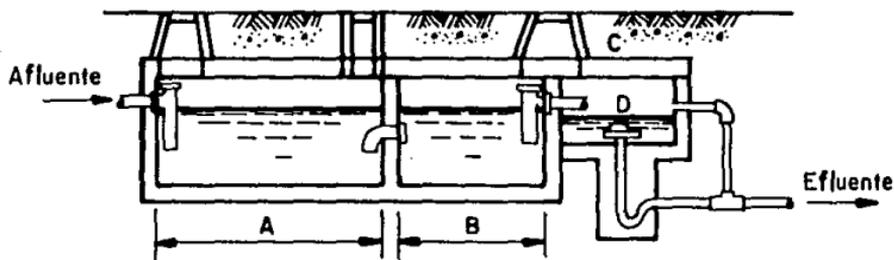


FIG. III. 23 FOSA SEPTICA CON PANTALLA



- A= Compartimiento de entrada
- B= Compartimiento de salida
- C= Estanque dosificador
- D= Sifón

FIG. III. 24 FOSA SEPTICA CON DOS COMPARTIMENTOS

agua, mientras el efluente se lleva el resto al sistema final de evacuación.

Los sólidos retenidos en la fosa séptica sufren una descomposición anaerobia producida por la acción de las bacterias y de los hongos. El resultado más importante de ese proceso es una considerable reducción en el volumen de los sedimentos, lo que permite que la fosa funcione por periodos de uno a cuatro años o más, según las circunstancias, antes de que sea necesario limpiarla. Esa descomposición afecta no sólo a los sólidos sedimentables, sino también a la materia orgánica, disuelta o coloidal, que contiene las aguas residuales.

Cuando la fosa séptica se ha construido de modo apropiada, el efluente apenas está turbio. a causa de los sólidos en suspensión finamente desmenuzados, y presenta una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) relativamente baja. Sigue teniendo, sin embargo, un carácter nocivo; en reposo la sedimentación es escasa, pero despide un olor pútrido característico. Además, ese efluente puede ser peligroso para la salud, ya que puede contener bacterias patógenas, quistes y huevos de vermes que hayan pasado indemnes por la fosa durante el periodo, relativamente corto, de reposo.

Cuando los lodos se descomponen, se produce gas que asciende constantemente en forma de burbujas a la superficie. Las burbujas arrastran partículas de materia orgánica en descomposición que inoculan el líquido residual

que va entrando con organismos necesarios para la putrefacción. Esas partículas llegan a la espuma que se hace, a su vez, espesa y pesada y se hunde en parte bajo el nivel del agua. La capa de espuma flotante puede alcanzar tales dimensiones que su superficie inferior llegue hasta la corriente principal del efluente. Esto suele coincidir con una gran acumulación de lodo denso y compacto en el fondo de la fosa. Como consecuencia de ello, la zona de corriente se reduce de tal manera que resulta imposible la sedimentación adecuada de la materia en suspensión. En ese momento se observarán grandes cantidades de materia flotante en el efluente. Esto puede evitarse limpiando la fosa con regularidad.

El burbujeo del gas a través del líquido obstaculiza en cierto grado la sedimentación normal de los residuos sólidos. Esa dificultad puede aminorarse añadiendo a la fosa séptica un segundo compartimiento en el que las materias más ligeras en suspensión que han pasado por el primero encuentren condiciones más favorables para la sedimentación, Esto es particularmente útil cuando la descomposición anaerobia es rápida y la cantidad de sólidos ya sedimentados en el primer compartimiento es muy grande. La masa de lodos del compartimiento suplementario suele ser más homogéneo y tener un mayor grado de floculación que la del primero y se observa también una menor producción de espuma. El efluente de una fosa de ese tipo contendrá menor

proporción de materias en suspensión que el procedente del sistema de compartimiento único.

Para que los procesos biológicos se desarrollen con eficiencia, deberá evitarse la turbiedad y reducir al mínimo los efectos perturbadores de las corrientes agitadas. Ambos fenómenos pueden llegar a impedir el funcionamiento de la fosa y los procesos del tratamiento secundario, en las fosas pequeñas o excesivamente cargadas. El espacio disponible para la clarificación tiene un efecto de compensación y de equilibrio en las fosas de mayor dimensiones.

Con objeto de conseguir que se produzcan con rapidez y eficacia los procesos biológicos necesarios, se suele trasplantar a las fosas sépticas recién construidas lodo de otras fosas que ya están en funcionamiento. Ese lodo, en avanzado estado de descomposición, proporciona las bacterias y hongos necesarios para una fermentación alcalina, que sucede a la destrucción inicial de la materia orgánica bruta por las bacterias anaerobias. La adición de levaduras no tiene utilidad para iniciar el funcionamiento de una fosa nueva o para acelerar el de una poca activa.

Tratamiento secundario.

El tratamiento secundario del efluente de una fosa séptica se basa en la oxidación de la materia orgánica por la actividad de las bacterias aerobias. Esas bacterias

proliferan en las capas superiores del terreno y en los lechos de arena o piedra a través de cuyos poros pasa de modo natural el oxígeno del aire. En los métodos de irrigación del subsuelo y en los de lechos filtrantes, el afluente se extiende con la mayor uniformidad posible sobre las partículas del suelo o de la arena o sobre pequeñas piedras. Se forma entonces un lúgamo con condiciones biológicas que permiten la actividad de los microorganismos y bacterias aerobios. Debe procurarse que esos medios biológicos no estén sobrecargados ni sumergidos un tiempo demasiado largo; de lo contrario, las bacterias aerobias morirán y se crearán condiciones anaerobias. En las grandes instalaciones, la aireación se consigue por medio de un sifón de dosificación intermitente, instalado cerca de la fosa séptica. De ese modo, el suelo o el lecho de filtración se regeneran y el aire vuelve a penetrar en los intersticios de la materia filtrante en los intervalos entre cada descarga del sifón. En las zanjas filtrantes, la aireación natural del suelo se facilita por medio de las tuberías de desagüe y, en los sistemas de irrigación del subsuelo, por medio de un tubo de ventilación o de un pozo de filtración instalado en el extremo inferior del terreno de evacuación.

La ventilación del medio filtrante puede interrumpirse cuando las materias en suspensión que arrastra el efluente o una formación excesiva de lúgamo obturan los poros. La causa puede ser, en ambos casos, un funcionamiento

defectuoso o ineficaz de la fosa séptica, aunque la formación excesiva de légamo puede también deberse a que el terreno de evacuación esté sobrecargado. La necesidad de un tratamiento primario eficaz que produzca un efluente claro es particularmente imperativo en el método de irrigación del subsuelo. Mucho depende, por supuesto, de la porosidad del terreno; el suelo de arena fina es el mejor desde el punto de vista de la permeabilidad y de la ventilación, mientras que los suelos impermeables, como los arcillosos, son absolutamente inapropiados. Cuando el agua subterránea está próxima a la superficie, quizá no sea posible eliminar el efluente por irrigación del subsuelo, puesto que los poros de la zona del terreno situado sobre la capa de aguas freáticas están cerrados por agua retenida por capilaridad. La experiencia enseña que las tuberías de barro cocido no deben instalarse a menos de 90 cm del nivel del agua subterránea.

La fosa debe construirse de la forma más simple, con todas sus partes accesibles y susceptibles de ser aseadas, evitando el empleo de mecanismos o piezas móviles, pero asegurando la perfecta automaticidad del funcionamiento.

Toda fosa séptica debe ser estucada interiormente con mortero de cemento puro antes de su fraguado inicial. Entre la cara inferior de la cubierta de la fosa y el nivel

máximo del agua deberá dejarse un espacio de 0.25 m como mínimo (preferible 0.40 m) para la acumulación de grasas, materias flotantes y costra que se genera.

La fosa séptica estará provista de una tapa de registro impermeable y hermética de no menos de 0.60 m de diámetro, que permita el acceso de un hombre y la extracción periódica de los lodos. Normalmente, y debido a las pendientes de las cañerías, la fosa séptica suele estar a bastante profundidad. En este caso, el acceso se hace a través de los escalones de una chimenea (tubo de 0.60 m de diámetro).

Las aguas negras domiciliarias llegan a la fosa por medio de una T que descarga verticalmente a una profundidad no inferior a 0.60 m del nivel del agua. La T se coloca inmediatamente debajo de la tapa de registro y dispone de un tapón que permite el varillaje (limpieza) en caso de obstrucciones. La salida del agua sedimentable se efectúa también a través de una T colocada en el extremo opuesto y que penetra por lo menos un metro. La cabeza superior se deja destapada y colocada en el espacio libre existente entre la cara inferior de la cubierta y el nivel del agua, a fin de que permita el escape de gases por la cañería del efluente de la fosa séptica. Es posible utilizar tabiques difusores o pantallas en reemplazo de las T de entrada y salida. La figura III.23 ilustra este tipo de fosa.

Las dimensiones de la fosa séptica varían según el número de personas servidas, tiempo de retención, velocidad de escurrimiento y espacio adicional dejado para la acumulación de lodos.

Las dimensiones para fosas sépticas tipo hormigón y tipo ladrillo se reproducen a continuación en las tablas 2 y 3, para atender a un número que varía de 10 a 35 personas.

De acuerdo con las tablas citadas, las dimensiones de una fosa séptica varían de 1.70 a 2.00 m, de 1.60 a 2.75 m y de 0.80 a 1.00 m para el alto (útil), largo y ancho, respectivamente, correspondiente a 10 y 35 personas.

El cálculo de la fosa séptica se puede simplificar haciendo algunas suposiciones:

a) Altura útil:

1.70 m	hasta	19	personas
2.00 m	---	35	---
2.30 m	---	50	---
2.50 m	---	100	---

b) Período de retención:

12 a 24 horas

c) Gasto:

150 a 200 l/h/día

d) Relación:

largo/ancho = 2

e) Lodo acumulado por persona y por período de limpieza (dos años): 30 a 60 litros.

TABLA 2

Dimensiones para una fosa séptica en relación con el número de personas.

Núm. de personas	H	a	b
10	1.70	1.60	0.80
11	1.70	1.66	0.80
12	1.70	1.72	0.80
13	1.70	1.78	0.80
14	1.70	1.84	0.80
15	1.70	1.90	0.80
16	1.70	1.96	0.80
17	1.70	2.02	0.80
18	1.70	2.08	0.80
19	1.70	2.14	0.80
20	2.00	1.56	1.00
21	2.00	1.63	1.00
22	2.00	1.71	1.00
23	2.00	1.79	1.00
24	2.00	1.87	1.00
25	2.00	1.95	1.00
26	2.00	2.03	1.00
27	2.00	2.11	1.00
28	2.00	2.19	1.00
29	2.00	2.27	1.00
30	2.00	2.35	1.00
31	2.00	2.43	1.00
32	2.00	2.51	1.00
33	2.00	2.59	1.00
34	2.00	2.67	1.00
35	2.00	2.75	1.00

Los lodos acumulados en la fosa séptica deben extraerse periódicamente; de lo contrario, disminuye el volumen útil y origina algunos trastornos, entre los cuales deben destacarse: a) disminución del período de retención y, por consiguiente, aumento de la velocidad del flujo, que conduce el arrastre de materias sedimentables y mayor velocidad de colmatación de los sistemas de tratamiento

secundario; b) obstrucción de los conductos de entrada del agua o de salida del agua sedimentada.

Para extraer el lodo es preciso abrir la tapa de la fosa séptica y hacer la succión a través de una manguera de aspiración de una bomba que evacua los lodos a un estanque hermético, montado sobre un camión. Antiguamente, la limpieza se efectuaba en forma manual, con todos los inconvenientes de prever. Debe tenerse especial cuidado en que la iluminación del interior de la fosa séptica se haga por una bombilla eléctrica o linterna; de lo contrario, se puede originar una explosión ocasionada por la combustión del metano acumulado en la parte superior de la fosa.

Se recomienda a todos los propietarios que tengan viviendas con fosa séptica, mantener un plano de ubicación, con el propósito de localizarla fácilmente para darle mantenimiento.

Los lodos extraídos de la fosa séptica no deben utilizarse como abono, por cuanto hay materia orgánica semidigerida y aún fresca.

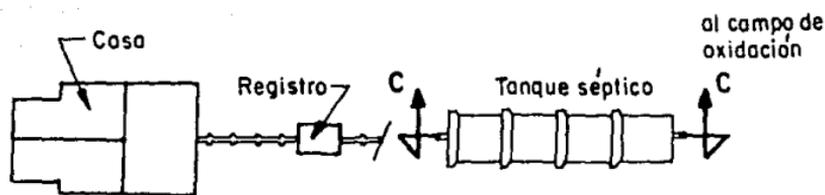
Se han empleado fosas sépticas de dos compartimientos. El compartimiento de la entrada debe tener una capacidad igual a la mitad o a dos tercios de la capacidad total de la fosa séptica, sin que sea inferior a 1900 litros.

La figura III.24, ilustra una fosa séptica de dos compartimientos y cámara de dosificación, la cual se emplea

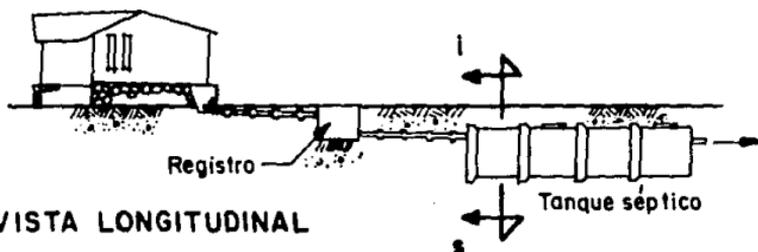
en ciertas ocasiones con campos de drenaje o de incorporación al subsuelo. Una vez llena la cámara, el líquido es expulsado a los tubos de drenaje, logrando mejor distribución que la descarga directa desde la fosa séptica.

En México se ha sugerido una fosa séptica tubular formada por cuatro tubos de cemento de 0.76 m de diámetro y 1.22 m de longitud unidos con mortero 1:3 y tapada en sus extremos con un muro de 0.14 m de espesor. Para su mejor funcionamiento, en el último tramo se construye un muro con perforaciones (mampara) formando dos compartimientos. Se colocan registros para inspección y limpieza. La figura III.25 presenta este tipo de fosa séptica, y tiene capacidad para diez personas. Para mayor servicio se agrega un tubo por cada 2.5 personas.

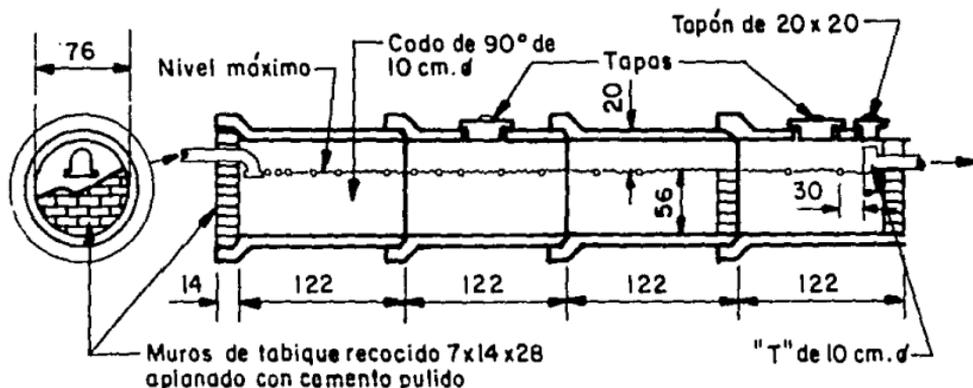
Por otra parte, es posible construir una fosa séptica económica utilizando dos tramos de tubos de cemento comprimido de 1 m de diámetro, dispuestos adyacentes con el eje en dirección vertical y unidos por un tubo de cemento comprimido de 15 cm de diámetro como mínimo siempre que tenga un volumen suficiente para lograr un período de retención mínimo de 12 horas (fig. III.26).



PLANTA GENERAL



VISTA LONGITUDINAL



CORTE i-s

CORTE C-C

FIG. III. 25 FOSA SEPTICA TUBULAR PARA 10 PERSONAS

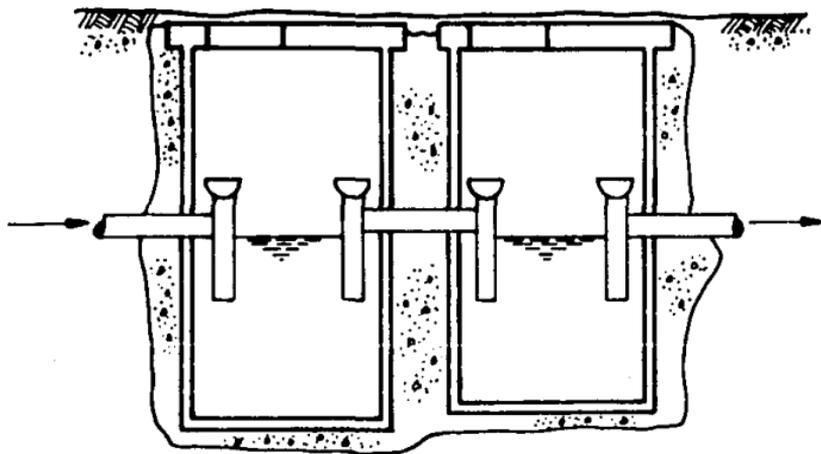
Tubo de mortero prefabricado

Relleno de concreto

Afluente

Efluente

P L A N T A



S E C C I O N

FIG. III. 26 FOSA SEPTICA TUBULAR COMPUESTA DE DOS UNIDADES EN SERIE

III.2.3.2. Cañerías de infiltración o drenajes.

Las cañerías de infiltración o drenajes consisten en tuberías de cemento comprimido, arcilla vitrificada u otro material que descansan en un lecho de ripio colocado en zanjas de 0.3 a 0.4 m de ancho y de profundidad variable, normalmente de 0.5 a 1.00 m. El lecho está constituido por una cama de ripio de tamaño lo más uniforme posible, que varía entre 2 a 6 cm. Este está cubierto con tierra y tendiendo a distribuir el efluente del tratamiento primario de las aguas negras (fosa séptica) e incorporarlo al subsuelo a través de un proceso de infiltración. Entre los tubos, generalmente de 1 m de largo, se deja una separación de 0.5 cm para la salida del líquido, que se protege por un semicollar de papel impermeable (papel de bolsa de cemento alquitranado) con el propósito de evitar que la tierra que cubre la parte superior de la zanja penetre a través de los intersticios de la capa de ripio y alcance el interior de los tubos de distribución del afluente. Este sistema se utiliza de preferencia cuando hay acuíferos relativamente superficiales y estratos impermeables a poca profundidad. Normalmente el efluente llega a una cámara de distribución, la cual reparte proporcionalmente el líquido entre los diferentes ramales que constituyen el sistema de drenaje. La figura III.27 muestra varios diseños de estas cajas de distribución.

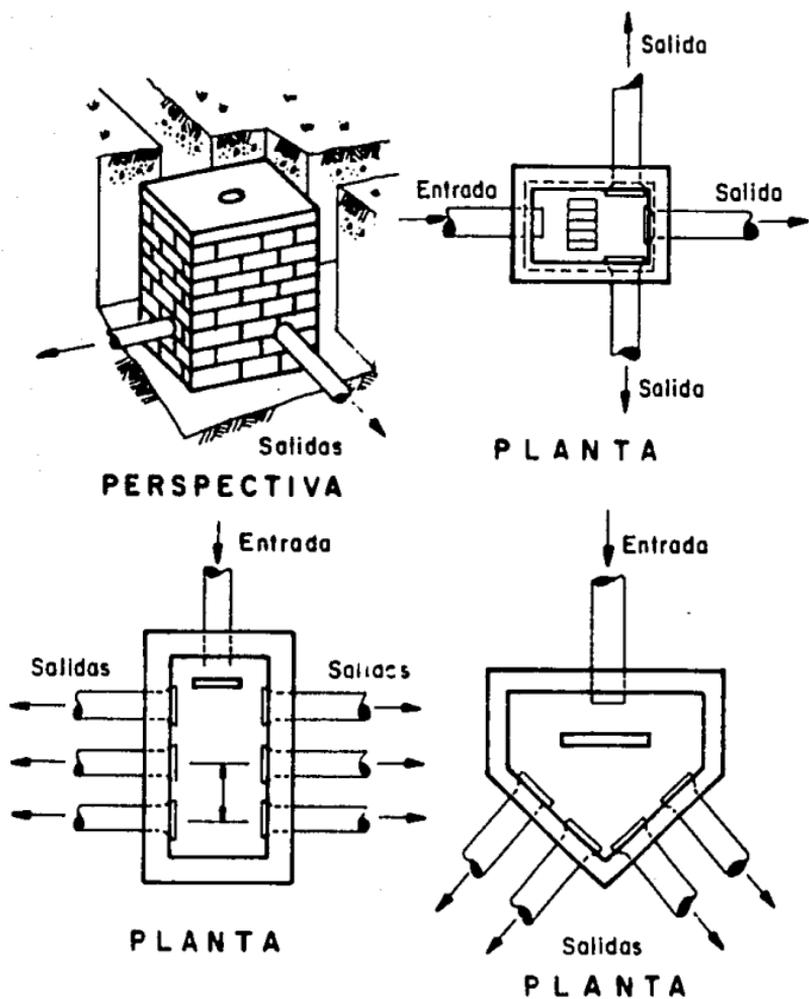


FIG. III. 27 CAJAS DE DISTRIBUCION

El sistema de drenaje debe iniciarse a una distancia razonable de la fosa séptica, unido por un tubo impermeable de 3 m de longitud como mínimo, a fin de asegurar que la humedad no perjudique la resistencia del terreno donde se halla la fosa séptica.

Las cañerías que se usan para los sistemas de drenajes tienen de 3 a 4 pulgadas de diámetro y se colocan con pendientes de 0.16 a 0.50%. La altura mínima de ripio bajo los tubos es de 0.15 a 0.20 m.

Existen diferentes formas de colocar los tubos, lo cual está sujeto principalmente a la topografía y a las características del terreno. La separación entre filas paralelas de tubos no debe ser inferior a 1.85 m, recomendándose una distancia no inferior de 3.0 m para el drenaje de 1 m de profundidad. Los tubos de cemento comprimido pueden reemplazarse por tubos perforados o porosos contruidos con gravilla y cemento. Se diseñan diferentes formas de distribución, como, por ejemplo, sistemas de tuberías con ramales paralelos, sistemas de pata de gallo u otro que permita el terreno. La figura III.28 muestra el sistema constructivo y de distribución de las tuberías de drenaje.

El sistema de drenaje se puede utilizar con buen éxito en campos de deportes, jardines, prados, etc., ya que la capilaridad permite mantener una vegetación conveniente.

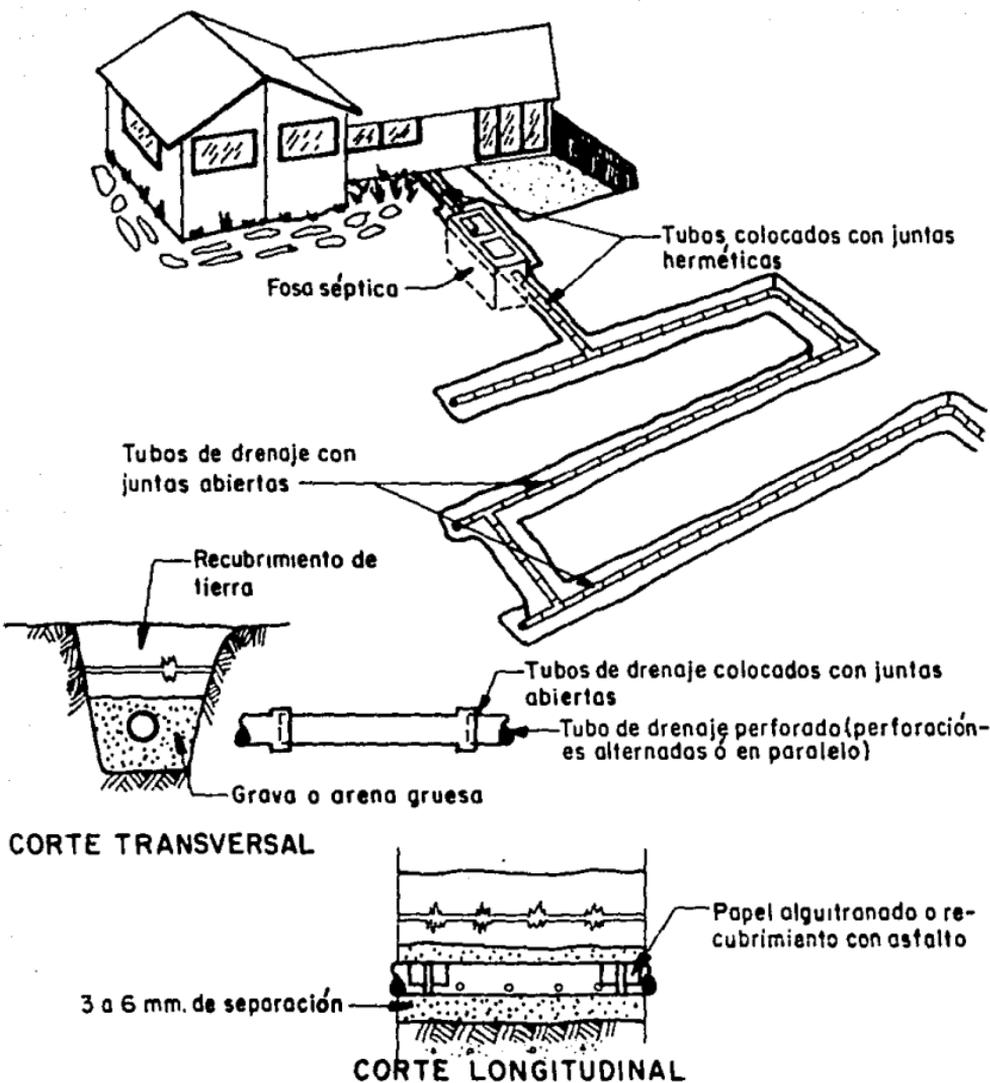


FIG. III. 28 ESQUEMA DE DISTRIBUCION Y CONSTRUCCION

TABLA 3

Coefficiente de absorción del terreno (cálculo del sistema de drenaje)

Indice de infiltración del terreno	Sup. de absorción para un gasto de 190 l/h/d	(K_4)
2, o menos	2.30 m ²	5.1 m
3	2.80	6.2
4	3.25	7.2
5	3.50	7.8
10	4.65	10.4
15	5.35	11.9
30	7.00	15.5
45	8.45	18.8
60	9.30	20.7
más de 60	no conveniente	

Para determinar la longitud de la cañería de drenaje se recurre a la misma prueba de absorción anteriormente descrita, y con base en la tabla 3 se puede calcular la longitud correspondiente.

La longitud de la tubería del sistema de drenaje se encuentra multiplicando K_4 por el número de personas:

$$L = N \times K_4$$

en que

L = largo total en metros de la tubería del sistema de drenaje

N = número de personas servidas.

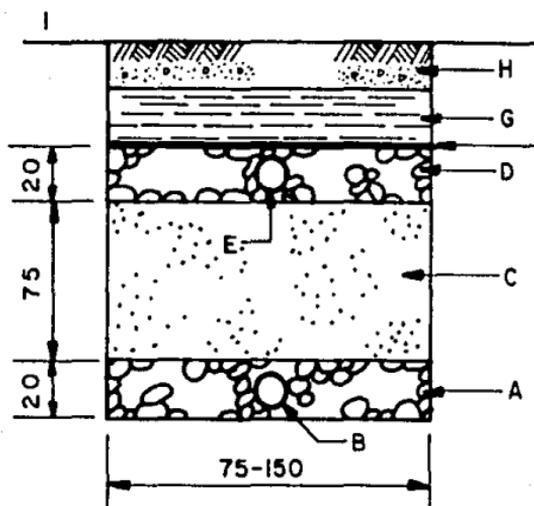
K_4 = coeficiente de absorción del terreno en metros por persona

III.2.3.3 Pozos de filtración. Según el trazo de las zanjas, conviene construir uno o varios pozos de infiltración al final de la tubería de infiltración, que servirán para recoger el exceso de afluente y probablemente para facilitar la ventilación de las zanjas a través del sistema de tuberías. El último metro y medio de zanja que precede del pozo de filtración se debe llenar de arcilla bien apisonada a fin de interceptar la corriente de agua residual que discurre por el fondo de la zanja y evitar así la erosión.

III.2.3.4. Zanjas de Arena Filtrante. Las zanjas de arena pueden construirse en suelos compactos e impermeables (Suelos Arcillosos), en los que el coeficiente de infiltración es superior a 60. También pueden tenerse en cuenta en los lugares donde el agua subterránea asciende en ocasiones hasta 90 cm de la superficie del suelo, o cuando el terreno disponible para la irrigación del subsuelo es demasiado pequeño.

Como se indica en la fig. III.29, la zanja de arena filtrante es más ancha que la zanja ordinaria de filtración y consta de:

- 1) una tubería de distribución del efluente, que suele ser de 10 cm de diámetro;
- 2) un lecho de arena filtrante de 60 cm de profundidad como mínimo y hacer posible de 75 cm, a través del cual el efluente de la fosa séptica se infiltra y sufre una



- A= Grava gruesa o piedra picado
- B= Tubería inferior de desagüe para recogida del efluente filtrado
- C= Arena filtrante gruesa
- D= Grava gruesa o piedra picado
- E= Tubería distribuidora del efluente, construida con tubos de barro cocido o con tuberías largas perforadas
- F= Fábrica o papel alquitranado
- G= Relleno, apisonado en capas húmedas de 15 cm. de espesor
- H= Mantillo
- I= Nivel primitivo del suelo

FIG. III. 29 ZANJA DE ARENA FILTRANTE

depuración biológica;

3) una tubería inferior de desagüe, también de 10 cm de diámetro, rodeada de una capa de grava extendida en el fondo de la zanja. Esa tubería recoge el efluente filtrado y lo vierte en las zanjas de evacuación u otra corriente de agua semejante. Al mismo tiempo impide que el agua subterránea perturbe los procesos biológicos que se verifican en el lecho de la arena antes citado.

Debe ponerse especial cuidado en que las tuberías de distribución del efluente tengan una pendiente uniforme. Cuando no se utilicen tabloncillos de sustentación, debe inundarse previamente el lecho de arena para que se asiente bien antes de tender las tuberías de distribución.

Como material filtrante debe utilizarse arena gruesa limpia, ya que los lechos de arena fina se obstruyen rápidamente y la instalación dejaría de funcionar.

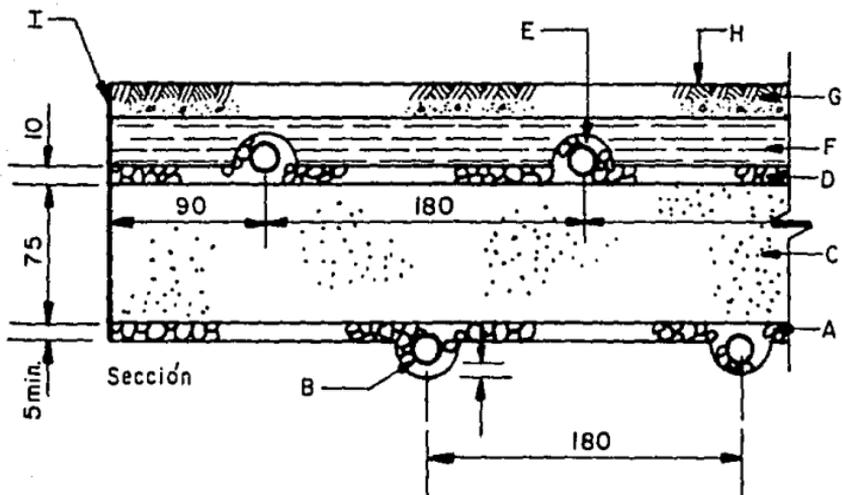
Las tuberías de distribución y las de desagüe pueden ser del mismo tipo que las que se utilizan para la construcción de las zanjas ordinarias de filtración antes descritas. Los tubos largos y perforados tienen la ventaja de conservar la pendiente deseada y se emplean de preferencia para la distribución de efluente de las fosas sépticas sobre lechos de arena. La pendiente de las tuberías de distribución del efluente puede ser la misma que se ha indicado para las zanjas ordinarias de filtración, mientras que la pendiente de la tubería inferior de desagüe puede

llegar hasta el 1%.

La velocidad de carga para las zanjas de arena filtrante se calcula en unos 38 litros diarios por metro cuadrado de superficie filtrante.

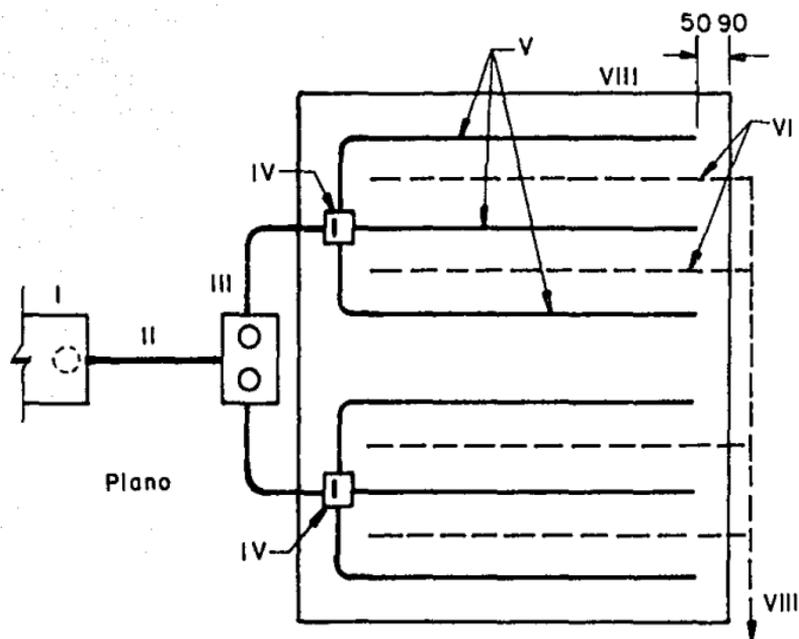
Las zanjas de arena filtrante suelen producir un efluente muy purificado que se puede verter en acequias abiertas o en los ríos. No se puede asegurar, sin embargo, que el efluente filtrado sea bacteriológicamente inocuo. Cuando el río en que se vierta el efluente se utilice como fuente de agua potable, el efluente deberá tratarse con cloro.

III.2.3.5. Filtros de Arena Subterráneos. Los filtros de arena subterráneos se basan en el mismo principio que las zanjas de arena filtrante, y "constituyen el máximo incremento artificial de la capacidad de filtración del subsuelo". Una vez calculadas en el plano las dimensiones del filtro, se efectúa la excavación hasta la profundidad requerida y se rellena con arena gruesa, después de tender las tuberías de distribución del efluente y las de desagüe (véase la fig. III.30a y III.30b). La velocidad de carga de los filtros de arena subterráneos y las tuberías que se utilizan son las mismas que se han indicado anteriormente para las zanjas de arena filtrante. El efluente de los filtros de arena subterráneo es tan puro o más que el de las zanjas de arena filtrante y se puede evacuar del mismo modo.



- A= Grava gruesa o piedra picada
 B= Tubería inferior de desagüe para la recogida del efluente filtrante
 C= Arena filtrante gruesa
 D= Grava gruesa o piedra picada
 E= Tubería distribuidora del efluente
 F= Relleno
 G= Mantillo
 H= Nivel primario del suelo
 I= Límite del filtro subterráneo

FIG. III.30o FILTRO DE ARENA SUBTERRANEO



- I = Fosa septica
- II = Tubería de desagüe
- III = Camara del sifón
- IV = Cajas distribuidoras
- V = Tuberías distribuidoras de efluente (=E en la sección)
- VI = Tuberías inferiores de desagüe (=B en la sección)
- VII = Tubería colectora hasta el punto de destino final
- VIII = Límites del filtro subterráneo

FIG. III. 30 b FILTRO DE ARENA SUBTERRANEO

Cuando se trata de grandes instalaciones, los filtros de arena subterráneos suelen ser más baratos que la zanjás de arena filtrante y deben preferirse a estas últimas cuando hay que instalar sifones dosificadores. Los sifones tienen la ventaja de permitir una dosificación adecuada y de conceder a la arena filtrante un largo período de reposo. Los depósitos de dosificación provistos de un solo sifón deben instalarse cuando la superficie total de filtración sea superior a 17 m^2 y cuando las tuberías de distribución tengan una longitud de más de 90 m. Si la longitud de las tuberías pasa de 245 metros, el lecho filtrante debe dividirse en dos o más sectores que se alimentan por separado con sifones alternativos. Solamente en los suelos blandos muy húmedos es necesario el revestimiento de los lechos.

Los filtros de arena subterráneos, lo mismo que las zanjás de arena filtrante, se pueden construir en la mayoría de las regiones rurales del mundo. Una vez instalados, no requieren ninguna labor de conservación.

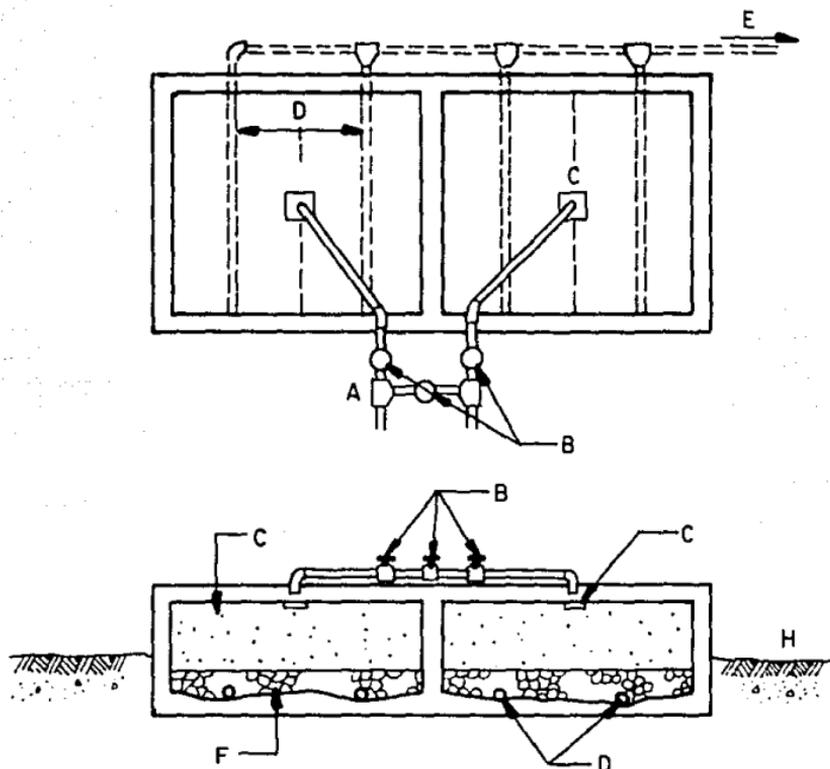
Sin embargo, por no ser accesibles, si alguna vez llegan a obstruirse es preciso construir otros nuevos.

III.2.3.6. Filtros de arena descubiertos. En las regiones en las que el nivel de las aguas subterráneas permanece constante próximo a la superficie del suelo, o donde la naturaleza del subsuelo (por ejemplo, los terrenos rocosos) es desfavorable para la construcción de los

sistemas de evacuación hasta ahora descritos, se puede recurrir a los filtros de arena descubiertos. Estos se construyen sobre la superficie del terreno o parcialmente enterrados, según aconsejen las circunstancias locales. En ambos casos, son necesarias paredes de mampostería o de hormigón para sostener los lados de la excavación y para retener la arena, aunque también pueden utilizarse terraplenes con esa finalidad.

En los filtros de arena descubiertos, la purificación del efluente de la fosa séptica se debe a la acción de las bacterias aerobias que viven en los intersticios del lecho de arena y a la filtración mecánica. Como esas bacterias necesitan oxígeno para vivir, los filtros suelen funcionar de manera intermitente para que el aire pueda circular por el lecho filtrante durante los intervalos entre las dosis sucesivas. Por ese motivo, dichos filtros reciben con frecuencia el nombre de filtros de arena intermitentes. Cuando se construyen y utilizan debidamente, los filtros de arena descubiertos producen un efluente muy puro y estable.

Los filtros de arena descubiertos suelen estar divididos en dos o más compartimientos a fin de permitir la limpieza periódica de los lechos y regular su funcionamiento (véase la fig. III.31). Al igual que en el caso de los filtros de arena subterráneos y de las zanjas de arena filtrante, la depuración se efectúa a través de un lecho de



- A = Tuberías de hierro colado procedentes de la cámara dosificadora
 B = Válvulas de maniobra, que permiten limpiar y reparar los lechos de los filtros sin interrumpir las operaciones
 C = Planchas de hormigón
 D = Tuberías inferiores de desagüe, situadas una de otra a 1.8 m. o mas, con juntas abiertas para recibir el efluente filtrado
 E = Colector evacuador. Tuberías con juntas herméticas
 F = Grava gruesa o piedra picada
 G = Filtro de arena gruesa, de 75-106 cm. de espesor
 H = Nivel del terreno

FIG. III. 31 FILTRO DE ARENA DESCUBIERTO

arena gruesa y limpia, de 75 a 105 cm de altura, dispuesto sobre una capa de grava. Se obtienen buenos resultados con arena de 0.2 a 0.4 mm de grosor efectivo y de un coeficiente de uniformidad de 4.0 (se entiende por grosor efectivo de la arena el tamaño mínimo que posee el 90% en peso de sus granos, el coeficiente de uniformidad se obtiene dividiendo el tamaño que excluye un 60% de granos menores por el grosor efectivo)

En las pequeñas instalaciones el sistema de desagüe y el de distribución del efluente se pueden disponer en la forma que se indica en la fig. III.31. Los sistemas de mayor tamaño se construyen y utilizan de acuerdo con los principios que rigen para los filtros de arena municipales.

La velocidad de carga de los filtros de arena descubiertos es mayor que la permitida para los filtros de arena subterráneos, y depende principalmente del grado de depuración conseguido en la fosa séptica, del grosor de la arena utilizada y también de la temperatura. Las velocidades de carga aplicables en los climas cálidos son más altas que las permitidas en los países templados y fríos. El funcionamiento intermitente de los filtros de arena descubiertos se consigue mediante sifones dosificadores. Según el volumen de aguas residuales que deba depurarse, los sifones se utilizarán de manera que descarguen de una a cuatro dosis diarias, cubriendo cada vez el lecho hasta una altura de 5 a 8 cm. Las instalaciones bien montadas poseen

en la misma cámara dos sifones que funcionan alternativamente y descargan en distintos lechos.

Como su nombre indica, éstos filtros de arena están descubiertos la mayoría de las veces; sin embargo, para impedir los males olores y otras molestias que se producen cuando su funcionamiento es defectuoso, o para evitar la congelación de las aguas en los climas fríos, puede ser necesario cubrir los lechos de arena con una capa de tierra de 15 cm.

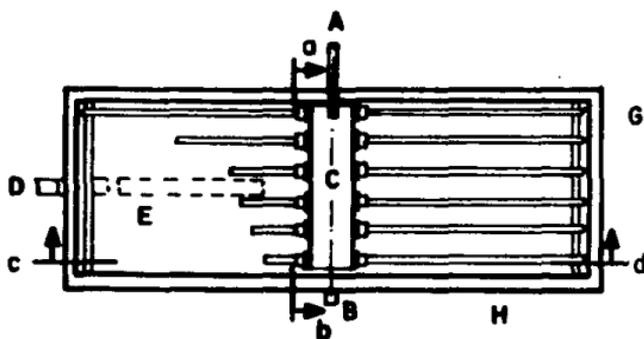
El gran inconveniente de estos filtros reside en que exigen una considerable atención. Es necesario limpiar y conservar constantemente en buen estado la superficie de la arena; de lo contrario, la ventilación de los lechos se interrumpe y las bacterias nitrificantes perecen. La limpieza se efectúa rastrillando los lechos, y si es necesario, extrayendo una capa de 2.5 cm de arena sucia. Esa arena se lava y vuelve a extenderse sobre el lecho a fin de que siga teniendo la misma profundidad.

Por los cuidados que exige su construcción y especialmente su funcionamiento, los filtros de arena descubiertos sólo deben utilizarse en las colectividades que pueden disponer de los servicios de ingenieros sanitarios y de operaciones de estaciones de depuración competentes. Antes de construir estos filtros, debe solicitarse el asesoramiento de un profesionalista.

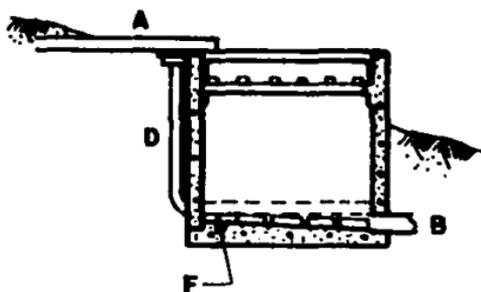
III.2.3.7. Filtros de Goteo. Los filtros de goteo, también llamados filtros de instalación, se utilizan para el tratamiento secundario del efluente de los fosos sépticos en las regiones rurales que disponen de mayores recursos económicos y en las que se puede contar con el asesoramiento de ingenieros sanitarios para su construcción y funcionamiento. En este método el efluente pasa lenta e intermitentemente a través de una gruesa capa de piedra machacada, coque metalúrgico, listones entrecruzados o incluso haces de ramas deshojadas (véase la fig. III.32) La carga de aguas residuales en las pequeñas instalaciones depende del volumen y la concentración de las aguas que han de depurarse. En los Estados Unidos de América las cargas recomendadas varían de 558 a 718 litros por m³ de material filtrante.

La profundidad de los lechos de goteo suele ser de 2 a 3 metros. El material filtrante debe ser, como se ha dicho anteriormente, limpio y resistente, y las piedras tener forma angulosa y superficies ásperas. En tales filtros, el aire debe circular libremente para mantener la flora zoogeica que prolifera sobre las piedras en presencia de oxígeno. Las piedras de mayor tamaño, de 8 a 10 cm de grosor, se extienden formando una capa de 15 a 20 cm de espesor en el fondo del lecho; las piedras más pequeñas (aunque no menores de 2.5 cm) completarán el lecho filtrante.

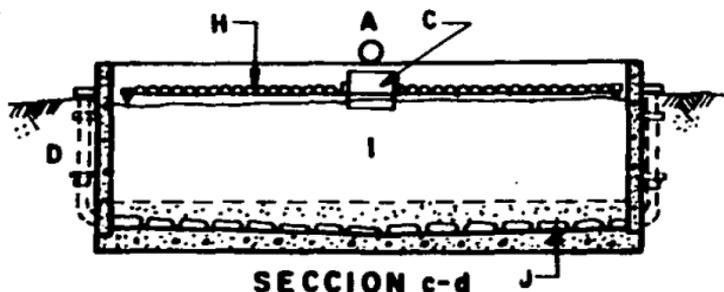
FIG. III 32 PEQUEÑO FILTRO DE GOTEO



PLANO



SECCION a-b



SECCION c-d

A = Entrada
 B = Salida
 C = Caja vasculante
 D = Respiradera
 E = Tubos de barro cocido para la ventilación

F = Tubos de medio caño para la ventilación
 G = Soporte de hierro en T
 H = Canal de distribución con las paredes perforadas
 I = Piedras de 2.5-3.8 cm. de tamaño medio
 J = Piedras de 7.5-100 cm. de tamaño medio

En los pequeños filtros de goteo, la distribución del efluente de la fosa séptica sobre el lecho se realiza por medio de distribuidores fijos alimentados intermitentemente por una caja basculante o por sifón dosificador (veáse la fig. III.32). La caja basculante permite la entrada de aguas residuales hasta la mitad del lecho cada vez. Por lo general, su longitud no es superior a 4.20 metros y alimenta una superficie filtrante de 1.50 metros de anchura a cada lado de la caja. Los filtros de goteo de mayores dimensiones requieren varias cajas basculantes. Sin embargo, éstos no deben utilizarse cuando la superficie del lecho sea mayor de 46 m^2 .

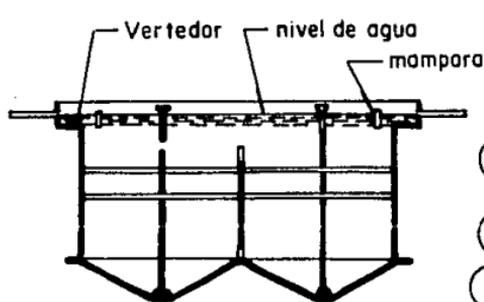
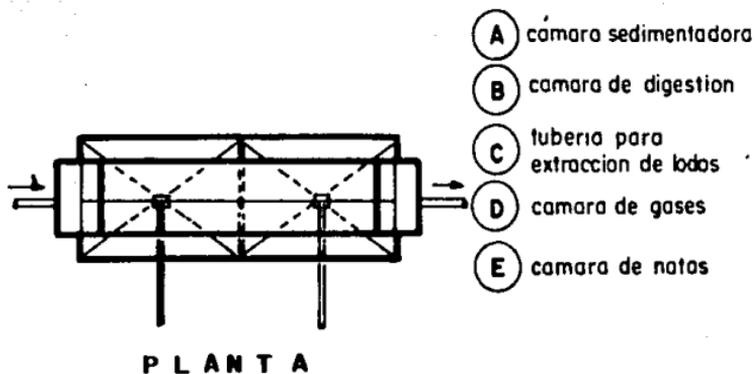
Los distribuidores pueden ser de hierro fundido, hormigón o tabloncillos lisos de 2.5×7.5 cm. Los de hierro y los de hormigón revisten con frecuencia la forma de canales con pequeños agujeros en el fondo o con las paredes laterales escotadas a poca distancia para dejar que las aguas residuales se viertan en forma de regueros sobre el lecho.

Los filtros de goteo deben ser de hormigón u otro material adecuado y estar situados por lo menos a 45 m de distancia de las viviendas. Tales filtros suelen estar al descubierto y pueden producir malos olores. Además en ellos se crían grandes cantidades de pequeñas moscas, parecidas a polillas, del género *Psychoda*, que el viento puede llevar hasta las viviendas: aunque esas moscas no pican constituyen

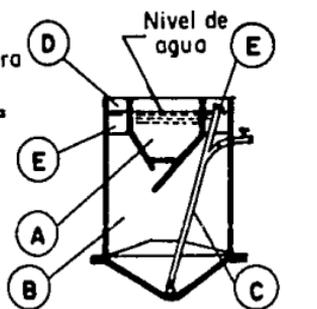
una gran molestia. Se pueden combatir descargando sobre el filtro durante un momento una gran cantidad de aguas residuales, con lo que se reduce por arrastre el espesor de la película de zoogreas en la que viven las larvas de la mosca. Se puede conseguir el mismo resultado rociando el lecho con hipoclorito una vez por semana.

El efluente de los filtros de goteo contiene de ordinario partículas semejantes al humus que, en las grandes instalaciones, se eliminan haciendo pasar el efluente por un tanque de sedimentación secundaria. En las pequeñas instalaciones que sirven, por ejemplo, a menos de 100 personas y en las que el efluente se puede eliminar sin molestias para la población y sin peligro para las fuentes de agua potable, suele prescindirse de los depósitos de sedimentación de humus. Cuando sean necesarios, esos depósitos deben tener un período de retención de 4 horas y construirse como las fosas sépticas, pero sin cubierta. El piso de los depósitos debe estar inclinado hacia un sumidero colocado en el extremo correspondiente a la entrada, para poder extraer periódicamente el fango mediante pala o bombas especiales.

III.2.4. Tanque Imhoff. (FIG. III.33). El tanque Imhoff es un tipo especial de tanque de sedimentación, ampliamente usado para el tratamiento primario en combinación con lagunas de oxidación u otro tratamiento secundario. Consta de dos cámaras: la superior o cámara



SECCION LONGITUDINAL



SECCION TRANSERSAL

FIG. III. 33 TANQUE IMHOFF

sedimentadora, por la que pasan las aguas negras a una velocidad muy reducida, permitiendo el asentamiento de la materia en suspensión; la cámara inferior o de digestión, en la cual se desarrolla la descomposición anaerobia de la materia sedimentada. El fondo de la cámara de sedimentación está formado por dos losas inclinadas que en su parte más baja se traslapan, dejando un espacio a través del cual los sólidos pasan a la cámara inferior, aislando así las condiciones sépticas y malos olores provenientes de la digestión de lodos, y evitando su contacto con la corriente de aguas negras que pasa por la cámara de sedimentación. El piso de la cámara de digestión forma una tolva de donde los lodos ya digeridos son bombeados a los techos de secado.

III.2.5. Tanque Imhoff económico tipo fosa séptica. Este sistema de tratamiento se utiliza para pequeñas comunidades, escuelas, hospitales, etc., a fin de atender a una población del orden de cien personas como mínimo, debido al apreciable recargo del costo en relación con la fosa séptica, lo cual, sin embargo, se justifica por la calidad del efluente.

La diferencia fundamental que existe entre un tanque Imhoff ordinario y un tanque Imhoff económico tipo fosa séptica, reside en que el efluente de las aguas negras entran y salen del tanque Imhoff económico en forma similar a la fosa séptica, descrita en el presente capítulo, punto III.2.3.1, Fosa séptica. El muro que separa la cámara de

sedimentación de la cámara de gases debe sobrepasar 0.15 m de la superficie del nivel del agua, a fin de que los gases circulen hacia la T de la salida del líquido, y por la cabeza superior fluyan hacia la ventilación o sistema de tratamiento secundario. La unidad de tratamiento es cerrada, pero dispone de una tapa o cámara de inspección, similar a la fosa séptica. El lodo digerido puede extraerse directamente por bomba o por presión hidrostática. Si estos lodos se extraen en su totalidad y, por consiguiente, hay materiales sin digerir o crudos, ténganse presentes las observaciones de orden sanitario indicadas para los lodos provenientes de la fosa séptica.

La figura III.34 presenta diferentes diseños de pozo Imhoff económico, tipo fosa séptica.

Para complementar el proceso, el efluente del tanque Imhoff tipo fosa séptica debe ser sometido a un tratamiento secundario, que puede ser:

- Cañerías de infiltración.
- Pozos de infiltración.
- Zanjas de arena filtrante.
- Filtros de arena subterráneos o superficiales.
- Filtros de goteo.

Estos sistemas han sido descritos en este mismo capítulo del punto III.2.3.2 al III.2.3.7.

En algunas circunstancias es probable que la solución sea la evacuación del efluente del pozo Imhoff

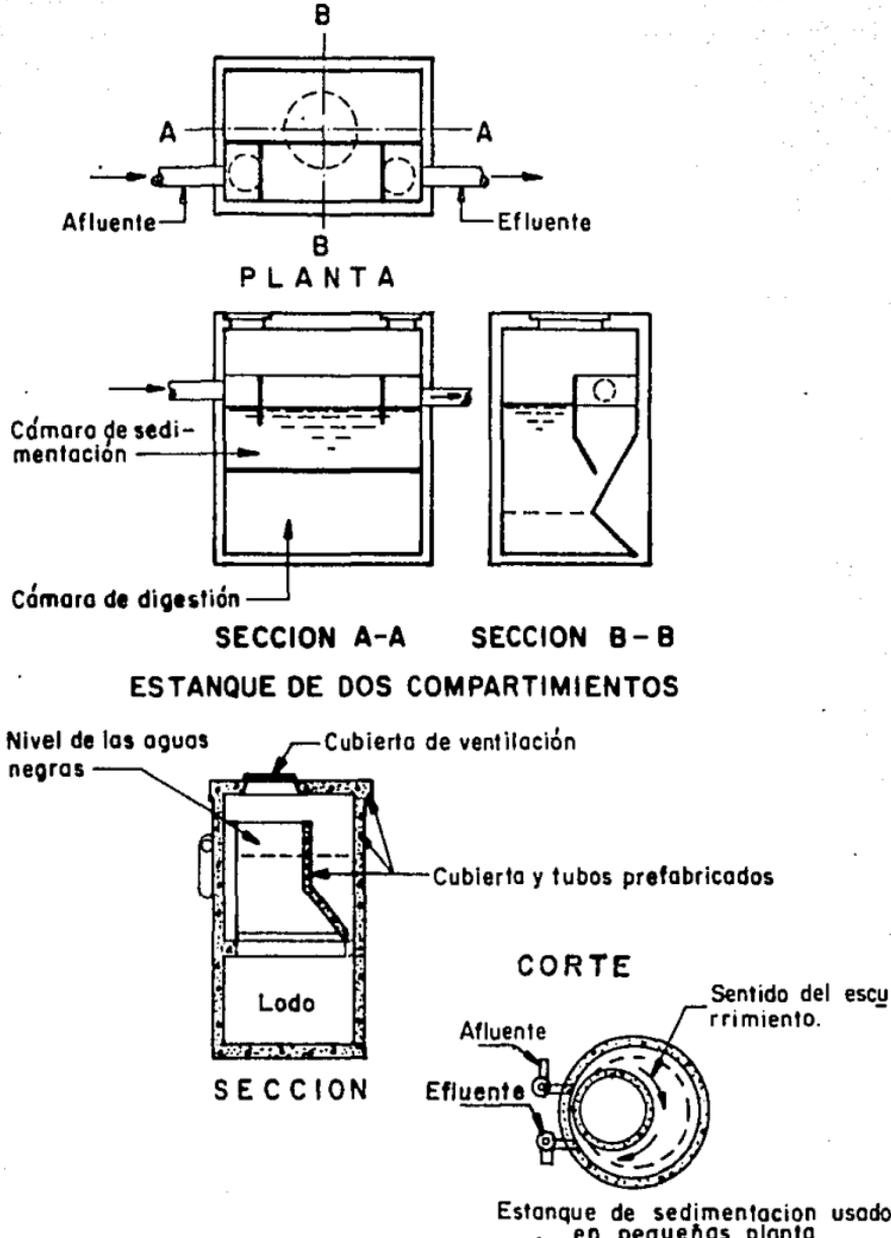


FIG. III. 34 DIFERENTES DISEÑOS DE POZOS IMHOFF TIPO ECONOMICO

a un cuerpo de agua siempre que existan condiciones favorables, tales como las indicadas en el punto III.2.8 Descargas a cuerpos de agua, en este mismo capítulo.

III.2.6. Lagunas de estabilización. (fig. III.35)

Estas instalaciones pueden definirse como estructuras para represado, sujetas a normas de control en cuanto a forma, profundidad y superficie. Se diseñan y construyen específicamente para el tratamiento de aguas negras, por procesos de autopurificación biológicos, químicos y físicos.

El funcionamiento de las lagunas descansa en dos formas primitivas de vida: algas y bacterias. La fuente de energía es el sol. Esta energía unida a las propiedades fotosintéticas de las algas, las capacita para utilizar los desechos orgánicos parcialmente fermentados, principalmente bióxido de carbono para producir más células de algas y liberar oxígeno que estimula las actividades de las bacterias aerobias.

Su principal aplicación es el tratamiento completo de aguas negras y ciertos desechos industriales. Tienen la siguientes ventajas:

- 1) Costos mínimos de operación y mantenimiento.
- 2) Tratamiento eficaz en alto grado.
- 3) Bajas inversiones de capital.

Cuando se diseñan para recibir desechos preparados o se usan como tratamiento secundario, después del tratamiento primario convencional, se las llama lagunas de

oxidación o lagunas facultativas.

Desde el punto de vista de la Salud Pública, deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

Deberá evitarse el contacto humano con el contenido de las lagunas. Debe prohibirse cualquier uso de las lagunas con fines recreativos.

El ganado no debe tener acceso a las lagunas.

Debe evitarse el desarrollo de mosquitos por el control adecuado el crecimiento de plantas, tanto en las orillas como dentro de la laguna.

Debe evitarse la proximidad de las aguas a los abastecimientos de agua y a otras fuentes o instalaciones susceptibles de contaminación.

De ser posible, deberá impedirse su localización en zonas de suelo poroso y formaciones de roca fisurada o bien tomarse precauciones especiales para lograr un sellado efectivo del piso y bordos.

El parámetro que rige el diseño de las lagunas de estabilización es la carga orgánica superficial que en el caso de lagunas anaerobias es del orden de 112 gramos de DBO/día/m² y para lagunas facultativas de 7 gramos de DBO/día/m². A partir de estos valores y de la carga orgánica que llega a las lagunas se dimensionan las unidades de tratamiento correspondiente.

III.2.7. Reactor anaerobio de flujo ascendente.

El proceso anaeróbico de flujo ascendente consiste básicamente de un tanque Imhoff de flujo al revés, presentando las cámaras de decantación y digestión anaeróbica superpuestas. (fig. III.36) En este sistema la alimentación del reactor es suministrada por abajo y el efluente es recolectado en la parte superior del mismo, el proceso de digestión se lleva a cabo por el contacto del líquido con el lecho de lodos que se acumula en el fondo del reactor y los sólidos del efluente son retenidos en el mismo reactor mediante un sistema de sedimentación interna creando una capa de lodos menos concentrada sobre el lecho del fondo. El modelo Upflow Anarobic Sludge Blanket (UASB) ha sido empleado eficientemente a tiempos muy cortos y altas cargas orgánicas, especialmente para desechos con alta concentración de materia orgánica.

El reactor anaeróbico de flujo ascendente, en cuanto a los desagües domésticos, presenta tasas de aplicación de 1 a 2 Kg DQO/m³ día, con eficiencia de remoción de hasta un 85%, a temperatura ambiente (rango de 8 a 20 °C).

Se trata de un proceso simple, compacto y no costoso; todo lo cual lo hace muy atractivo para el medio rural.

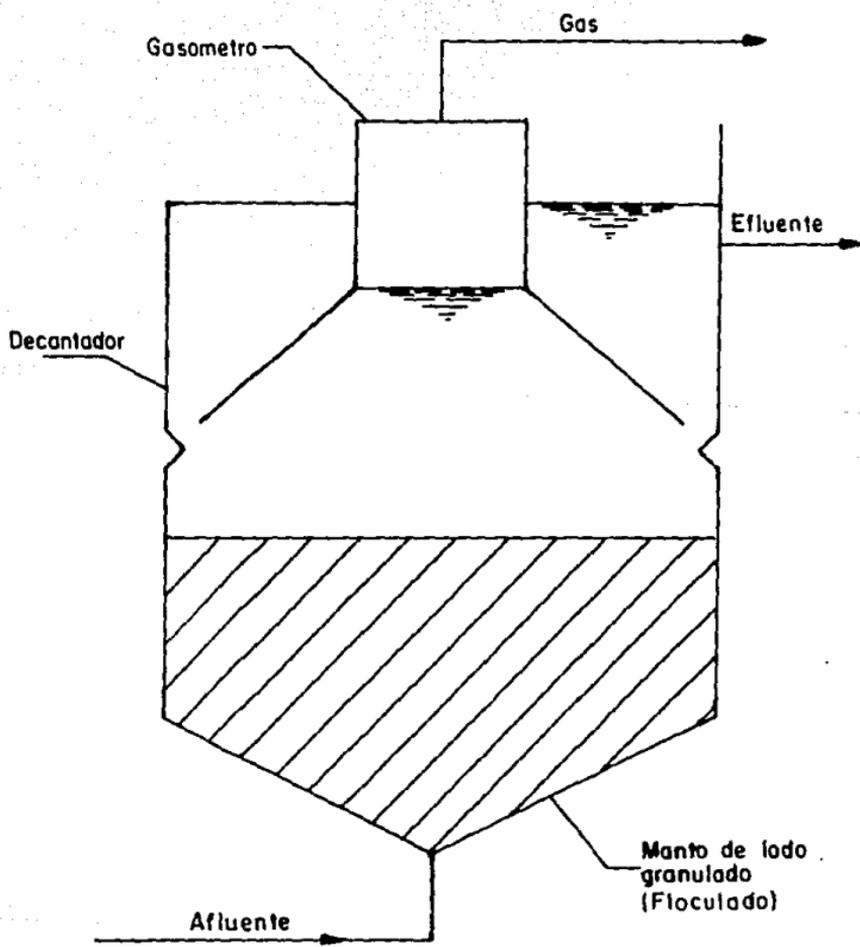


FIG. III . 36 REACTOR ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE EN MANTO DE LODOS (VASB)

III.2.8. Descargas a cuerpos de agua. Es posible descargar sanitariamente las aguas negras sedimentadas de las fosas sépticas, tanques Imhoff, tanques Imhoff económicos, lagunas de estabilización y reactores anaerobios de flujo ascendente en un cuerpo de agua, siempre que se cumplan dos requisitos fundamentales,

1) que no originen problemas o trastornos desde el punto de vista estético o urbanístico; y

2) que no signifique un peligro en relación con la transmisión de enfermedades entéricas, bacterianas o parasitarias intestinales.

La tubería de descarga lleva las residuales hasta un punto más bajo que el nivel inferior del agua o del mar, cerca del fondo a ser posible, para favorecer la dilución adecuada del líquido residual, más caliente y más ligero, que normalmente subirá y se dispersará en la masa de agua que lo recibe.

Ese sistema de evacuación tiene por objeto aprovechar la capacidad natural de autodepuración del agua, que se basa principalmente en la cantidad de oxígeno en solución que existe en el agua diluyente. Ese oxígeno reacciona con la materia orgánica de los residuos y la estabiliza por oxidación. Si no hay oxígeno suficiente en el agua receptora o si el volumen de ésta es demasiado pequeño para proporcionar la cantidad de oxígeno necesario, se iniciará un proceso de descomposición anaerobia que

continuará a un ritmo que puede alterar el equilibrio biológico normal del agua. Como consecuencia, el líquido receptor se volverá negro y pestilente y su fauna ordinaria (en especial los peces, que necesitan oxígeno para vivir) quedará totalmente destruida.

Es probable que en ciertas circunstancias se precise cloración como medida preventiva.

CAPITULO IV

ELECCION DE METODOS O SISTEMAS DE POTABILIZACION Y TRATAMIENTO

La elección de algún método o sistema de potabilización va a estar influida por factores locales del medio rural, que son, entre otros: El tipo de fuente de abastecimiento, que determina el número de procesos a seguir para potabilizar el agua, dado que por lo general el agua superficial requiere ser decantada (sedimentada), filtrada y desinfectada, mientras que el agua subterránea necesita ser únicamente desinfectada; el tipo de población rural, que puede ser dispersa o concentrada, determina el número de unidades de potabilización; el nivel social, económico y cultural de la población, determina el tipo de métodos o sistemas de potabilización desde el punto de vista económico y de la idiosincracia de dicha población; la existencia de servicios públicos en la localidad, dado que algunos métodos de potabilización requieren de energía eléctrica y sistemas de distribución de agua.

El análisis de elección de métodos o sistemas de potabilización debe tomar en cuenta los factores locales anteriores, así como también el clima y el tipo de contaminación que presente el agua, debe buscarse además que las unidades de potabilización puedan cumplir con su

función lo más óptimamente posible de acuerdo a las características propias de éstas.

Con efecto en el análisis de elección de métodos o sistemas de potabilización, a continuación se presentan recomendaciones de cuándo y cuáles métodos deben emplearse.

Cuando se obtenga agua turbia de alguna fuente superficial de abastecimiento, se necesitará que ésta sea decantada, filtrada y desinfectada.

La decantación natural y por medio de material vegetal, son métodos de clarificación muy económicos, por lo que pueden ser usados en cualquier situación, mientras que la decantación por medio de coagulante, sólo podrá utilizarse cuando los recursos económicos de la población rural sean suficientes para solventar la adquisición del coagulante (Sulfato de aluminio), dado que este método se encarece conforme al volumen de agua que se requiere clarificar.

El destilador de piedra porosa, los filtros de género, telas de algodón, lana o gasa doble y de papel poroso se utilizarán cuando el volumen de agua que se necesite sea del orden de algunos litros al día. Debe de tomarse en cuenta que los filtros de género y papel poroso son de bajo rendimiento, pero que al no contar con recursos para utilizar otros métodos, éstos serán muy útiles.

Para satisfacer las necesidades de las poblaciones rurales concentradas, las cuales requieren de volúmenes

considerables de agua, son recomendables los filtros rápidos, lentos y horizontales de arena, siempre y cuando se cuenten con los recursos para su construcción y mantenimiento.

El filtro de arena para vivienda rural, como su nombre lo indica es para satisfacer la necesidad de agua clarificada para una vivienda en el medio rural, independientemente del tipo de población que se tenga.

El filtro de arena de flujo ascendente podrá ser utilizado para satisfacer la necesidad de agua clarificada tanto para una vivienda como para un grupo de éstas, debido a su simplicidad para ser construido y por su alto rendimiento.

Cuando se cuente con suministro municipal de agua en cada casa e instalaciones hidráulicas convencionales se podrán utilizar los filtros comerciales de cerámica para potabilizar el agua.

Deberán de ser utilizados, la unidad desferrizadora y el eliminador de arsénico rural cuando en ella se presenten cantidades considerables de hierro y magnesio, y de arsénico respectivamente. Debe de tomarse muy en cuenta que la unidad desferrizadora puede ser construida fácilmente y su adquisición no representa un alto costo, mientras que el eliminador de arsénico sí representa un alto costo por su cambio periódico.

Los métodos de desinfección con compuestos de cloro mencionados en este escrito deberán ser utilizados de acuerdo a las características propias de éstos y a las necesidades de los usuarios.

La unidad MOGGO y la Celda Electrolítica Generadoras de Gas Cloro son recomendables para comunidades rurales que cuenten con energía eléctrica, además de contar con los recursos necesarios para poder adquirirlas.

Los Destiladores de Agua por Energía Solar podrán ser utilizados en cualquier región del país, teniendo mayor rendimiento en climas calurosos. El destilador de agua por energía solar tipo invernadero puede potabilizar inclusive agua de mar sin tener problema alguno.

Los factores locales que influyen para la elección y el tipo de las instalaciones para los métodos o sistemas de tratamiento de agua residual son, entre otros, la naturaleza de las formaciones del terreno, es decir, las condiciones litológicas y estatigráficas de éstos, la existencia y nivel de las aguas subterráneas y la dirección de la corriente, la topografía, la proximidad de fuentes de agua potable, la cantidad de aguas residuales y la superficie de que dispone para realizar las obras.

Otro factor importante es el nivel económico, social y cultural que influye de la misma manera que para los sistemas de potabilización mencionados con anterioridad.

La elección de métodos o sistemas de tratamiento en el medio rural debe ser estudiada tomando en cuenta todos los factores locales que influyen en ésta para poder ofrecer un servicio adecuado y factible.

A continuación se darán algunas recomendaciones sobre los métodos o sistemas de tratamiento que tienen efecto en el análisis de elección de éstos.

Los pozos negros y los pozos de infiltración no deben de construirse en zonas rurales de alta densidad poblacional, donde los pozos constituyen la base del abastecimiento de agua potable.

Las fosas sépticas como unidades de tratamiento primario son muy recomendables para cualquier situación, pero deben de ser complementadas con unidades de tratamiento secundario.

Los Tanques IMHOFF y los Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente se utilizarán en las regiones rurales que disponen de mayores recursos económicos y en las que se pueda contar con el asesoramiento de ingenieros sanitarios para su construcción y funcionamiento. Y de igual manera que las fosas sépticas deberán de ser complementados con unidades de tratamiento secundario.

Los sistemas de Cañerías de infiltración o drenajes son recomendables utilizarlos cuando existan acuíferos relativamente superficiales y estratos impermeables a poca profundidad.

Las zanjas de arena filtrante y los filtros de arena subterráneos, son unidades de tratamiento secundario que se utilizarán cuando se tenga un terreno compacto e impermeable y en lugares donde el agua ascienda en ocasiones hasta 90 cm de la superficie del suelo o cuando el terreno disponible para la irrigación del subsuelo es demasiado pequeño. Tanto las zanjas de arena filtrante como los filtros de arena subterráneos se pueden construir en la mayoría de las regiones rurales de nuestro país y del mundo.

Los filtros de arena descubiertos se construirán cuando el nivel de las aguas subterráneas permanece constante próximo a la superficie del suelo o donde la naturaleza del suelo es desfavorable para construir otro tipo de sistema de evacuación.

Los filtros de goteo, así como los tanques IMHOFF y los Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente, se utilizarán en las regiones rurales que disponen de mayores recursos económicos y en las que se pueda contar con el asesoramiento de ingenieros sanitarios para su construcción y funcionamiento.

Las lagunas de estabilización son recomendables para poblaciones rurales concentradas que cuentan con terreno suficiente y recursos económicos para su construcción. Se debe impedir su localización en zonas de suelo poroso y en formaciones de roca fisurada para así evitar la contaminación de las fuentes de abastecimiento.

Además se debe de contar con un asesoramiento profesional para su construcción.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Algunos métodos presentados en este escrito, de potabilización, tienen bajo rendimiento, pero el agua tratada por éstos proporcionarán un agua de mejor calidad que el agua que no ha sido tratada, reduciendo de esta manera las posibles infecciones de origen bacteriano.

Algunos métodos de potabilización y tratamiento que son propios para las poblaciones rurales concentradas, pueden ser utilizados para situaciones medias tales como escuelas, hospitales, instituciones y hoteles que se encuentren en el medio rural.

La preocupación de las Instituciones de salud de tener un nivel adecuado de saneamiento en el medio rural ha propiciado la aplicación de la tecnología para la potabilización del agua, creando unidades como el Modular Oxidant Gas Generator On Situ (MOGGO) y la Celda Electrolítica Generadora de Gas Cloro, aunque se tiene limitantes para su aplicación porque requieren de energía eléctrica para poder funcionar.

Respecto a los métodos y sistemas de Tratamiento se puede decir que las perturbaciones ecológicas que se observarán en los alrededores de las poblaciones rurales que cuenten con alguno de éstos, serán mínimas a comparación con

las que se presentarán si éstas poblaciones no contasen con algún método o sistema de este tipo. Esto también será reflejado en los casos de las casas habitación.

Los factores locales del medio rural que influyen en la elección de los métodos de potabilización y tratamiento algunas veces son limitantes. Algunos de éstos factores son, el aspecto económico y la indosincracia de la población.

BIBLIOGRAFIA

INGENIERIA SANITARIA APLICADA A SANEAMIENTO Y SALUD.

Francisco Unda Opazo y Sergio M. Salinas cordero.

UTHEA, México. 1969.

MANUAL DE SANEAMIENTO, VIVIENDA, AGUA Y DESECHOS.

Dirección de Ingeniería Sanitaria, Secretaría de Salubridad y Asistencia.

LIMUSA, México. 1982.

EVACUACION DE EXCRETAS EN LAS ZONAS RURALES Y EN LAS COMUNIDADES PEQUERAS.

E. G. Wagner y J. N. Lanoix.

Organización Mundial de la Salud, Ginebra. 1960.

WATER TREATMENT AND SANITATION.

H. T. Mann y D. Williamson

Intermediate Technology Publiciations Ltd, England. 1979.

BOLETIN DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNICO EN SALUD.

Vol. 2 No. 8, Secretaría de Salud. 1988.

EQUIPO INTEGRAL PARA ANALISIS Y TRATAHIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Serie. Manuales Técnicos. Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Secretaría de Salud. 1988.

MEMORIA DEL SEMINARIO NACIONAL SOBRE POTABILIZACION DEL AGUA EN PAQUERAS POBLACIONES.

CONACYT, IMSS-COPLAMAR, INEA, CNA.

México D.F. Diciembre. 1989.

REVISTAS.

AGUA POTABLE.

Vol. 1, No. 28, Febrero 1987.

Vol. 3, No. 47, Septiembre 1988.

INGENIERIA SANITARIA.

VOL. 24, No. 1, Julio 1979.