



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

28
92

**Servicios de Agua Potable y Residual en
Comunidades Rurales**

T E S I S

Que para obtener el título de :

I N G E N I E R O C I V I L

p r e s e n t a :

M A R I O G U E V A R A S A L A Z A R

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

	Página
1. GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.	1
1.2 Panorama de los Servicios de Agua en el país	3
1.3 Normas de Calidad del Agua.	6
2. SUMINISTRO DE AGUA POTABLE	9
2.1 Información Básica para la Elaboración del Proyecto.	9
2.2 La Fuente de Abastecimiento.	16
2.3 Captación.	20
2.4 Conducción.	34
2.5 Regulación y Almacenamiento.	42
2.6 Potabilización.	53
2.7 Distribución.	60
3. DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES	63
3.1 Generalidades.	63
3.2 Fosa Séptica.	64
3.2.1 Trampa de Grasas.	66
3.2.2 Tanque Séptico.	68
3.2.3 Caja de Distribución.	72
3.2.4 Sistemas de Infiltración.	74
3.3 Ejemplo Numérico de Diseño.	85
4. RECOMENDACIONES.	89
Referencias.	97

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción.

Es por demás conocido que el agua es un elemento imprescindible para la vida. El ser humano la utiliza como elemento para su nutrición, sea como bebida o como integrante de alimentos; la requiere para el lavado de trastos y ropas; la exige para el baño y dispone de ella para alejar sus desechos, proporcionar comodidad y resolver numerosos problemas de su vida cotidiana produciendo electricidad, vapor, etc.

El sector Agua Potable y Alcantarillados es uno de los más importantes, sino el que más, dentro de la infraestructura del país. Se ubica en este nivel, ya que por ejemplo, no tendría sentido la proliferación de instituciones para establecer la salud o prevenir enfermedades ni cualquier acción de saneamiento ambiental si se carece de dichos servicios.

El abastecimiento de agua potable y su evacuación cumplen una necesidad primaria al servicio de la salud y de la vida y son, por lo tanto indispensables para trabajar en condiciones adecuadas, para una productividad razonable y para que la población tenga la posibilidad de beneficiarse del desarrollo económico y social. La necesidad de resolver esta compleja problemática, salta a la vista; cuando no hay servicio público de agua potable, los vecinos la toman del jagüey, del arroyo o del río, y cuesta trabajo transportarla o la tienen que comprar a un precio elevado; de esta manera el agua que se obtiene es escasa y no siempre cumple los requisitos de potabilidad.

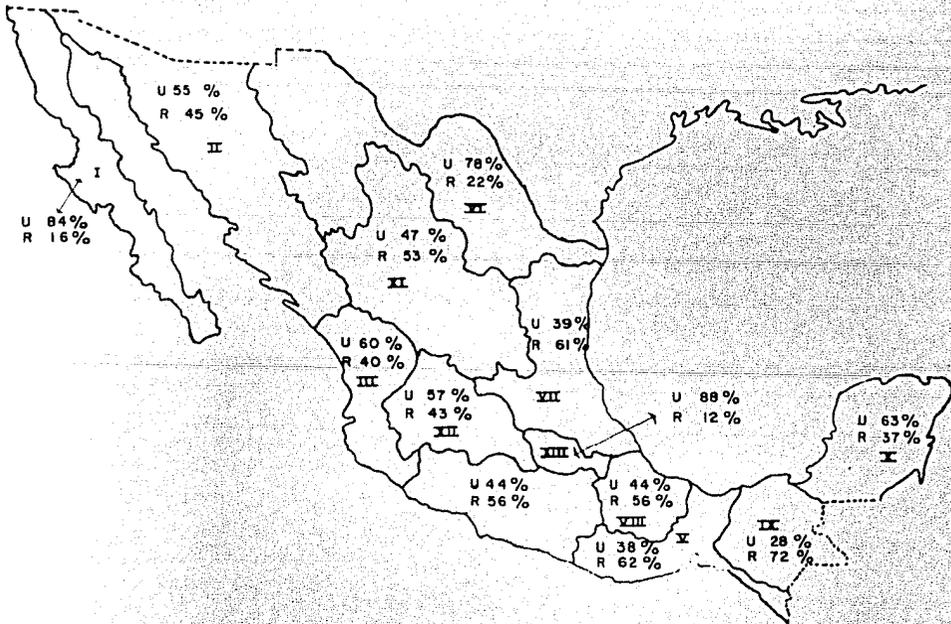
En México en los últimos 15 años, los padecimientos gastro-intestinales han ocupado, en promedio, el segundo lugar en la mortalidad general y se disputa el primero en mortalidad infantil;--siendo la causa en su mayoría, las malas condiciones de higiene--en que se encuentra un gran porcentaje de las viviendas del --país, ya que no reúnen las condiciones de salubridad en lo que --respecta a sus instalaciones hidráulicas y sanitarias. Independen --dientemente de la calidad del agua que se entrega a nivel domici --liario (considerada de buena calidad), el agua sufre contamina --ción por determinadas condiciones dentro de la vivienda.

Por otra parte, es un hecho notorio la poca atención que, --hasta fecha relativamente reciente, se ha prestado al abasteci --miento de agua a las comunidades rurales y de ahí una de las cau --sas de la gran diferencia entre el número de personas que habi --tan la zona rural y las que viven en núcleos urbanos. La falta --de comodidades mínimas, de buenos caminos, de escuelas, etc., a --sí como la ilusión de mejores salarios y oportunidades en los nú --cleos urbanos populosos han incrementado la emigración del campo a las ciudades, con las consecuencias sociales y económicas que --ello implica. Además, las tasas de morbilidad y mortalidad infan --til, como resultado inmediato de la carencia de agua potable, --son más altas en el campo que en la ciudad.

La solución del problema de agua rural no admite demora y --tiene que abordarse en forma urgente; sobre todo porque del cam --po, al que tanto se ha desatendido, surgen los alimentos básicos, que en manera tan deficiente produce el país e inclusive importa --mos.

1.2 Panorama de los servicios de agua en el país.

A continuación se presenta un panorama de las poblaciones urbana y rural para notar el alto porcentaje de ésta última. También se muestra el número de viviendas según su disponibilidad de agua entubada y drenaje. (figura 1).



DISTRIBUCION DE LA POBLACION URBANA Y RURAL
AÑO 1970

FIGURA 1

NUMERO DE VIVIENDAS Y DE OCUPANTES
SEGUN SU DISPONIBILIDAD DE AGUA ENTUBADA Y DE DRENAJE (1970)

Entidad federativa y forma de abastecimiento de agua entubada	TOTAL		CON DRENAJE		SIN DRENAJE	
	viviendas	ocupantes	viviendas	ocupantes	viviendas	ocupantes
Estados Unidos Mexicanos	8,286,369	48,225,238	3,440,466	19,872,716	4,845,903	28,352,522
Disponen de agua entubada	5,056,167	29,491,227	3,187,928	18,397,288	1,868,239	11,093,939
Dentro de la vivienda	3,210,795	18,756,104	2,647,571	15,331,718	563,224	3,424,386
Fuera de la vivienda, pero dentro del edificio.	881,067	4,980,234	431,477	2,408,126	449,590	2,572,108
De llave pública o hidrante	964,305	5,754,889	108,880	657,444	855,425	5,097,445
Sin agua entubada	3,230,202	18,734,011	252,538	1,475,428	2,977,664	17,258,583

VIVIENDAS PARTICULARES POR DISPONIBILIDAD DE
AGUA ENTUBADA (1980)

<u>Disponibilidad de agua entubada</u>	<u>Total de viviendas</u>
Estados Unidos Mexicanos	12,781,053
Disponen de agua entubada	8,292,228
Dentro de la vivienda	5,846,182
No en la vivienda pero sí en en el edificio, vecindad o terreno	1,837,031
No en la vivienda pero sí de llave pública o hidrante	609,015
No disponen de agua	4,076,584
No especificado	412,241

1.3 Normas de Calidad del Agua

El agua pura es un producto artificial. Las aguas naturales siempre contienen materias extrañas en solución y suspensión en proporciones muy variables; estas sustancias pueden modificar - considerablemente las propiedades, efectos y usos del agua, a - tal grado, que pueden resultar inconvenientes o nocivas a la sa- lud.

La Secretaría de Salubridad y Asistencia, considera agua po- table a toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a - la salud y ha fijado las cantidades máximas aceptables de las - sustancias que puede contener para ser considerada potable, co- mo se indica en el siguiente listado:

Caracteres que debe satisfacer el agua para consumo humano.

-- FÍSICOS:

Turbiedad máxima	10 (escala de sílice)
Olor	Inodora
Sabor	Agradable
Color máximo	20 (escala platino-cobalto)
Temperatura	10° a 15°C
FH	De 6.0 a 8.0

-- QUÍMICOS:

	Miligramos por litro o P.P.M.
Nitrógeno (N) amoniacal, hasta	0.50
Nitrógeno (N) protéico, hasta	0,10
Nitrógeno (N) de nitritos (con análisis bac- teriológico aceptable), hasta	5.00

Oxígeno (O) consumido en medio ácido, hasta	3.00
Oxígeno (O) consumido en medio alcalino, hasta	3.00
Sólidos totales, de preferencia hasta 500, pero tolerándose, hasta	1000.00
Alcalinidad total, expresada en CaC hasta	400.00
Dureza total, expresada en CaCO , hasta	300.00
Dureza permanente o de no-carbonatos, expresada en CaCO , en aguas naturales, hasta	150.00
Cloruros expresados en CL, hasta	250.00
Sulfatos, expresados en SO , hasta	250.00
Magnesio, expresado en Mg, hasta	125.00
Zinc, expresado en Zn, hasta	15.00
Cobre, expresado en Cu, hasta	3.00
Fluoruros, expresados en FL, hasta	1.50
Fierro y manganeso, expresados en Fe y Mn, hasta	0.30
Plomo, expresado en Pb, hasta	0.10
Arsénico, expresado en As, hasta	0.05
Selenio, expresado en Se, hasta	0.05
Cromo hexavalente, expresado en Cr., hasta	0.05
Compuestos fenólicos, expresados en fenol, hasta	0.001
Cloro libre, en aguas cloradas, no menos de	0.20
-- BACTERIOLOGICOS	

El agua potable se considera libre de gérmenes patógenos -
procedentes de contaminación fecal humana, cuando la investiga -
ción bacteriológica da como resultado final:

- Menos de 20 organismos de los grupos coli y coliforme por -
litro de muestra.
- Menos de 200 colonias bacterianas por centímetro cúbico de-

muestra, en la placa de agar incubada a 37°C por 24 horas.

-- Ausencia de colonias bacterianas licuantes de la gelatina, - cromógenas o fétidas, en la siembra de un centímetro cúbico de muestra en gelatina incubada a 20°C por 48 horas.

Los métodos que se usan para las investigaciones físicas, - químicas y bacteriológicas anteriores, son los que fija la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

Número de muestras tomadas en poblaciones, para control bacteriológico de su abastecimiento de agua.

Población servida	Número mínimo de pruebas bacteriológicas mensuales
2,500 o menos	1
10,000	7
25,000	25
100,000	100
1,000,000	300
2,000,000	390
3,000,000	450

Para sus análisis, las muestras de agua tienen que tomarse en condiciones variadas y su recolección requiere cuidados especiales, según el análisis que se necesite.

2. SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

De acuerdo al tema de este trabajo, nos referiremos a los casos de suministro de agua potable, en comunidades rurales, campamentos de trabajadores, albergues, o para resolver estos problemas en casos de catástrofes por motivos sísmicos o meteorológicos. En lo anterior se consideran, aproximadamente, entre 100 y 1000 habitantes.

Al suministrar agua potable a un núcleo de personas, siempre debe cumplirse, aunque sea someramente, con lo señalado para un abastecimiento de cualquier población; es decir, con los siguientes pasos:

- 2.1 Información Básica para la Elaboración del Proyecto.
- 2.2 La Fuente de Abastecimiento.
- 2.3 Captación.
- 2.4 Conducción.
- 2.5 Regulación y Almacenamiento.
- 2.6 Potabilización.
- 2.7 Distribución.

2.1 Información Básica para la Elaboración del Proyecto.

A.- Generalidades

- A.1 Nombre completo de la localidad, municipio y Estado a que pertenece.
- A.2 Censo actual de habitantes (oficial o estimado).
- A.3 Clima.
- A.4 Comunicaciones.
- A.5 Economía.

- A.6. Aspecto de la localidad indicando tipo de construcciones.
- A.7. Localización en un plano de vías de comunicación.
- A.8. Estado financiero.

B.- Servicio Actual de Agua Potable.

Descripción de las partes componentes del Sistema, estado de conservación y grado de aprovechamiento de las mismas.

C.- Información Adicional Para el Proyecto.

C.1. Fuente(s) de abastecimiento

- a) Estudio geohidrológico.
- b) Plano de detalle de la zona.
- c) Aforos.
- d) Envío de muestras de agua al laboratorio para análisis físico, químico y bacteriológico.
- e) Anteproyecto de captación propuesta.

C.2. Conducción.

- a) Plano detallado de localización de la línea.
Planta a escalas 1:1000 a 1:5000
Perfil a escalas 1:100 a 1:500
- b) Plano topográfico y de detalle de cruzamientos de la línea de conducción con carreteras, vías de ferrocarril, ríos, arroyos y canales.
- c) Costos de las afectaciones ocasionadas por la localización de la línea.
- d) Clasificación del terreno para estimar costos de terracerías.

C.3. Bombeo, potabilización y regularización.

- a) Planos de detalle de la o las zonas donde se localicen las plantas o tanques, a escalas de 1:20 a 1:100
- b) Costo del terreno para su adquisición y nombre del propietario.
- c) Clasificación del terreno para estimación de terracerías.
- d) Resistencia del terreno para cimentación.

C.4. Distribución.

a) Plano topográfico actualizado de la localidad, a escalas 1:2000 a 1:5000.

1. Nombre de calles.
2. Longitud de crucero a crucero de calles.
3. Elevación de todos los cruceros.
4. Localización de industrias indicando su fuente de abastecimiento y gastos medio y máximo requeridos.

b) Plano con las distintas zonas de población en cuanto a densidad.

c) Clasificación de terreno para estimación de terracerías.

C.5. Tomas.

a) Cantidad de tomas existentes que deberán sustituirse por nuevas, indicando sus diámetros.

b) Cantidad de tomas nuevas.

c) Longitud promedio de la toma.

C.6. Hidrantes para toma pública.

Localización y justificación.

C.7. Energía eléctrica.

a) Localización de la línea de transmisión.

b) Voltaje.

c) Frecuencia.

d) Nivel de corto circuito.

e) Medición en baja y en alta tensión.

f) Carga trifásica máxima que se puede conectar a la red de distribución en baja tensión.

g) Potencia máxima a que se puede arrancar a tensión completa en el punto de utilización.

h) Tarifa.

i) Longitud de la línea de transmisión y características generales y topográficas de la zona que atraviesa, incluyendo estimación de costo.

C.8. Costos de materiales y mano de obra en la localidad. Prestaciones sociales en el lugar.

C.9. Plano de conjunto, mostrando obras existentes y ampliaciones.

D.- Datos de Proyecto.

Para efectuar los proyectos de las obras que integran un sistema de abastecimiento de agua potable, se deben establecer los datos de proyecto de la siguiente manera:

Población según el último censo oficial ..	Hab.
Población actual	Hab.
Población de proyecto	Hab.
Dotación	Lt/Hab./día
Gasto medio diario	l.p.s.
Gasto máximo diario	l.p.s.
Gasto máximo horario	l.p.s.
Coeficientes de variación diaria y horaria	
Fuente (s) de abastecimiento	
Tipo de captación	
Conducción	Gravedad y/o bombeo y longitud.
Capacidad de regularización	m ³
Potabilización	
Distribución (gravedad y/o bombeo)	

D.1. Población de proyecto.

Para la estimación de la población de proyecto se deberá tomar en cuenta un período económico de proyecto de 6 a 15 años, de acuerdo con la magnitud y características de la localidad por servir y del costo probable de las obras. Para el cálculo de la población se utilizarán los métodos establecidos (aritmético, geométrico, el de extensión gráfica, etc.).

Para el caso de comunidades rurales, se puede considerar un período económico de proyecto de 6 años.

D.2 Dotación.

Para determinar la cantidad de agua que se requiera para -- las condiciones inmediatas y futuras de la localidad, se reco -- mienda adoptar los siguientes valores para la dotación (tabla A), en función del clima y del número de habitantes considerados como población proyecto. Estas dotaciones son aportadas por la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria de la Secretaría de -- Salubridad y Asistencia.

TABLA A

POBLACION	FRIO TEMPLADO		SEMI CALIDO	CALIDO	CASOS ESPECIALES
500 - 1000	100	100	100	110	120
1001 - 1500	100	100	110	130	<u>150</u>
1501 - 2000	110	120	130	<u>150</u>	180
2001 - 3000	120	<u>140</u>	<u>150</u>	180	200
3001 - 5000	140	160	180	200	250
5001 - en adelante	150	180	200	250	300

Cuando la localidad cuenta con sistema de eliminación de -- aguas negras, se utilizan las dotaciones indicadas abajo de la -- doble línea. En caso contrario, la dotación máxima será de 140 lts/hab/día, para clima frío y templado y 150 lts/hab/día para -- el resto.

Las dotaciones anteriores deben ajustarse a las necesidades de la localidad y a sus posibilidades físicas, económicas, socia -- les y políticas, de acuerdo con el estudio específico que se rea -- lice en cada localidad.

Para las zonas rurales, la Secretaría de Salubridad y Asistencia recomienda los consumos que a continuación se enlistan:

Medios de distribución	Consumo diario litros/persona
bomba de mano	25
hidrante público	25
toma domiciliaria	100

Consumidor	Consumo diario litros/animal.
caballo, burro, mula, buey	35
vaca lechera (solo bebida)	45
vaca lechera bebida y aseo del establo.	100
cerdo bebida y aseo de la porqueriza	15
oveja, chivo	8
por 100 gallinas	15
por 100 guajolotes	25

D.3. Coeficientes de variación diaria y horaria.

Los coeficientes de variación diaria y horaria se fijarán en función de un estudio específico realizado en la localidad. Cuando no sea posible obtener estos datos, se recurrirá a información en localidades de características similares. Los valores más frecuentemente usados son de 1.2 y 1.5, respectivamente. Sin embargo, el ámbito de variación puede ser el siguiente:

Coeficiente de variación diaria	1.2 a 1.5
Coeficiente de variación horaria	1.5 a 2.0

D.4 Cálculo de Gastos Básicos.

El gasto medio diario en lts/seg., (Q_{md}), se calcula como sigue:

$$Q_{md} = \frac{D \times H}{86,400}$$

donde, D = Dotación (lts/hab/día).

H = Número de habitantes.

Para calcular el gasto máximo diario (Q_{Md}) se multiplica el Q_{md} por el coeficiente de variación diaria C_d .

$$Q_{Md} = Q_{md} \times C_d \quad (\text{lts/seg})$$

El gasto máximo horario (Q_{Mh}) se calcula en forma similar que el Q_{Md} , pero ahora aplicando el coeficiente de variación horaria C_h

$$Q_{Mh} = Q_{md} \times C_h \quad (\text{lts/seg})$$

Para conocer el gasto máximo horario en el día de máximo consumo (Q_{MM}), se multiplica el Q_{md} por el C_d y el C_h .

$$Q_{MM} = Q_{md} \times C_d \times C_h \quad (\text{lts/seg}).$$

A este gasto también se le conoce como **gasto máximo maximorum** (lts/seg).

Las fuentes de abastecimiento son todos los sitios susceptibles de aprovechamiento del agua para el consumo municipal o doméstico; así, tenemos aguas meteóricas, ríos, embalses, manantiales, norias, galerías filtrantes y pozos.

La fuente o fuentes de abastecimiento deberán proporcionar, en conjunto, el gasto máximo diario; sin peligro de reducción por sequía o cualquier otra causa. Si la calidad del agua no satisface las normas que exige el Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua Potable, deberá someterse a procesos de potabilización.

Las aguas de lluvia son de buena calidad, generalmente, antes de su contacto con la superficie terrestre; están menos expuestas a contaminación por bacterias y parásitos; pero en realidad no constituyen fuentes de aprovechamiento constante. Para lo cual deben colectarse en época de lluvias y almacenarse durante la sequía (deben desecharse las primeras aguas). Se aprovechan en regiones donde la calidad del agua es poco adecuada para el uso doméstico, o no existe otra fuente de abastecimiento.

Las aguas superficiales están expuestas a contaminación y es así como se hallan normalmente; además, por su paso a través de pastos, cultivos y contacto con suelos de geología diferente, se enturbian fácilmente, adquiriendo colores, olores y sabores indeseables. Si se requieren para usos municipales o rurales se deben potabilizar. Para aprovechar las aguas de un río, deben tenerse los aforos de varios años con objeto de conocer los volúmenes mínimo y máximo. Lo anterior para saber si el agua se toma directamente del cauce o resulte necesario embalsarla en una presa de almacenamiento.

Embalses.- Cuando el caudal de un río, es menor que el requerido para el abastecimiento, se recurre a la regularización en una presa. Siendo así, se debe tener una protección sanitaria del vaso. La protección consiste en: la limpieza de vegetales en la zona inundada para impedir su putrefacción; impedir el paso y contacto directo del ganado con el agua y área de captación; evitar acumulación de materia orgánica que trae como consecuencia una disminución de oxígeno disponible en el agua y colores y sabores indeseables. Cuando se almacena agua en un vaso recién construido, la materia orgánica que queda inundada se descompone. Con el tiempo la putrefacción cesa, es decir hasta 10 o 15 años se logra la estabilización del agua.

Manantiales.- Las aguas subterráneas son en general de buena calidad y son preferibles para el suministro de agua. Antes de iniciar la protección de un manantial, debe efectuarse un reconocimiento con el propósito de obtener información sobre la naturaleza de la capa acuífera, la calidad del agua, el rendimiento en las distintas épocas del año, la topografía de la zona circundante y la presencia de posibles fuentes de contaminación.

Norias.- Las aguas freáticas se aprovechan excavando pozos a cielo abierto, de dimensiones tales que permitan el trabajo de uno o dos hombres en su interior. Se sabe que ha profundidades mayores de tres metros, ya no existen bacterias ni en el terreno ni en el agua extraída de esas capas; de modo que, para asegurar una buena calidad bacteriológica se impermeabilizan sus paredes hasta una profundidad mínima de tres metros, que la protege contra infiltraciones superficiales y tapanla para evitar la entrada de polvo y de cuerpos extraños que la puedan contaminar.

Pozos hincados.- Cuando se explota el agua freática en terrenos arenosos, se hace uso de pozos hincados, que consisten en un tubo de pequeño diámetro cuya punta es aguda y tiene un primer tramo perforado. Se introduce en el terreno por percusión.

Presentan mayor seguridad que las norias en cuanto a la calidad del agua obtenida, pero sólo se usan en terrenos relativamente blandos y cuando los mantos acuíferos son también relativamente someros.

Galerías filtrantes.- Las galerías filtrantes son excavaciones en túneles o a cielo abierto, revestidas o no, que penetran en la zona de saturación del terreno para captar y colectar por gravedad el agua del subsuelo.

Pozos.- Los pozos son artificios para extraer las aguas de los acuíferos profundos. Constan de una perforación vertical, ademe metálico, generalmente sellado en la parte superior, provisto de cedazos, filtros y un equipo de bombeo. La profundidad de los pozos se ha tomado en algunas ocasiones para clasificarlos en someros y profundos, siendo el límite de 30m para pasar de uno a otro. Sin embargo, el verdadero carácter que define si un pozo es somero o profundo, es el tipo de agua que capta independientemente de su profundidad; los someros son aquellos que llegan hasta los mantos freáticos; los profundos los que atraviesan una capa impermeable de terreno bajo los mantos freáticos, para captar aguas confinadas. En la figura 2, se muestra la clasificación del agua a diferentes profundidades.

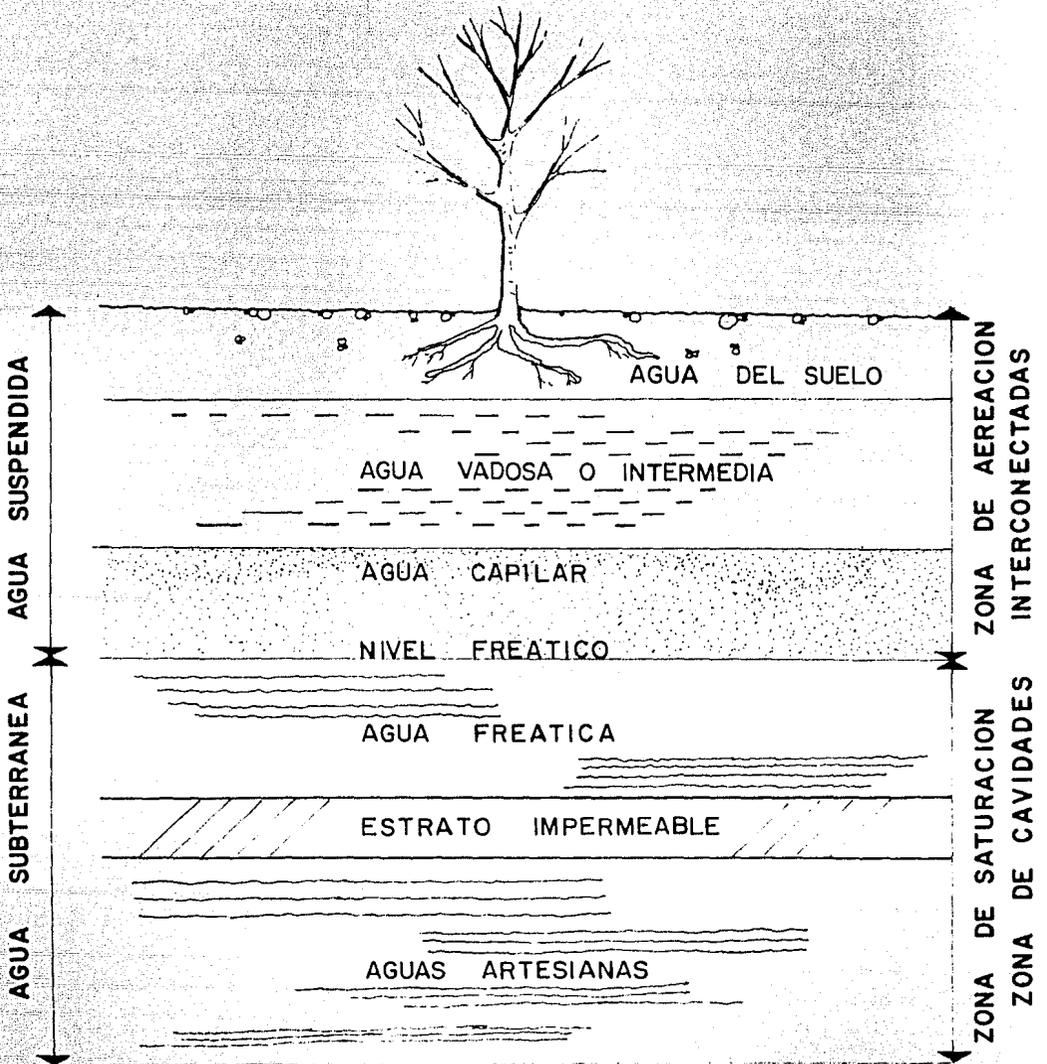


FIGURA 2

2.3 Captación.

Se han mencionado las diferentes fuentes de abastecimiento de agua; pero para su aprovechamiento es necesario ligarlas a -- las obras de captación, que desde el punto de vista sanitario, -- tienen gran importancia.

Aguas meteóricas.- Se captan mediante los techos de las -- construcciones o pisos impermeables y se llevan para su almacenamiento y consumo posterior, a tanques subterráneos llamados cisternas. El agua recolectada por los techos, arrastra impurezas -- que se acumulan en los mismos, sobre todo cuando se inicia la -- temporada de lluvia; estas primeras aguas escurridas se usan para limpieza. Con el propósito de que el agua que llegue a la cisterna sea lo más limpia posible, se hace pasar antes por un filtro sencillo constituido por capas de arena y grava graduada. De la cisterna conviene que se extraiga el agua por bombeo para evitar posibles contaminaciones; para esto último y para no perder agua por infiltración ni evaporación, deberá construirse con materiales impermeables o impermeabilizados y techo con registro -- para su limpieza; estará provista de ventilación para permitir -- los cambios de nivel sin alterar la presión dentro de ella.

La capacidad de la cisterna se calcula tomando en cuenta el tiempo que dura la temporada de lluvias, la precipitación media-anual, área de captación y el consumo que se va a hacer durante el año.

Aguas Superficiales.- Cuando se toma el agua directamente del cauce, se tienen dos posibilidades: se derivará por gravedad mediante un canal (figura 3) o se tendrá la necesidad de bombearla (figura 4). Si se requiere el bombeo, conviene hacerlo a través de un canal derivador, con el objeto de no exponer la tubería de extracción a roturas o a golpes en épocas de avenidas. A la entrada de este canal o ampliación del río para formar un cárcamo, se colocarán rejillas que impidan el paso de ciertos cuerpos voluminosos arrastrados por la corriente; se tendrá cuidado de efectuar con frecuencia la limpieza de estas rejillas, sobre todo durante la época de avenidas.

TOMA POR GRAVEDAD

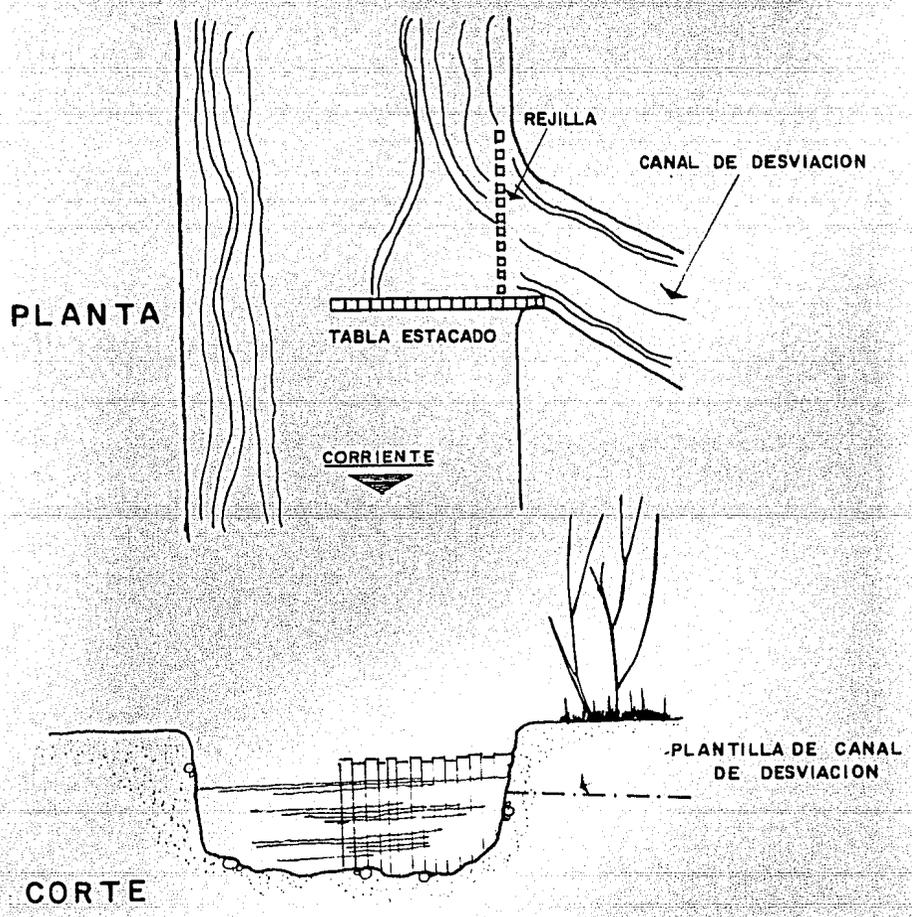
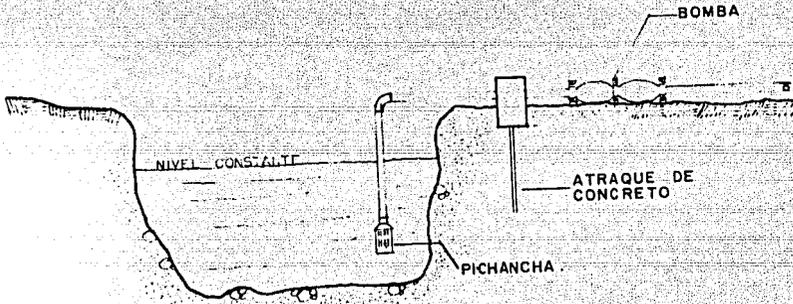
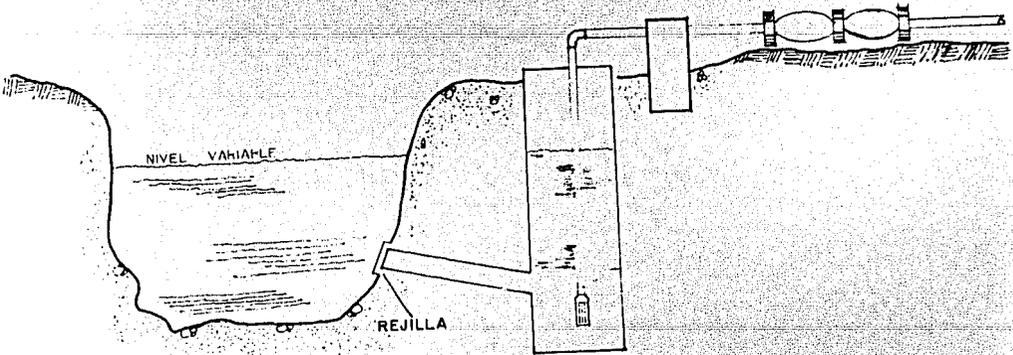


FIGURA 3



TOMA DIRECTA POR BOMBEO



TOMA INDIRECTA POR BOMBEO

FIGURA 4

Embalses.- La obra de toma consiste en una torre en el interior del vaso, que contiene varias compuertas localizadas a distintas alturas, con el objeto de captar las aguas a un nivel adecuado según lo indiquen los estudios microscópicos para evitar la succión del plancton y que pudiera llegar hasta las plantas potabilizadoras. Cada toma deberá tener una rejilla formada por barras o alambres, con un espacio libre de 3 a 5 cm y con una válvula de seccionamiento para la operación de la toma más adecuada. La velocidad del agua en la entrada de la toma no deberá ser superior a 0.60 m/s.

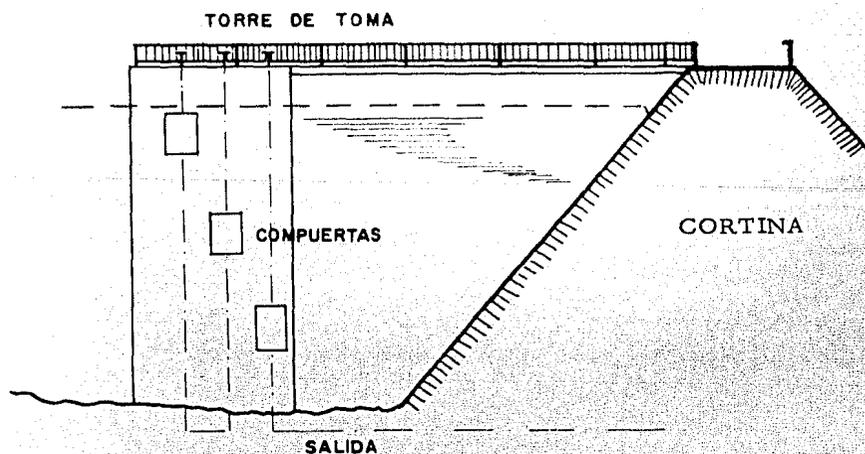


FIGURA 5

Manantiales.- Para los manantiales, los depósitos de captación son cámaras colectoras cerradas e impermeables, construidas de concreto reforzado o mampostería de tabique o piedra. (figura 6)

Para cimentar la caja colectora, debe excavar hasta encontrar una capa impermeable, retirando el cieno, las rocas intemperizadas y otros fragmentos de material mineral, por lo común carbonato de calcio, que el agua deposita al brotar. Esta operación

deberá hacerse cuidadosamente, sobre todo en terrenos fisurados, para evitar que el manantial se desvíe o desaparezca por una fisura. En ningún caso se harán detonar cargas explosivas en un manantial.

MANANTIAL

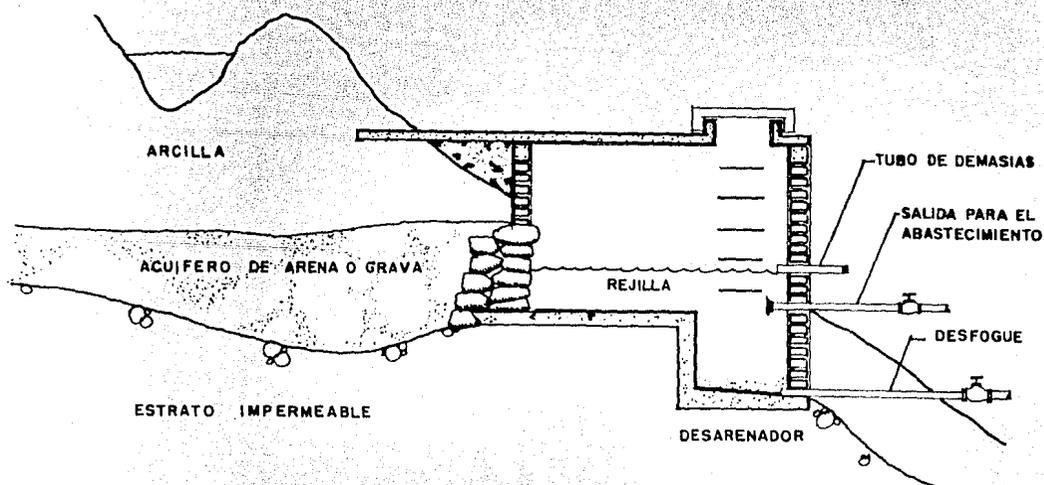


FIGURA 6

Norias.- La captación del agua debe efectuarse por bombeo, evitando el uso de utensilios y cables que tienen contacto directo entre el hombre y el agua.

En áreas reducidas la profundidad del agua freática es la misma de cualquier lugar, así que la localización de las norias queda supeditada solamente a las condiciones de seguridad para salvaguardar la salud de los usuarios. Estas condiciones son -- principalmente tres:

- 1.- Que de ser posible se hallen a 30 m distantes de cualquier foco de contaminación.
- 2.- Localizarlas en las partes altas del terreno para que los escurrimientos superficiales pasen por ellas antes de arrastrar mayores impurezas.
- 3.- Excavarlas en terrenos no rocosos, para asegurar mayor eficiencia en la filtración natural del terreno.

En la figura 7 (siguiente página), se muestran los detalles constructivos de protección.

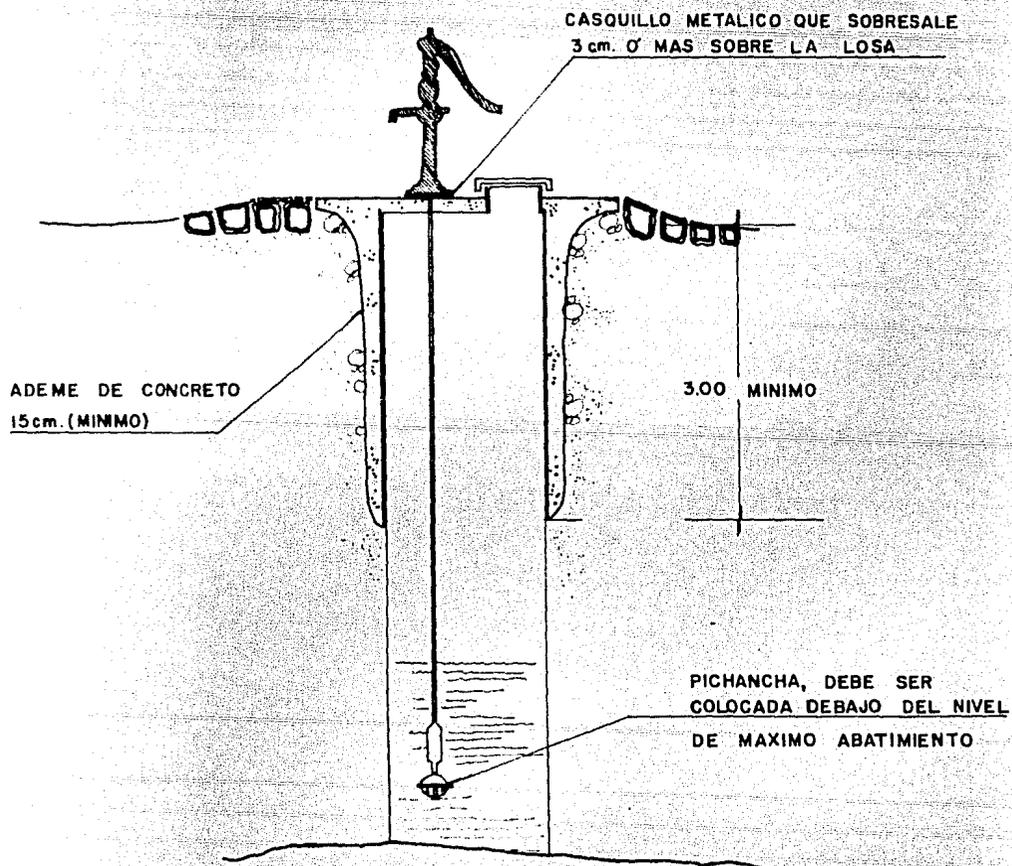


FIGURA 7

Pozos hincados.- Ya se explicó que se utilizan para captar el agua freática en terrenos arenosos. Cuando un sólo pozo resulta insuficiente para satisfacer el consumo de agua, se pueden interconectar dos o más para incrementar el caudal extraído.

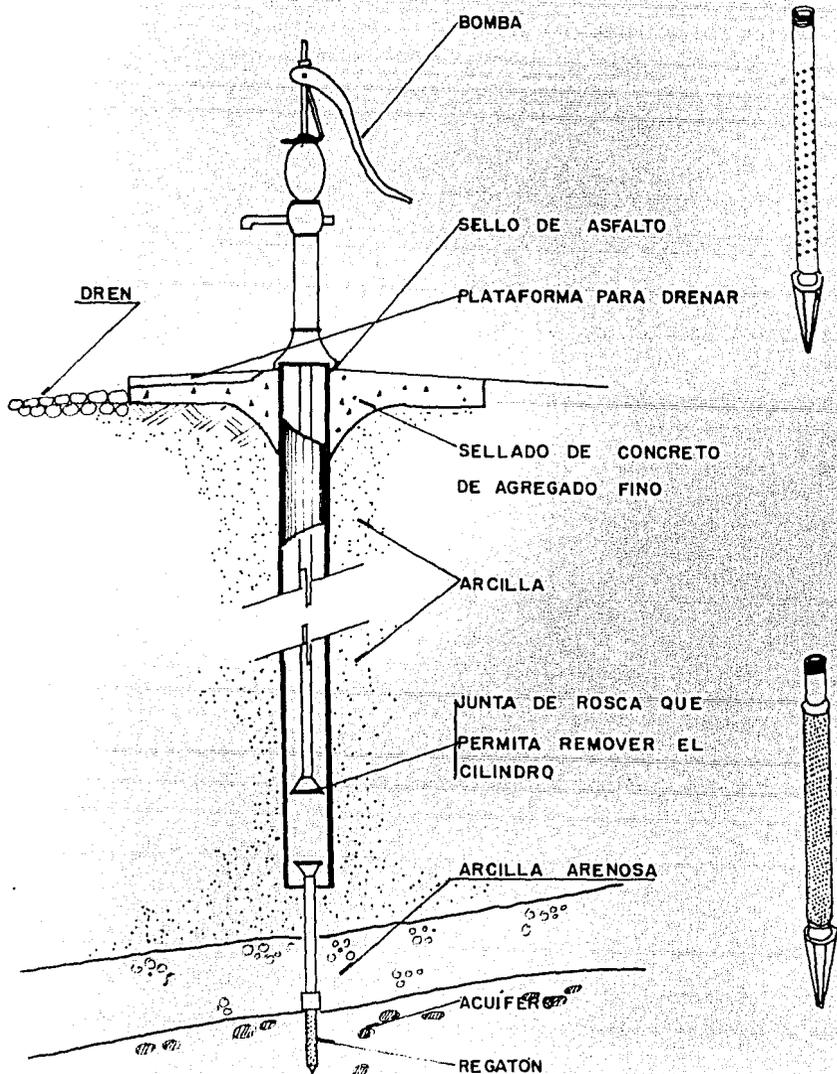


FIGURA 8

Galerías filtrantes.- Para la captación de agua por medio de este sistema, se deberá contar con un corte geológico del terreno, obtenido de varios sondeos hechos en el lugar que se elija para la construcción de la galería, de acuerdo con el estudio geohidrológico. De preferencia, la zanja será de sección trapezoidal y, de acuerdo con las características de las corrientes superficial y subterránea, se puede construir transversal o paralela a la primera.

La tubería se colocará sin juntear en el fondo de la zanja, y su diámetro, así como el de los agujeros y el número de ellos, dependerá de las características del escurrimiento del agua y del gasto que se quiera explotar; sin embargo, en ningún caso el diámetro del conducto será menor a 30 cm.

La zona filtrante estará constituida por material pétreo lavado, con una granulometría adecuada en relación con la granulometría del terreno natural del acuífero. La última capa estará formada por material producto de la excavación.

El diámetro de los agujeros variará de 2.5 a 5.0 cm y las perforaciones se harán en tresbolillo con separación de 15 a 25 cm como máximo.

En la figura 9, se muestra la captación de agua de la zona de saturación del terreno, por medio de una galería filtrante horizontal.

GALERIA FILTRANTE

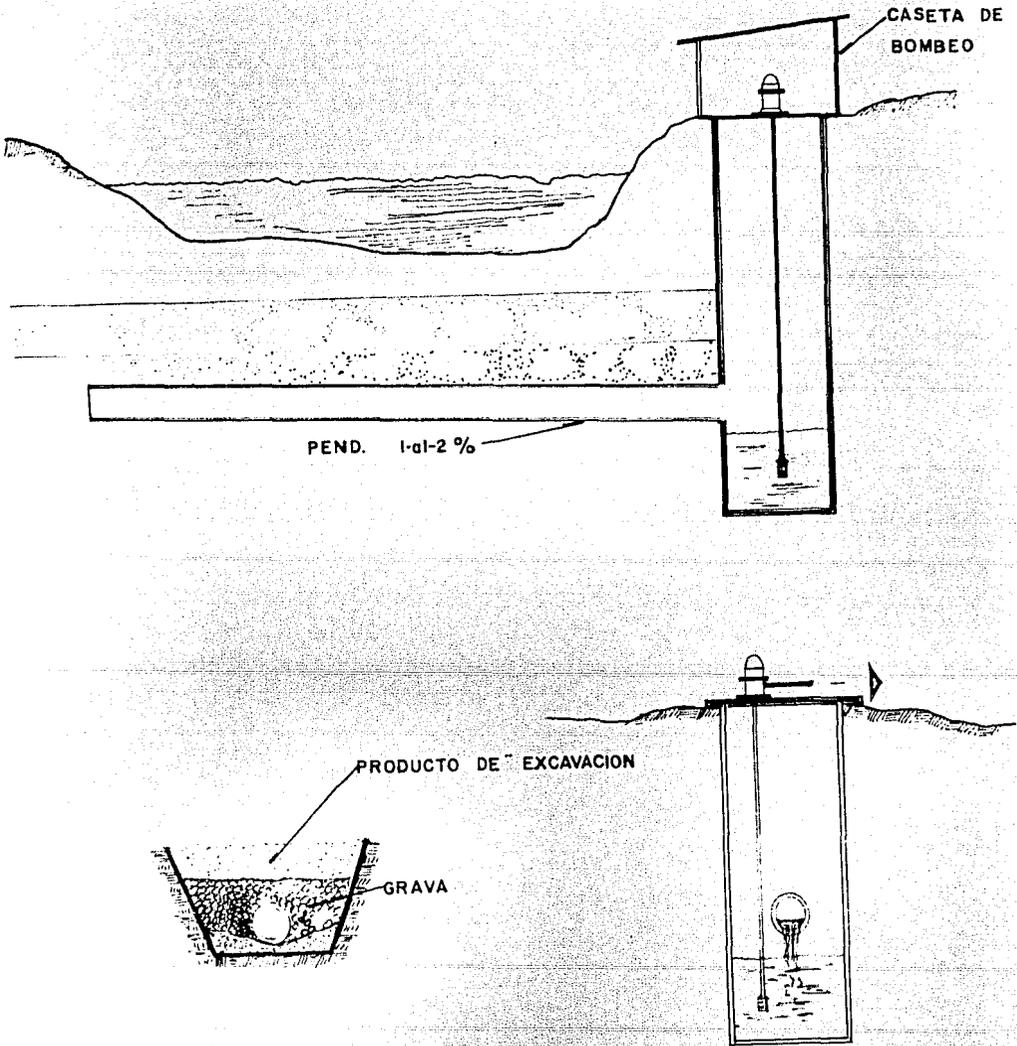


FIGURA 9

Pozos.- Para la captación de agua por medio de pozos perforados, se usan máquinas especialmente fabricadas. Estas máquinas pueden ser de percusión, de rotación o combinadas. La máquina de percusión, es la más sencilla y de mayor uso; asciende y desciende alternativamente, en el interior del pozo. Los diámetros más comunes para este tipo de pozos son de 15 a 40 cms. (figura 10).

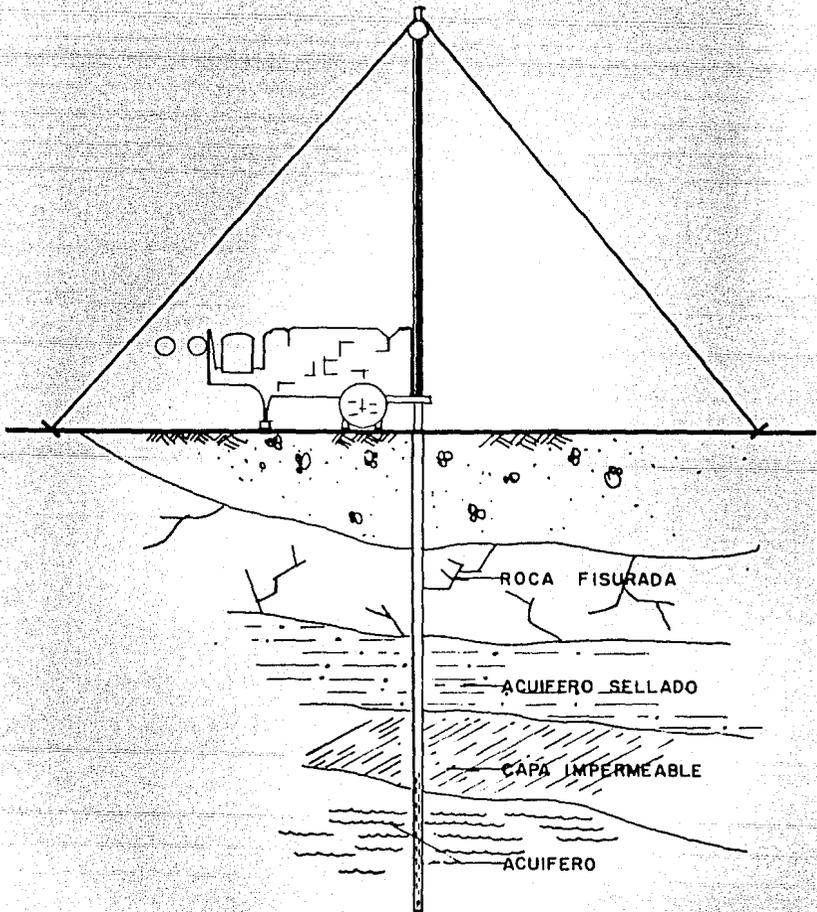
Para evitar los derrumbes, se procede a entubar o ademar el pozo, con lo que también se impide la entrada de aguas contaminadas. A la profundidad del acuífero que se va a utilizar, el tubo de ademe estará ranurado para permitir la entrada del agua. Siempre el diámetro de la perforación es mayor que el diámetro del tubo de ademe, por lo que, el espacio que queda libre debe rellenarse con grava. Este relleno formará un filtro hasta el nivel superior del acuífero utilizable. (figura 11).

El pozo se protegerá sanitariamente, rellenando con concreto la parte libre de la perforación, desde donde termine el relleno de grava, hasta enrasar con el piso.

En estos pozos profundos, el sitio o sitios elegidos para la perforación estarán basados en un estudio geohidrológico y, en determinados casos, se deberá complementar con un estudio geofísico.

Para la perforación se tomará en cuenta la profundidad, que estará supeditada a las sugerencias dadas por los estudios antes mencionados. La entubación estará de acuerdo con el corte geológico del pozo ya perforado y del registro eléctrico que se hará posterior a la perforación. El diámetro del ademe estará en función del diámetro de los tazones del equipo de bombeo, que garanticen el gasto de explotación.

Terminado el desarrollo y limpieza del pozo se efectúa el aforo para un bombeo continuado de cuando menos 72 horas; los resultados se representan en una gráfica de gastos-abatimientos para poder determinar el gasto de explotación.



PERFORADO Y ENTUBADO

FIGURA 10

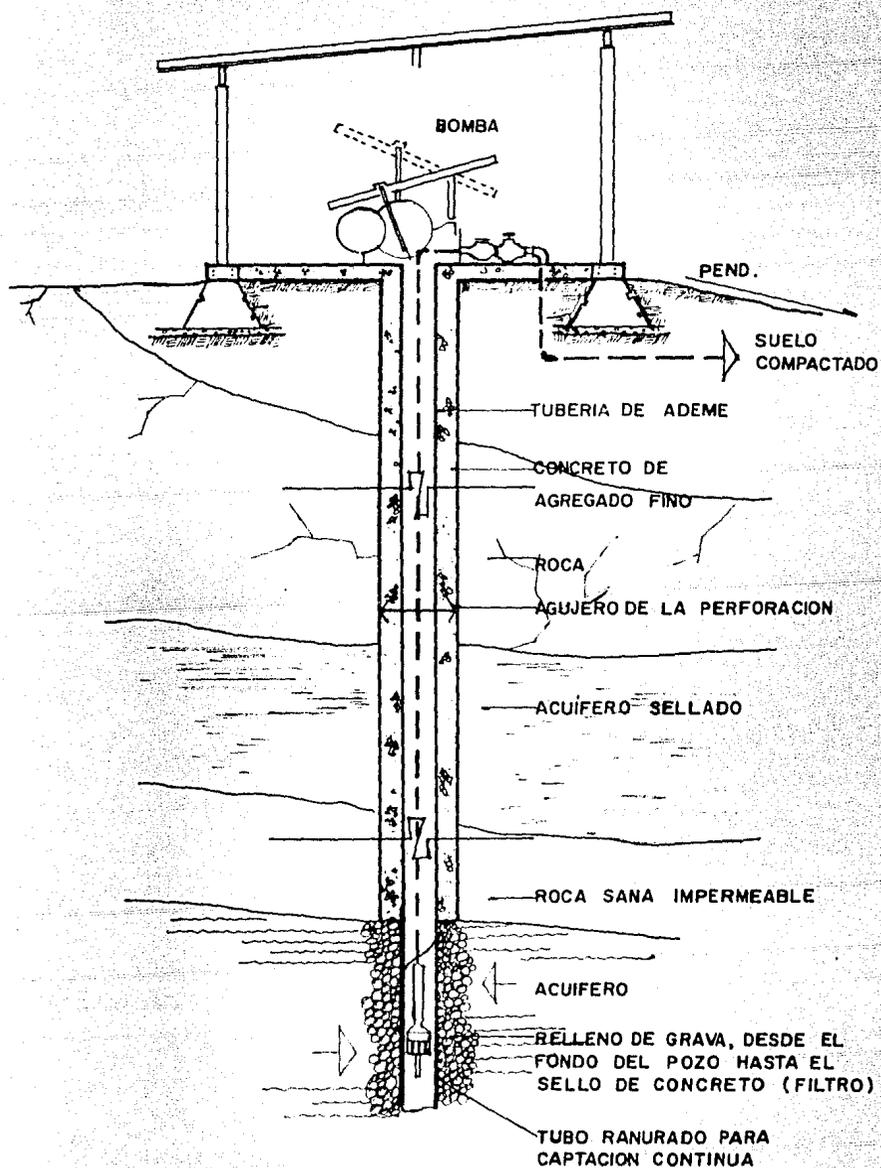


FIGURA 11

2.4 Conducción

Se denomina "línea de conducción" a la parte del sistema constituida por el conjunto de conductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regulación, una planta potabilizadora, o la red misma de distribución. Su capacidad se calculará con el gasto máximo diario.

Para proyectar una línea de conducción se requiere de PLANOS TOPOGRÁFICOS DE CONJUNTO Y PERFILES, desde el sitio inicial hasta el final así como conocer el tipo de agua por transportar.

Para un anteproyecto las curvas de nivel pueden equidistar un metro; para proyectos definitivos es preferible que estén separados de 30 a 50 cm. En cuanto a la escala del plano, ésta debe ser tal que muestre todos los puntos importantes de diseño, habiendo ocasiones en que sea necesario dibujar algunos detalles a otra escala. Se recomiendan escalas que van de 1 a 2000 hasta 1 a 10000.

Las conducciones se pueden clasificar en descubiertas y cubiertas, existiendo la posibilidad de combinarlas.

Conducciones descubiertas.- Consisten en canales revestidos o no, en los que el agua está sujeta a pérdidas por infiltración y evaporación, además de las fugas accidentales y extracciones para otros usos a los que no está destinada.

Por estar el agua al descubierto, está expuesta a toda clase de contaminación. Por esto, es aconsejable usar los canales como medios de conducción, únicamente cuando el agua sea abundante, barata y que todavía no posea calidad de potable.

Cuando se revisten los canales para disminuir las pérdidas por infiltración, se usa concreto en capas de 5 a 15 cm de espesor. Un canal revestido puede admitir mayor velocidad del agua y presentar menor área expuesta, de manera que también bajan las pérdidas por evaporación; además se obtienen otras ventajas desde el punto de vista hidráulico.

En el recorrido de un canal, se pueden presentar ciertos accidentes topográficos, que no es posible salvarlos económicamente; entonces resultan aceptables los tajos y túneles o bien los sifones invertidos y puentes canales. Por lo general, de estas estructuras, se usan más frecuentemente las dos últimas.

Para proyectar la localización y construcción de un sifón invertido, se deben tomar en cuenta diversos factores del obstáculo por salvar, tales como: profundidad y longitud, tirante y caudal máximos en épocas de lluvias, material y objetos arrastrados por la corriente y posibilidad de socavación en el fondo.

Debe preverse en estas estructuras, el medio de limpieza necesario para evitar taponamientos por la acumulación de azolves; para ello se recomienda que la sección en el fondo sea tal, que la velocidad del agua sea mayor de 0.60 m/seg para evitar el depósito de partículas finas, ya que las gruesas quedan en el propio canal que funge como sedimentador.

Los puentes-canales pueden ser abiertos o cerrados, colgantes o apoyados. Cuando son cerrados, en ocasiones, el propio tubo se aprovecha para hacerlo trabajar como viga. También pueden aprovecharse con tal fin puentes de ferrocarril o carretera.

Conducciones cubiertas.- Las constituyen todos los ductos totalmente cerrados, como las tuberías, también un túnel o sifón

invertido; pueden trabajar a presión o como canal.

Las conducciones que llevan agua potable o a presión, deben forzosamente ser cubiertas.

La gran mayoría de las conducciones cubiertas para agua potable, por lo general están formadas por tubería prefabricada.

Según la presión a la que se conduce el agua, así es el tipo y material de la tubería seleccionada; comúnmente se emplean tuberías de fierro fundido, concreto, asbesto-cemento, acero y polietileno.

Aunque las tuberías siguen comúnmente el perfil del terreno, es necesario tener en cuenta que en ningún caso deben quedar a mayor altura que la línea de pendiente piezométrica, pues se producirán presiones negativas y, en caso de fisuras, se tendrán entradas de agua, aire, etc. (figura 12).

En los puntos bajos deben instalarse válvulas de desagüe para poder vaciar la tubería y extraer sedimentos. En los puntos altos se pondrán válvulas de aire para evitar taponamientos. Las presiones excesivas pueden evitarse intercalando, en los puntos adecuados, cajas rompedoras de presión.

Siempre que sea posible, se recomienda que la conducción sea por gravedad desde la captación hasta un tanque de almacenamiento.

Es de desearse que las tuberías de cualquier material que sean, queden alojadas en zanjas para obtener la máxima protección. Sin embargo, tuberías de acero o fierro fundido se podrán instalar superficialmente garantizando su protección y seguridad. En el caso de tuberías de acero, se deberán proteger interior y exteriormente contra la corrosión.

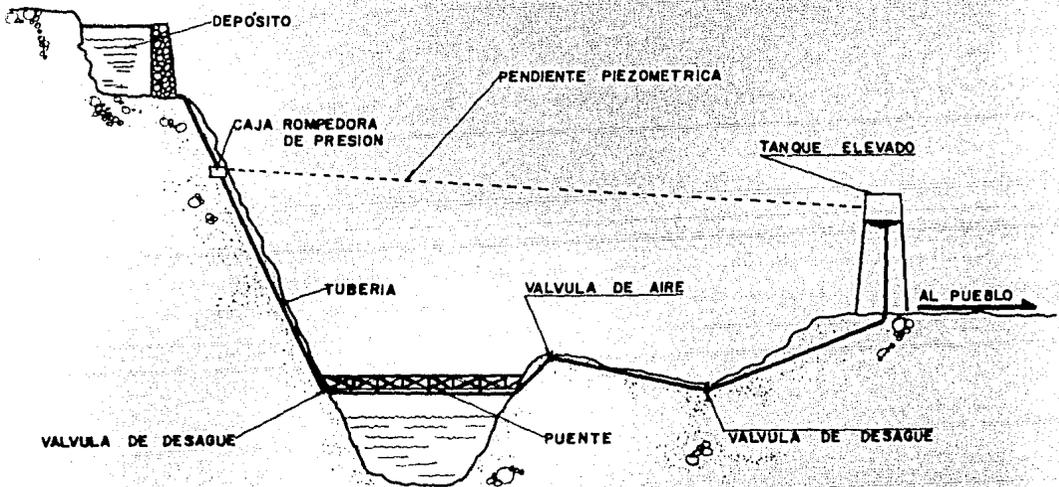


FIGURA 12

Conducción por gravedad

El empleo de tuberías en conducciones permite hacer el análisis hidráulico de los conductos trabajando como canal o a presión, dependiendo de las características topográficas que se tengan. En cualquier caso, la velocidad mínima de escurrimiento será de 0.5 m/seg, para evitar el asentamiento de partículas que arrastre el agua.

La velocidad máxima permisible para evitar erosión será la que se indica en la siguiente tabla:

TUBERIAS

	m/s
De concreto simple hasta 0.45m de diámetro	3.0
De concreto reforzado de 0.60m de diámetro o mayores ...	3.5
De asbesto cemento	5.0
De acero galvanizado	5.0
De fierro fundido	5.0
De acero sin revestimiento	5.0
De acero con revestimiento	5.0
De polietileno	5.0
De P.V.C. (cloruro de polivinilo)	5.0

El cálculo hidráulico de la tubería trabajando como canal se hace empleando la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} r^{2/3} S^{1/2}, \text{ en donde:}$$

V = velocidad del agua, en m/seg.

n = coeficiente de rugosidad

r = radio hidráulico, en m.

S = pendiente geométrica.

Los coeficientes de rugosidad que se recomiendan para el -- proyecto son los siguientes:

	n
Asbesto cemento -----	0.010
Concreto liso -----	0.012
Concreto áspero -----	0.016
Acero galvanizado -----	0.014
Fierro fundido -----	0.013
Acero soldado sin revestimiento -----	0.014
Acero soldado con revestimiento interior a base de Epoxy -----	0.011
Plástico P.V.C. -----	0.009

Cuando la tubería trabaje a presión, el cálculo hidráulico de la línea consistirá en utilizar la carga disponible para vencer las pérdidas por fricción únicamente, ya que en este tipo de obras las pérdidas secundarias no se toman en cuenta por ser muy pequeñas. **Por lo anterior se emplea la siguiente fórmula:**

$$h_f = K L Q^2, \text{ en la cual:}$$

h_f = pérdidas por fricción, en m.

$$K = \frac{10.3 n^2}{D^{16/3}}$$

L = longitud de la conducción, en m.

Q = gasto, en m/seg

n = coeficiente de rugosidad

D = diámetro del tubo, en m.

Con la ayuda de la tabla B, se facilita la determinación del diámetro (s) de una tubería en función de K y n.

En este caso de tuberías a presión, la pendiente considerada es la piezométrica.

T A B L A "B"

FORMULA UTILIZADA : MANNING

DIAMETRO	n=0.009	n=0.010	n=0.011	n=0.012	n=0.013	n=0.014	n=0.015	n=0.016	
Pulg	m	K	K	K	K	K	K	K	
1/2	.013	9.553264.60	11798396.33	14318442.15	16953075.50	19931217.48	23138602.52	26575028.64	30240549.81
3/4	.019	1.261774.60	1558245.08	1891074.13	2239031.77	2632375.19	3055975.71	3509433.50	3993948.56
1	.025	282631.58	361401.51	438596.45	519298.25	610529.82	708771.31	817543.86	926315.79
1 1/4	.032	77943.93	96261.68	116822.43	138317.76	162616.82	188785.05	216822.43	246728.97
1 1/2	.033	31353.38	38721.80	46992.48	55639.10	65411.53	75939.85	87218.05	99248.12
2	.05	6515.63	8046.88	9769.63	11562.50	13591.75	15781.25	18125.78	20625.00
2 1/2	.064	1944.06	2400.91	2913.75	3449.88	4055.91	4708.62	5407.93	6153.85
3	.073	779.44	962.52	1168.22	1383.18	1626.17	1887.85	2168.22	2467.29
4	.102	161.63	192.61	242.25	286.82	337.21	391.47	449.61	511.63
5	.127	50.24	62.05	75.33	89.16	104.82	121.60	139.76	159.04
6	.152	19.26	23.79	28.87	34.18	40.18	46.65	53.58	60.97
8	.203	4.11	5.07	6.14	7.29	8.57	9.95	11.41	13.00
10	.254	1.24	1.54	1.87	2.21	2.60	3.01	3.46	3.94
12	.305	.46854	.58350	.70225	.83146	.97251	1.15	1.30	1.48
14	.356	.20593	.25412	.30864	.36541	.42963	.49877	.57284	.65185
16	.406	.10208	.12610	.15300	.18115	.21297	.24725	.28397	.32313
18	.457	.05416	.06688	.08123	.09610	.11219	.13117	.15065	.17143
20	.508	.03088	.03815	.04630	.05481	.06444	.07481	.08593	.09778
24	.610	.01165	.01429	.01746	.02067	.02430	.02821	.03240	.03687
30	.762	.00355	.00439	.00533	.00631	.00742	.00861	.00989	.01125
36	.914	.00115	.00166	.00202	.00239	.00281	.00326	.00375	.00426
42	1.067	.00059	.00073	.00088	.00105	.00121	.00143	.00164	.00187
48	1.219	.00029	.00036	.00043	.00051	.00061	.00070	.00081	.00092
54	1.372	.00015	.00019	.00023	.00027	.00032	.00037	.00043	.00049

FORMULAS

$Q = \frac{A}{n} \cdot 1.4867 S^{1/2}$, $S = 10.293 n^2 \left(\frac{Q}{0.78} \right)^2$; $S = K n^2$; $K = \frac{10.293 n^2}{0.78^2}$; $h_f = K L Q^2$

Pérdida por fricción en metros _____ h_f
 Constante _____ K
 Longitud en metros _____ L
 Gasto en m^3/seg _____ Q

NOTA.- Los valores de K corresponden a los diámetros indicados en la tabla en el sistema métrico decimal.

CALCULO

ING. SAMUEL LUGO M.

ESTE PLANO ANULA Y SUBSTITUYE AL V.C.1623

SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS
 SUBSECRETARIA DE BIENES INMUEBLES Y OBRAS URBANAS
 DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADOS
 SUBDIRECCION DE PROYECTOS

**AGUA POTABLE
 CONSTANTES PARA PERDIDAS POR
 FRICCION**

Contenido: _____

México D.F. Marzo de 1923

V.C. 1920

Conducción por bombeo

El cálculo hidráulico se basa en la fórmula $h_f = K L Q^2$,

En toda línea de conducción por bombeo se hará el estudio del diámetro más económico, determinando el costo total de operación anual para varias alternativas de diámetros, cuyo valor mínimo será el que fije el diámetro más económico.

Para protección del equipo de bombeo y de la tubería de la conducción contra la sobrepresión por golpe de ariete, se recomienda utilizar válvulas aliviadoras de presión, torres de oscilación o tanques neumáticos. En las líneas por impulsión, también se colocarán válvulas de aire y desagüe, de acuerdo con las mismas recomendaciones dadas para conducciones trabajando por gravedad.

Con objeto de asegurar un servicio continuo se deberá tener un mínimo de dos equipos de bombeo en operación. En el caso de pozos profundos se deberá contar con una unidad de bombeo extra.

2.5 REGULACION Y ALMACENAMIENTO

La regularización tiene por objeto transformar el régimen de alimentación de agua, que generalmente es constante, en régimen de demanda que es variable en todos los casos. Se almacena agua, cuando la demanda es menor que el gasto de llegada, la cual se utilizará cuando la demanda sea mayor.

El almacenamiento se hace para disponer de una determinada cantidad de agua como reserva, con objeto de no suspender el servicio en caso de desperfectos en la captación o en la conducción, así como para satisfacer demandas extraordinarias (incendios).

Este volumen de emergencia, puede ser un porcentaje de la capacidad reguladora o bien el correspondiente a un cierto tiempo de consumo; se considera el 25 por ciento o cuatro horas, respectivamente. En comunidades rurales no se considera el volumen contra incendios, por razones económicas.

La localización de los depósitos se hará tomando en cuenta la presión que deberá tener el agua para poder llegar a todos los puntos de la red de distribución, con la presión adecuada. Por lo anterior, los depósitos se situarán en lugares altos, o tendrán que elevarse en forma artificial. (figura 13).

Por su posición con respecto a la superficie del terreno, se clasifican en superficiales y elevados.

Los depósitos superficiales se construyen de mampostería de piedra o de tabique y concreto simple o reforzado. Los de mampostería tienen la desventaja de ser bastante permeables, por lo que hay necesidad de impermeabilizarlos, aplanando los muros en su pared interior, con mortero de cemento-arena, 1:3 a 1:5, terminándolos con un rulido fino de cemento. (figura 14).

Los elevados se construyen de concreto armado, o metálicos (figura 15).

Existe la posibilidad de utilizar tanques hidroneumáticos, pero no en las comunidades rurales.

Como los tanques contienen agua potable, deben ser cubiertos y tener solamente la ventilación necesaria para conservar la presión atmosférica de su interior. Se protegerán de los escurrimientos de agua de lluvias construyendo zanjas o cunetas interceptoras.

En los tanques superficiales debe localizarse la entrada del agua en la parte superior. La salida al nivel del fondo o preferentemente a unos centímetros arriba, reservándose así un pequeño volumen para sedimentos con objeto de evitar que las arenas pasen a la red de distribución. Para retirar estos sedimentos y limpiar o para efectuar reparaciones, se instala un registro de inspección que se conservará siempre cerrado. Con objeto de no interrumpir el suministro de agua mientras se ejecutan estas operaciones, se conecta la entrada y la salida con una tubería y sus válvulas correspondientes para abastecer a la comunidad directamente de la fuente mientras se hace la operación de limpieza. Lo anterior en el menor tiempo posible y durante la demanda mínima.

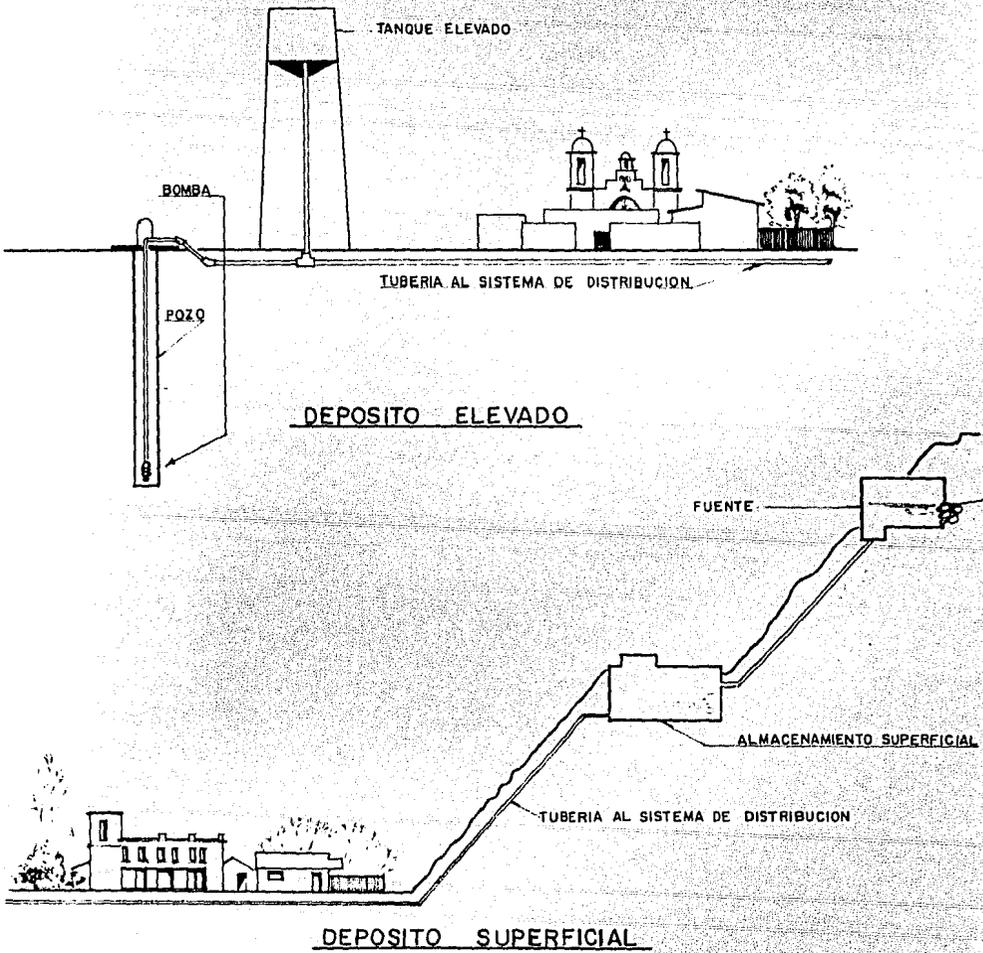
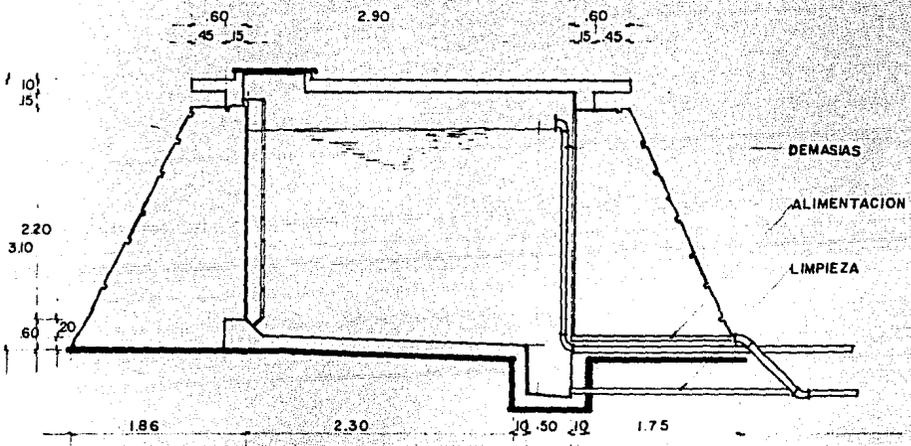


FIGURA 13

CORTE LONGITUDINAL



PLANTA DEL TANQUE

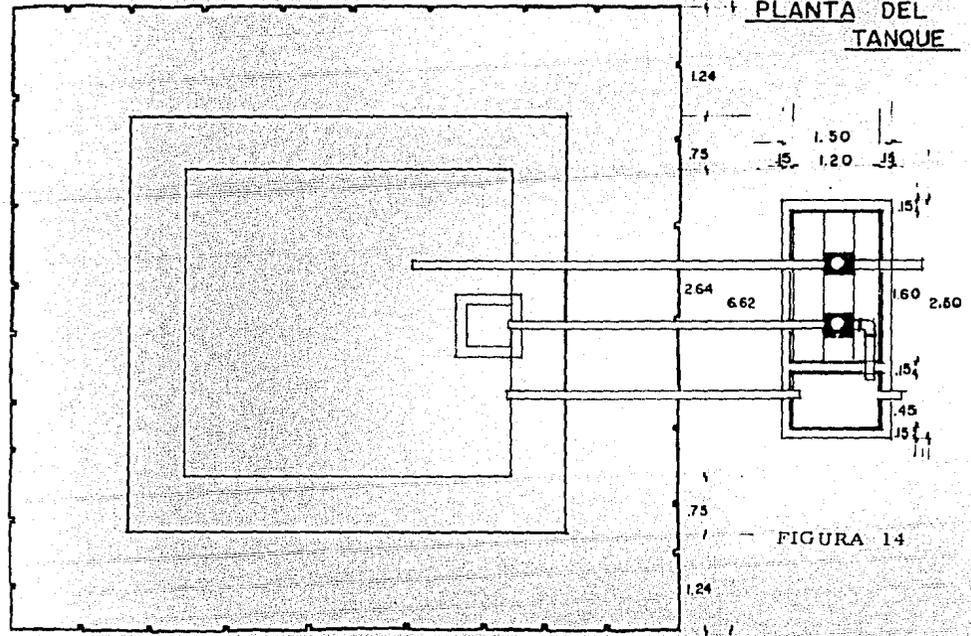
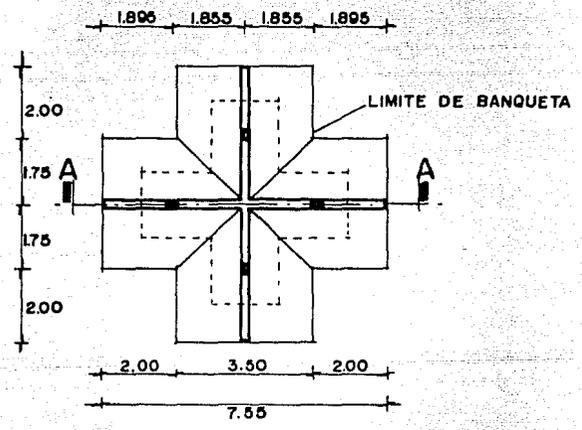
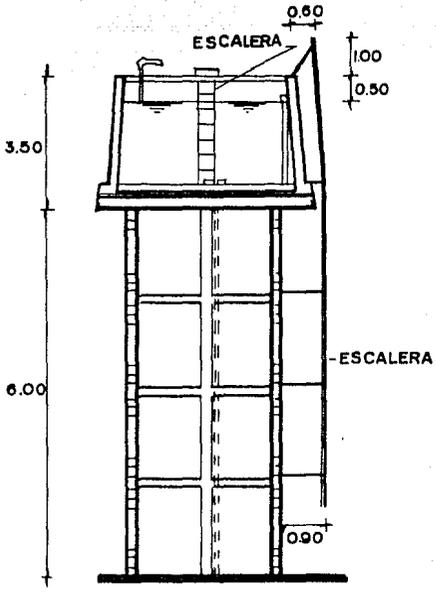


FIGURA 14



ELEVACION EN CORTE A-A

PLANTA DE CIMENTACION

FIGURA 15

Regulación

La capacidad del tanque para efectos de regulación o regularización, se calcula en función del régimen de la entrada y las demandas horarias en el día de máximo consumo.

La cantidad de agua necesaria para satisfacer las demandas de los consumidores son variables, dependiendo principalmente -- del tipo de población, horario de trabajo más común, costumbres, etc.

Cuando la alimentación es constante durante el día, los caudales de entrada, resultan iguales al gasto medio horario.

Cuando la alimentación se efectúa sólo durante unas horas, se tendrán que aumentar los caudales de entrada para compensar las horas en que no haya alimentación y tener al final del día un total que corresponda al 2,400 por ciento horario (100 por ciento durante las 24 horas). Es decir, como los porcentajes para este caso se consideran con respecto a un gasto medio horario, la unidad de tiempo es la hora que es la más usual, pero puede aplicarse el procedimiento para cualquier otra unidad de tiempo.

Por lo tanto, al gasto medio horario de cada hora de un ciclo de 24 se le asigna un 100 % de gasto y las variaciones de los caudales de entrada o de salida se darán como porcentajes con relación a este 100%.

En México se han determinado esos consumos y los que se utilizan con frecuencia son los aportados por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, ver la tabla "C".

Para obtener las leyes de demanda y aportación de caudal deben instalarse medidores en las tomas domiciliarias y en la captación, y medidores registradores en la alimentación a la red.

Ley de demandas horarias.

Consumo de agua en poblaciones mexicanas.

T A B L A "C"

Variaciones del consumo horario en porcentaje del consumo medio horario.

Horas	Poblaciones pequeñas.	Irapuato	Torreón	Cd. México
0- 1	45	50	53	61
1- 2	45	50	49	62
2- 3	45	50	44	60
3- 4	45	50	44	57
4- 5	45	50	45	57
5- 6	60	50	56	56
6- 7	90	120	126	78
7- 8	135	180	190	128
8- 9	150	170	171	152
9-10	150	160	144	152
10-11	150	140	143	141
11-12	140	140	127	138
12-13	120	130	121	138
13-14	140	130	109	138
14-15	140	130	105	138
15-16	130	140	110	141
16-17	130	140	120	114
17-18	120	120	129	106
18-19	100	90	146	102
19-20	100	80	115	91
20-21	90	70	75	79
21-22	90	60	65	73
22-23	80	50	60	71
23-24	60	50	53	57

Cuando no se conozca la ley de demandas se puede usar la de otra población con características similares a la estudiada. Cuando no es posible hacer lo anterior, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos recomienda calcular las capacidades de almacenamiento de la siguiente forma:

Tiempo de Bombeo	Suministro al tanque Horas	Gasto de Bombeo	Capacidad del Tanque m^3
De 4 a 24	24	Q.M.D.	$C = 14.58 \times Q.M.D.$
De 6 a 14	20	$Q.M.D. \times \frac{24}{20}$	$C = 7.20 \times Q.M.D.$
De 16 a 24	16	$Q.M.D. \times \frac{24}{16}$	$C = 15.30 \times Q.M.D.$

Donde: Q.M.D. es el Gasto máximo diario en lts/seg.

Si la alimentación se efectúa por bombeo, generalmente es continua durante un cierto tiempo, que coincide con turnos o medios turnos de trabajo por facilidad administrativa; pero en todos los casos, conviene estudiar la hora en que deba iniciarse así como su duración, para que resulten mínimos, tanto la capacidad del tanque, como el costo y mantenimiento del sistema.

El volumen de regularización puede determinarse analítica o gráficamente.

Procedimiento analítico.

Está basado en la ley de las masas como se aplica a un vaso regulador, al considerar caudales de entrada y caudales de extracción. Se simplifica el cálculo auxiliándose con un cuadro en el-

que se tabulan las horas del día y los porcentajes horarios correspondientes, tanto de la alimentación como los de la demanda.

Con los valores de estos porcentajes, se encuentra la diferencia alimentación-demanda, pudiendo ser positiva o negativa; - en otra columna, se acumulan algebraicamente estas diferencias.

De esta columna, se buscan los valores positivo y negativo máximos para sumarlos en valor absoluto; este resultado es el - porcentaje horario que se necesita multiplicar por el Gasto medio horario para obtener la capacidad de regularización del tanque.

Consideremos el siguiente ejemplo: para ocho horas de bombeo y según la demanda horaria en porcentajes, para una población pequeña.

En el ejemplo, el valor positivo del porcentaje (columna de diferencias acumuladas, sig. página) representa la parte de la - capacidad que debe tener el tanque para almacenar el agua que le llega; y el negativo, la parte adicional para que se efectúe el funcionamiento sin deficiencias.

SOLUCION:

Obtengamos el gasto medio horario:

$$\begin{aligned} \text{Gasto medio horario} &= \frac{\text{volumen total de entrada}}{24} = \\ \text{de entrada} &= \frac{500 \text{ m}^3/\text{día}}{24} = 20.8 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

Horas	Q. Bombeo en %	Demanda horaria en %	Diferencias	Diferencias Acumuladas.
0- 1	0	45	- 45	- 45
1- 2	0	45	- 45	- 90
2- 3	0	45	- 45	-135
3- 4	0	45	- 45	-180
4- 5	0	45	- 45	-225
5- 6	0	60	- 60	-285
6- 7	0	90	- 90	-375 *
7- 8	300	135	+165	-210
8- 9	300	150	+150	- 60
9-10	300	150	+150	+ 90
10-11	300	150	+150	+240
11-12	300	140	+160	+400
12-13	300	120	+180	+580
13-14	300	140	+160	+740
14-15	300	140	+160	+900 *
15-16	0	130	-130	+770
16-17	0	130	-130	+640
17-18	0	120	-120	+520
18-19	0	100	-100	+420
19-20	0	100	-100	+320
20-21	0	90	- 90	+230
21-22	0	90	- 90	+140
22-23	0	80	- 80	+ 60
23-24	0	60	- 60	0
	2400	2400		

$$* \quad * \\ 375 + 900 = 1275 \%$$

$$\text{Capacidad del tanque} = \frac{\text{Gasto medio horario}}{100} \left(\left| \begin{array}{l} \text{m\u00e1ximo} \\ \text{porcentaje} \\ \text{excedente} \end{array} \right| + \left| \begin{array}{l} \text{m\u00e1ximo} \\ \text{porcentaje} \\ \text{faltante} \end{array} \right| \right)$$

$$\text{Capacidad del tanque} = \frac{20.8}{100} \left(\left| +900 \right| + \left| -375 \right| \right)$$

$$\text{Capacidad del tanque} = 265.2 \text{ m}^3$$

También se puede calcular el volumen de regularización, considerando sólo los volúmenes de almacenamiento requeridos para satisfacer la demanda.

8 horas de bombeo

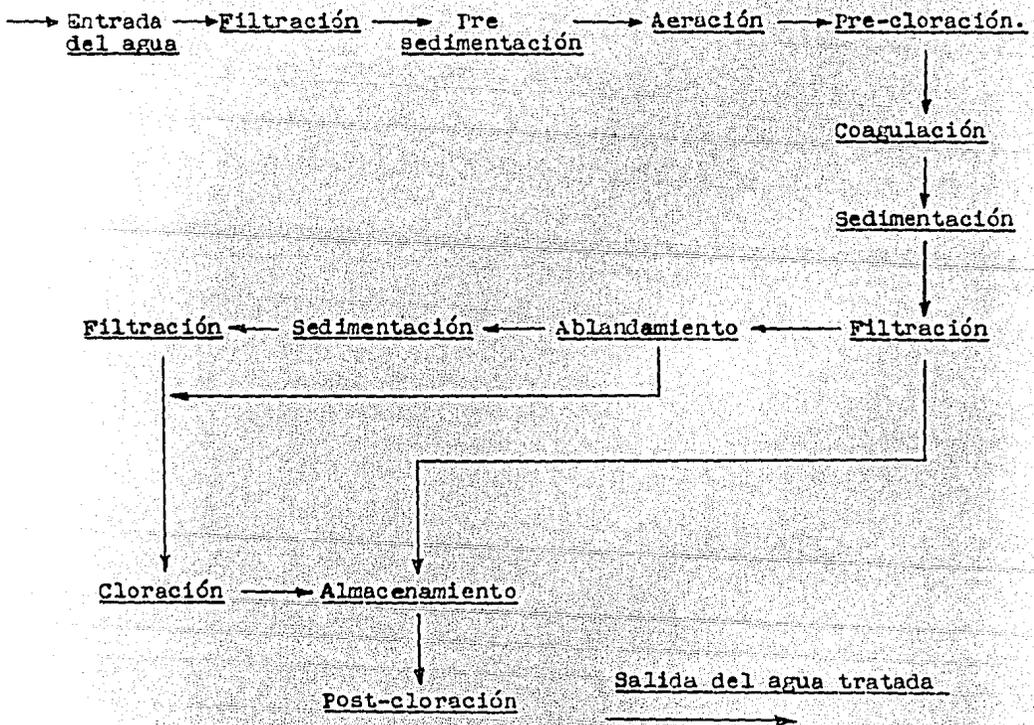
Horas	Entradas %	Salidas %	Porcentajes Requeridos %
0- 1	0	45	- 45
1- 2	0	45	- 45
2- 3	0	45	- 45
3- 4	0	45	- 45
4- 5	0	45	- 45
5- 6	0	60	- 60
6- 7	0	90	- 90
7- 8	300	135	+165
8- 9	300	150	+150
9-10	300	150	+150
10-11	300	150	+150
11-12	300	140	+160
12-13	300	120	+180
13-14	300	140	+160
14-15	300	140	+160
15-16	0	130	-130
16-17	0	130	-130
17-18	0	120	-120
18-19	0	100	-100
19-20	0	100	-100
20-21	0	90	- 90
21-22	0	90	- 90
22-23	0	80	- 80
23-24	0	60	- 60
	2400	2400	-1275

$$\text{Capacidad tanque} = \frac{20.8}{100} \times 1275 = 265.2 \text{ m}^3$$

2.6 Potabilización.

Cuando el agua no cumple con los requisitos establecidos para ser potable se recurre a la potabilización, la cual se realiza empleando una serie de instalaciones, a cuyo conjunto se le denomina Planta Potabilizadora, que consta de uno o varios edificios para alojar oficinas, laboratorios, almacenes y equipo de dosificación.

Un proceso completo de potabilización consta de las siguientes etapas:



La planta potabilizadora puede localizarse, dentro de un -- sistema completo de abastecimiento de agua, en el tramo comprendido entre la obra de captación y el tanque de regularización.

Una planta potabilizadora puede contar con todas las etapas mencionadas o un número menor, de acuerdo con las impurezas del agua y la calidad final que se desee o se pueda conseguir. En el medio rural o en el caso que nos ocupa (instalaciones provisionales o de emergencia), generalmente sólo se efectúan los procesos siguientes: **Aeración, Sedimentación, Filtración y Desinfección.**

-- Aeración.

Tiene por objeto el intercambio de gases y sustancias volátiles entre el agua y el aire, lográndose con ésto eliminar los olores debidos a organismos vivientes (principalmente algas) y al ácido sulfídrico; además de eliminar los gases disueltos (como el dióxido de carbono y el ácido sulfídrico) tiene gran importancia, sobre todo en la remoción del fierro y del manganeso.

La aeración puede llevarse a cabo mediante artesas, escalones, piedras, obstáculos, etc., procurando que el proceso resulte lo más económico y eficiente posible.

-- Sedimentación.

Consiste en asentar por gravedad las partículas sólidas contenidas en el agua. Puede ser simple o secundaria. En la simple se eliminan los sólidos más pesados sin necesidad de tratamiento especial, procurando realizarla en el mayor tiempo posible (de 2 a 3 días). De este modo, la turbiedad será menor y mejora la calidad del agua debido a la acción del aire y los rayos solares; mejora el sabor y el olor, se oxida el fierro y se eliminan algunas substancias.

La secundaria se emplea para eliminar partículas que no se depositan ni con reposo prolongado, y que son la causa principal de turbiedad. Para esto, se aplican métodos de coagulación bajo supervisión especializada.

-- Filtración.

Se emplea para obtener una mayor clarificación y generalmente se aplica después de la sedimentación. Existen varios tipos de filtros con características que varían de acuerdo con su empleo.

En el medio rural los filtros utilizados se construyen de grava y arena. Conviene recordar que la función principal de un filtro es la de eliminar materias en suspensión, ya que, pueden retener ciertas bacterias, quistes, etc., pero por sí solos no garantizan la potabilidad del agua. Para lograr lo anterior, se debe contar además del filtro, de algún dispositivo de potabilización (desinfección del agua).

-- Desinfección.

Para la desinfección del agua existen métodos físicos (como la ebullición o aplicación de rayos ultravioleta) y químicos (mediante la utilización de ozono, yodo, plata o cloro); siendo la aplicación de cloro el más utilizado, ya que además sirve para: eliminar olores y sabores, decolorar, evitar la formación de algas, ayudar a eliminar el Hierro y Manganeso y a la coagulación de materias orgánicas:

Cloración.

Es el procedimiento más utilizado para desinfectar el agua, por medio de Cloro o sus derivados, como los hipocloritos de calcio o de sodio. Es un método efectivo, económico y fácil para eliminar a las bacterias patógenas.

Los hipocloritos se fabrican comercialmente en diversas concentraciones, siendo más convenientes las que tienen mayor porcentaje de cloro. Estas substancias se deben guardar en envases cerrados y colocarlos en lugares frescos, ya que son poco estables. La preparación de las soluciones de cloro diluidas, puede llevarse a cabo, con base en la siguiente fórmula:

$$g = \frac{C \times L}{D \text{ cloro} \times 10}, \text{ donde:}$$

g = gramos de hipoclorito que debe suministrarse al volumen de agua, para que tenga los mgs. por litro deseados.

C = mgs. por litro o p.p.m. deseadas.

L = litros de agua por tratar.

D cloro = por ciento de cloro, del Hipoclorito, en décimos.

Ejemplo: Se desea que 100 litros de agua tengan 10 ppm de cloro, utilizando un hipoclorito al 35 %; determinar cuántos gramos deben suministrarse.

$$\text{Solución: } g = \frac{10 \times 100}{0.35 \times 10} = 286 \text{ gramos.}$$

Las soluciones de hipoclorito de calcio o sodio deben prepararse en tanques, donde se han de diluir y sedimentar convenientemente. El sedimento formado se desecha y se debe observar que las soluciones se preparen cuando menos cada 4 o 5 días, porque se alteran.

Para lograr una desinfección adecuada del agua a tratar, el cloro debe estar en contacto con ésta, cuando menos 20 minutos.

La dosificación correcta se comprueba mediante pruebas bacteriológicas y determinación de cloro residual. Por regla general, las dosis seguras de cloro residual son de 0.2 a 1.0 p.p.m.

Determinación de Demanda de Cloro.

La determinación aproximada de la cantidad de cloro que debe agregarse a un volumen determinado de agua (demanda de cloro), necesaria para su desinfección adecuada, puede hacerse por el siguiente procedimiento en el medio rural.

Prepárese un poco de solución que contenga 1 gr/lt (1 mg. por ml.) de cloro. Colóquense en hilera 10 botellas transparentes iguales de 200 ml. de capacidad, por ejemplo. Lléñense con el agua por investigar, filtrándola antes si está turbia. Déjese un pequeño espacio para la solución clorada que se añadirá a cada una, en la forma siguiente:

10 gotas a la primera; 20 a la segunda; 30 a la tercera; y así sucesivamente. Los goteros dan 2 ml. por cada 20 gotas. Agítense las botellas suavemente y déjense reposar media hora.

Pasado este tiempo, a cada botella se agregan 2 o 3 cristales de yoduro de potasio y se agita hasta disolverlos. Póngase 4 gotas de vinagre y un poco de solución de almidón. Agítense nuevamente. Se notará que el agua toma un color azul, cuya intensidad está en relación directa con el contenido de cloro. La botella con coloración azul más ténue, nos indica la demanda de cloro; la cual se calcula de la manera siguiente:

Se emplearon botellas de 200 ml. y suponiendo que la segunda fue la que presentó la coloración más ténue. En ésta se pusieron 20 gotas o sea 2 mililitros de solución clorada. Como ésta se prepara de manera que cada mililitro contenga 1 miligramo de cloro, entonces para saber la cantidad que debe agregarse a cada litro de agua, se hace la siguiente proporción:

$$\frac{2 \text{ mg. de cloro}}{200 \text{ ml. de agua}} = \frac{x}{1000 \text{ ml. de agua}} ; \quad X = 10 \text{ mgs./lt.} = 10 \text{ ppm}$$

Control del Cloro Residual.

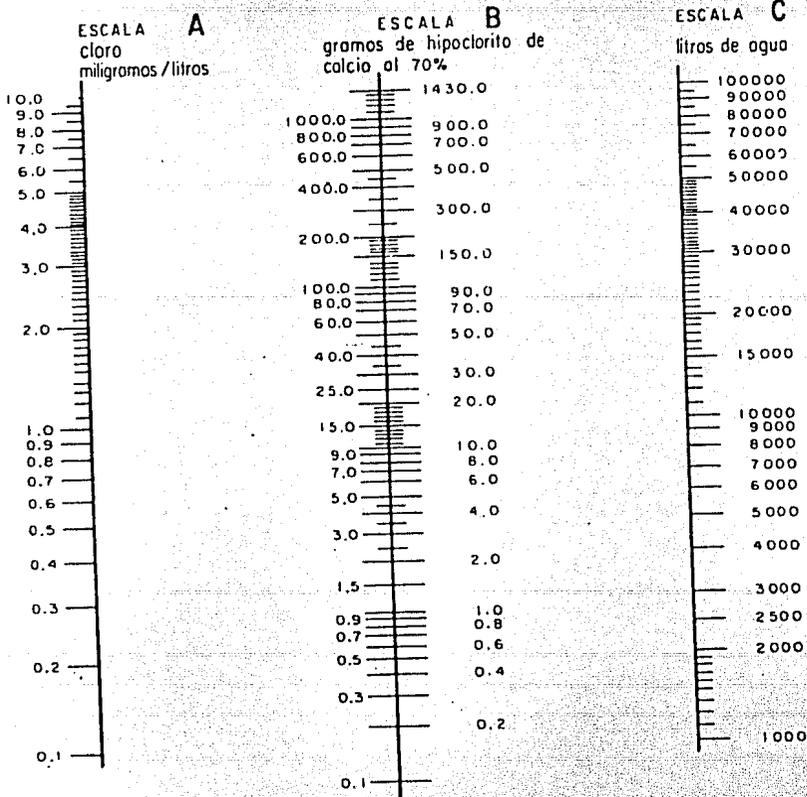
Existen varios aparatos para detectar la presencia de cloro residual en el agua. En caso de no contar con ellos, puede usarse el siguiente método práctico, para determinar si existe o no.

1. Colocar en una taza el agua por analizar
2. Agréguese 3 cristales de yoduro de potasio, agitando la solución hasta que se disuelvan.
3. Añádanse 5 gotas de vinagre y agítese.
4. Póngase unas gotas de solución de almidón.
5. Si aparece un color azul-morado, hay cloro residual.

En caso contrario, el agua no tendrá cloro residual.

La intensidad del color es proporcional a la cantidad de -- cloro presente; mientras más intenso es el color azul-morado, -- más cloro tiene el agua.

También existe la solución para dosificar el agua con hipocloritos, por medio de nomogramas como el siguiente.



una linea que conecte cualquier punto de la escala A con cualquier punto de la escala C cortara la escala B en la cantidad necesaria de hipoclorito de calcio al 70%

FIGURA 16

2.7 Distribución.

La distribución de agua a un poblado se hace con tubería - que reparte el agua del tanque de regularización o almacenamiento, para hacerla llegar a tomas públicas llamadas "hidrantes públicos", o a cada uno de los lotes, por medio de "tomas domiciliarias".

Los sistemas de distribución de agua potable, deberán proyectarse y construirse para suministrar en todo tiempo la cantidad suficiente de agua con la presión adecuada, en forma continua durante las 24 horas, en cualquier punto de la red; evitándose los ramales con punta muerta, que dan lugar a presiones bajas y a estancamientos del agua con acumulación de sedimentos y de bacterias.

Las redes están constituidas por línea de alimentación, tuberías principales, secundarias y de relleno; las principales alimentan a las secundarias y éstas a su vez a las de relleno que son finalmente las que distribuyen el agua al poblado. La red puede ser abierta o cerrada.

La red abierta está constituida por una tubería principal con ramificaciones aisladas. Se usa en casos de tener poblaciones de forma alargada o por escasos recursos económicos, ya que se ahorra tubería. Esta puede ser una manera para distribuir agua potable a comunidades rurales o campamentos provisionales.

La cerrada está formada por circuitos intercomunicados, teniendo la ventaja de que la circulación del agua puede cambiar de sentido en casos necesarios.

En las redes deben instalarse piezas especiales necesarias, como atraques y válvulas de seccionamiento en ciertos cruces o

tramos, con objeto de poder interrumpir el servicio al efectuar reparaciones, cambios o al instalar nuevas tomas.

Las tuberías y los accesorios de la red de distribución van a profundidades que garanticen su protección contra cargas exteriores y cambios de temperatura.

Para calcular las redes se toma en cuenta sólo a las tuberías principales. Así, el cálculo de una red abierta consiste en determinar por tramos, los diámetros de la tubería en función del gasto que lleva y la velocidad adecuada para el tipo de material. Se inicia por los tramos finales para considerar la acumulación de gastos en los tramos siguientes.

Para el cálculo de una red cerrada hay que determinar los diámetros en los distintos tramos que integran los circuitos principales. También importa calcular las presiones que tiene el agua en cada punto de la red. Para estos cálculos existen varios métodos, como lo son el de Hardy Cross, el del Círculo y el de Secciones. Cuando por la topografía las presiones resultan altas en algunas partes de la población, se pueden independizar circuitos y alimentarlos con tanques a menor altura o usar válvulas reductoras de presión.

En las comunidades rurales, donde por lo general cuentan con pocos recursos y son incapaces de financiar un sistema de abastecimiento por medio de tomas domiciliarias, la solución consiste en instalar hidrantes públicos. Para instalar los hidrantes públicos se debe considerar: su número, en función de la población a la que servirán; distribución y localización más convenientes de acuerdo con la densidad de población; el tipo de llave y el diámetro de la tubería que conviene colocar según tenga una o dos llaves.

3. DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES

3.1 Generalidades.

En comunidades rurales o campamentos provisionales donde no hay facilidades económicas para la construcción de un sistema de alcantarillado para alejar los desechos líquidos provenientes de casas aisladas o en pequeños grupos, escuelas, etc., con la facilidad y sencillez que permiten estas instalaciones, se ha adoptado como un medio supletorio, la Fosa Séptica. Esta es una instalación que resuelve en forma satisfactoria el problema de eliminación de pequeños volúmenes de aguas negras. En caso de no ser factible, por algunas limitaciones del sistema como cantidad de agua, tipo de terreno, etc., otras soluciones pueden ser: la construcción de letrinas comunes o individuales, una laguna de oxidación o un sistema con tanque imhoff.

El sistema de tanque séptico es el recomendable, después -- del sistema de alcantarillado, por su efectividad para eliminar la peligrosidad y molestias de las aguas residuales; por su sencillez, su economía, funcionamiento y escaso mantenimiento. Su aplicación requiere que se cuente con suficiente provisión de agua; así como, un gran terreno, y otros requisitos que se indican en el desarrollo de este capítulo. También es aplicable en zonas suburbanas con abastecimiento de agua intradomiciliario, carentes de alcantarillado y con terreno suficiente para el campo de oxidación.

El funcionamiento del sistema de fosa séptica consiste fundamentalmente de lo siguiente: en un depósito impermeable, generalmente subterráneo, llamado tanque séptico, quedan las aguas en

reposo, efectuándose la sedimentación y la formación de natas; - con el tiempo se reduce el volumen de los sedimentos y de las natas y su carácter en un principio altamente ofensivo tiende a desaparecer; el agua intermedia entre el sedimento y la nata se va convirtiendo en un líquido clarificado, debido a la privación del aire y de la luz, puesto que, se favorece la vida y reproducción de seres microscópicos anaeróbicos; estos microorganismos se nutren de la materia orgánica, destruyendo su estado sólido y convirtiéndola en líquidos y gases, resultando productos minerales-inofensivos. El proceso explicado es la putrefacción de las materias contenidas en las aguas negras, llamado "proceso séptico".

Después de lo anterior, si las aguas resultantes se ponen en contacto con el aire, se oxidan rápidamente y se transforman en inofensivas. En esta parte intervienen las bacterias aerobias.

Para oxidar el agua resultante del tanque séptico, es necesaria una instalación de drenes colocados en el subsuelo de un terreno poroso. Esto constituye un campo de oxidación, que en ocasiones se sustituye por un pozo de absorción.

3.2 Fosa Séptica

En general el sistema de fosa séptica se considera integrado por los elementos siguientes: la trampa de grasas, el tanque o fosa séptica, la caja de distribución, tuberías y el dispositivo de depuración final por oxidación (pozo de absorción, campo de oxidación o cama de arena). Ver figura 18 de la página siguiente.

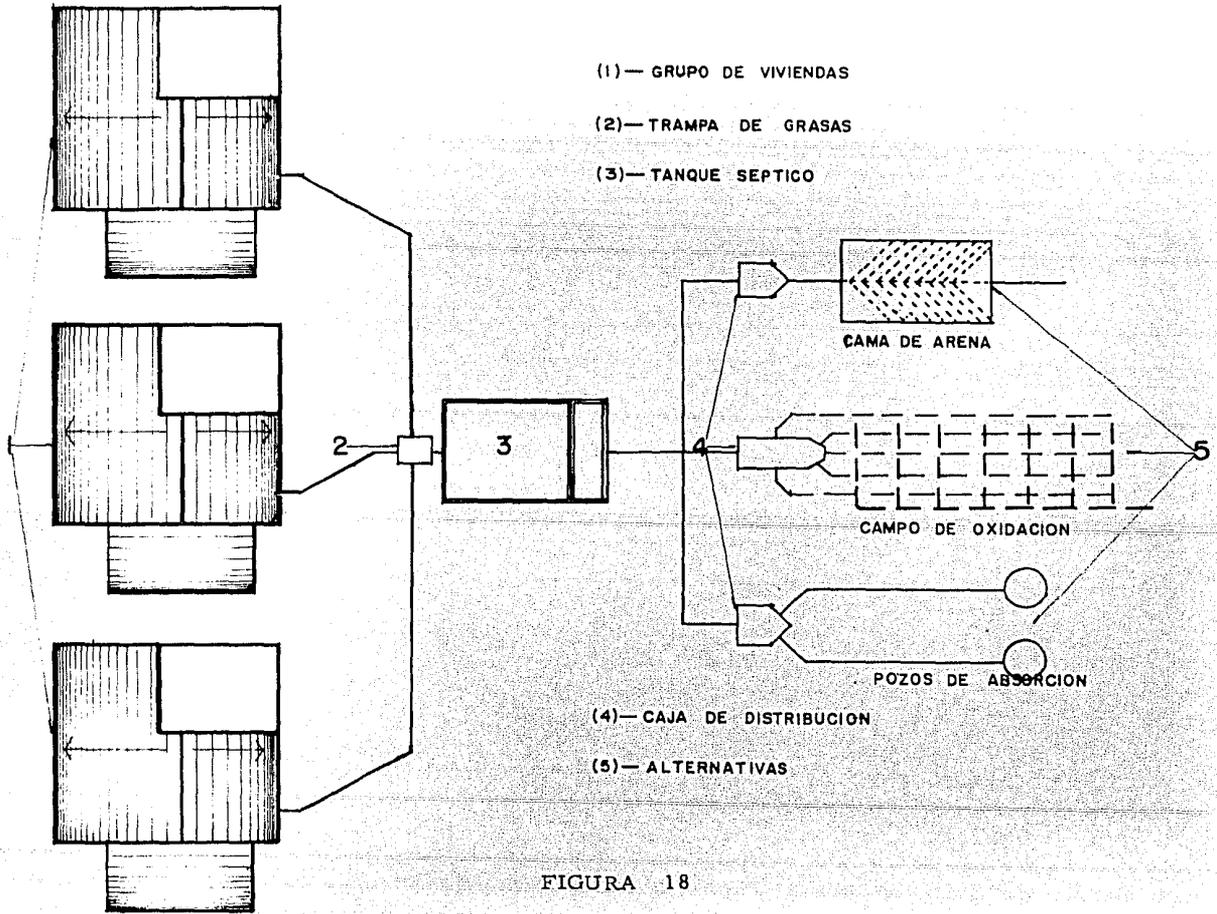


FIGURA 18

3.2.1 Trampa de Grasas

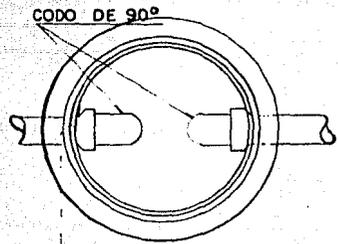
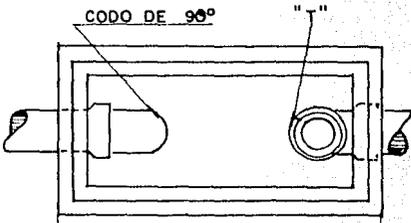
Se instala sólo cuando se preven fuertes descargas de grasas, provenientes de cocinas colectivas, talleres en campamentos provisionales, etc.

Pueden construirse como una caja de tabique o concreto, impermeable, o simplemente con un tramo de tubo de alcantarillado; con capacidad para almacenar el doble del gasto máximo horario que se desaloje, pero siempre mayor de 120 litros. El gasto máximo horario se puede calcular aproximadamente como el 1.45 del volumen total diario, entre 24.

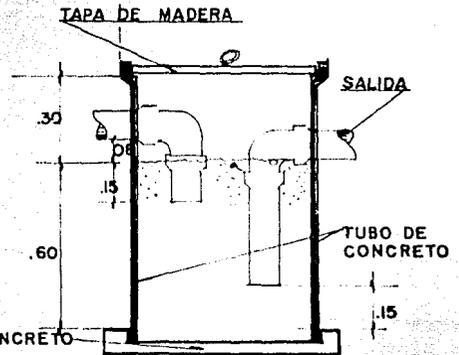
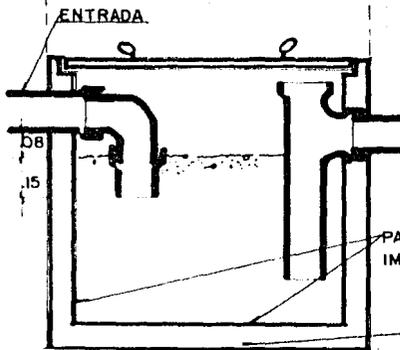
Desde luego debe colocarse antes del tanque séptico y de preferencia en un lugar sombreado para mantener bajas temperaturas en su interior. Su limpieza se efectúa de acuerdo a las cantidades de grasas previstas, pudiendo ser cada 3 días o semanalmente. Sus dimensiones pueden ser como se indica en la figura 19.

TRAMPA RECTANGULAR
(TABIQUE O CONCRETO)

TRAMPA DE TUBO DE CONCRETO



PLANTA



CORTE

FIGURA 19

3.2.2 Tanque Séptico

Es el depósito en el que se efectúa el proceso séptico y la licuefacción y sedimentación de lodos.

TANQUE SEPTICO TIPO

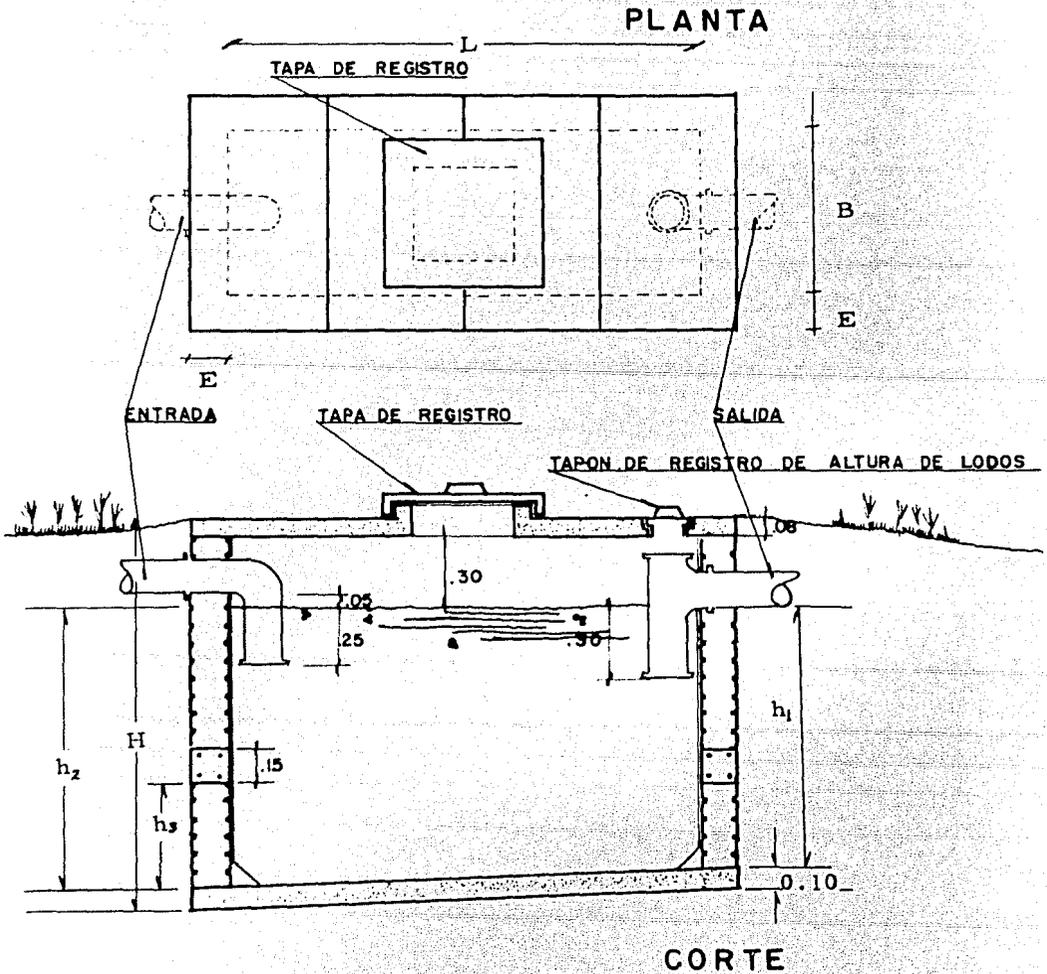


FIGURA 20

El tanque séptico debe llenar los requisitos siguientes:

- a).- Ubicación: Cualquiera de sus elementos deben quedar separados, más de: 3 m de las viviendas, 15 m de las fuentes de abastecimiento y 1.5 m del nivel de las aguas freáticas.
- b).- Capacidad mínima: 1500 litros (contando ya el espacio para lodos).
- c).- Aportaciones mínimas que pueda recibir:
- para viviendas unifamiliares: 150 lt./hab./día (considerando un mínimo de 10 personas).
- para escuelas: 50 lt./alumno/turno.

Otros casos, de acuerdo con la tabla 1, cuyas dimensiones corresponden con la figura 20 (tanque séptico tipo).

TABLA 1

No. de personas servidas en:		Capacidad T.Séptico en Lts.	D I M E N S I O N E S (en m.)		nivel salida h_1	nivel entrada h_2	cota dala h_3	Alt. H	Espesor muro E	
Vivien- das	Escuelas		Largo L	Ancho B					tabique	piedra
--10	-- 30	1500	1.90	0.70	1.10	1.20	0.45	1.68	0.14	0.30
11 a 15	31 a 45	2250	2.00	0.90	1.20	1.30	0.50	1.78	0.14	0.30
16 20	46 60	3000	2.30	1.00	1.30	1.40	0.55	1.68	0.14	0.30
21 30	61 90	4500	2.50	1.20	1.40	1.60	0.60	2.08	0.14	0.30
31 40	91 120	6000	2.90	1.30	1.50	1.70	0.65	2.18	0.28	0.30
41 50	121 150	7500	3.40	1.40	1.50	1.70	0.65	2.18	0.28	0.30
51 60	151 180	9000	3.60	1.50	1.60	1.80	0.70	2.28	0.28	0.30
61 80	181 240	12000	3.90	1.70	1.70	1.90	0.70	2.38	0.28	0.30
81 100	241 300	15000	4.40	1.80	1.80	2.00	0.75	2.48	0.28	0.30

Para la elaboración de esta tabla, se consideró para servicio doméstico, una dotación de 150 lts./persona/día, con un período de retención de 24 horas y para servicio escolar, un período de trabajo diario de 8 horas.

- d).- Período de retención: de 24 a 48 horas.
- e).- Tirante mínimo: 1.10 m (incluyendo el espacio de lodos)

- f).- Relación largo (L) a ancho (B): de 2 a 3 veces
- g).- Diferencia entre el nivel de entradas (h_2) y el de salidas (h_1): 5 cm, mínimo, de preferencia 10 cm.
- h).- Otra solución: el tanque séptico también puede construirse con tramos de tubos de alcantarillado, con diámetro mínimo de 76 cm (hasta dar la capacidad requerida) colocados horizontalmente.

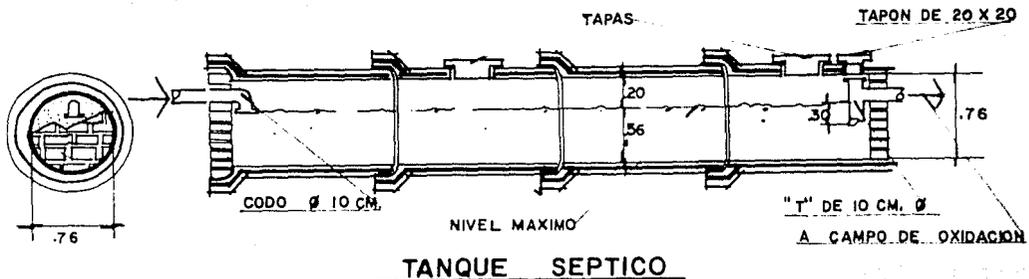
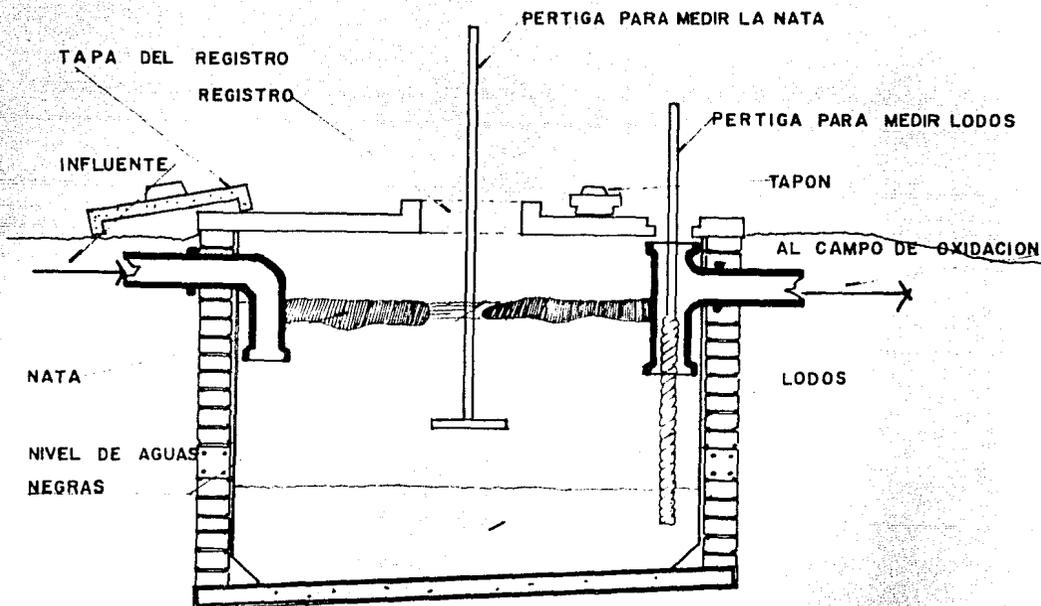


FIGURA 21

- i).- Inspección. Tiene por objeto determinar:
- La distancia del fondo de la capa de natas, al extremo inferior del tubo de salida; que debe ser mayor de 8 cm.
 - El espesor de los lodos. Debe ser tal, que el plano superior de los sedimentos esté a más de 30 cm de la boca del tubo de salida.
- j).- Limpieza. Debe efectuarse cada 6 meses si se trata de escuelas y cada año si se trata de servicios domésticos. Al abrir la tapa del registro debe dejarse pasar unos 30 minutos para asegurarse de la expulsión de los gases y nunca utilizar -- flamas para la inspección, ya que pueden presentarse explo-

siones. La limpieza puede efectuarse con cubos provistos de un mango largo o por bombeo; procurando dejar el mínimo de lodos para acelerar el futuro funcionamiento. Los lodos extraídos se entierran a más de 60 cm en un sitio adecuado.



TANQUE SEPTICO

FIGURA 22

k).- Volumen de agua por tratar.

Se denomina unidad de depuración a 150 lts/persona/día.

Tipo de edificio	Vol. a tratar (en l/p/d)	Factor de conversión a unid. de depuración
Vivienda familiar	150	1.0
Casa de campo	120	0.8
Escuela con comedor	90	0.6
Escuela sin comedor	45	0.3
Fábrica sin comedor	45	0.3
Colegio, cuartel	300	2.0
Hospital	600	4.0

3.2.3 Caja de Distribución.

Su función es distribuir el agua entre los tubos que la conducirán al campo de oxidación o a los pozos de absorción; por lo que las salidas deben situarse al mismo nivel, para evitar que unos tubos reciban más agua que otros. Dichas salidas deben estar a 1 cm del fondo de la caja y la entrada a 5 cm, como se puede observar en la figura.

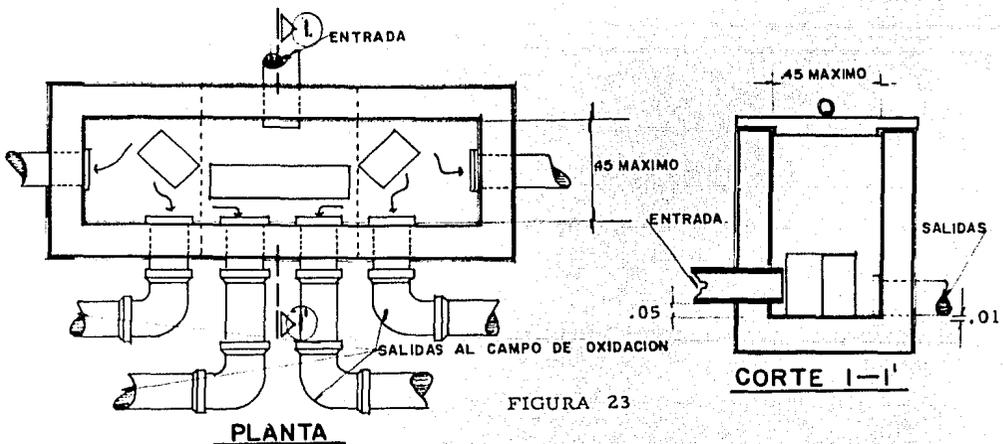


FIGURA 23

La forma que se les dé únicamente depende del caso.

El ancho útil máximo es de 45 cm, sin importar su largo, ya que éste depende del número de salidas, las cuales deben estar separadas unos 30 cm centro a centro.

Esta caja puede construirse de fierro, concreto o mampostería y las paredes deben ser impermeables y su tapa, al mismo tiempo que cierre herméticamente, debe ser fácil de quitarse para efectuar la inspección y limpieza.

Las siguientes figuras muestran, en planta, unas posibles soluciones.

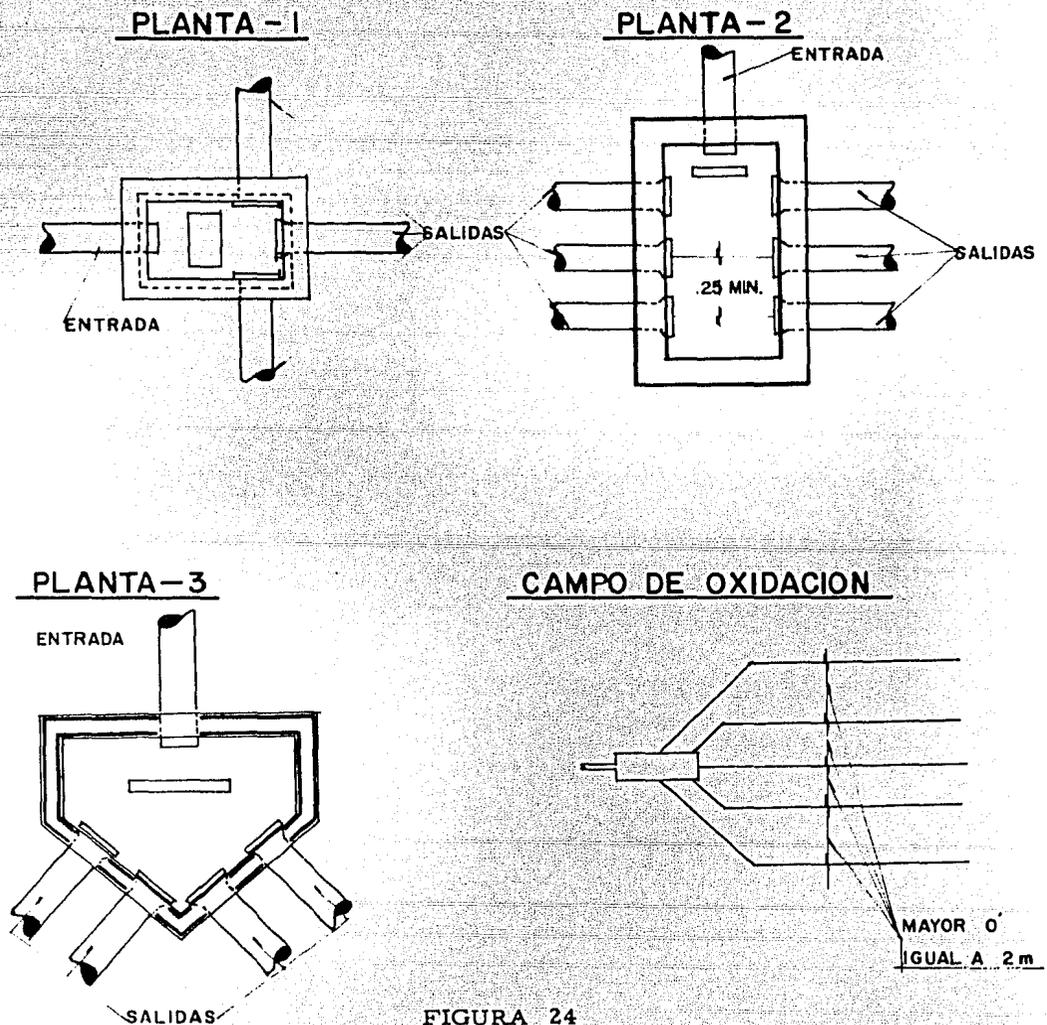


FIGURA 24

La inspección debe efectuarse cada 3 o 6 meses, y si se observan sedimentos es signo de mal funcionamiento de la fosa séptica, en cuyo caso debe efectuarse su limpieza.

3.2.4 Sistemas de Infiltración

El dispositivo de depuración final puede consistir en pozos de absorción, un campo de oxidación o una cama de arena, para someter las aguas que vienen de la caja de distribución a una depuración final por oxidación. En esto se debe permitir que el efluente entre en contacto con el terreno y el aire, para que las aguas pierdan su peligrosidad y puedan ser absorbidas por el subsuelo o ser evacuadas a alguna corriente de agua (no potable).

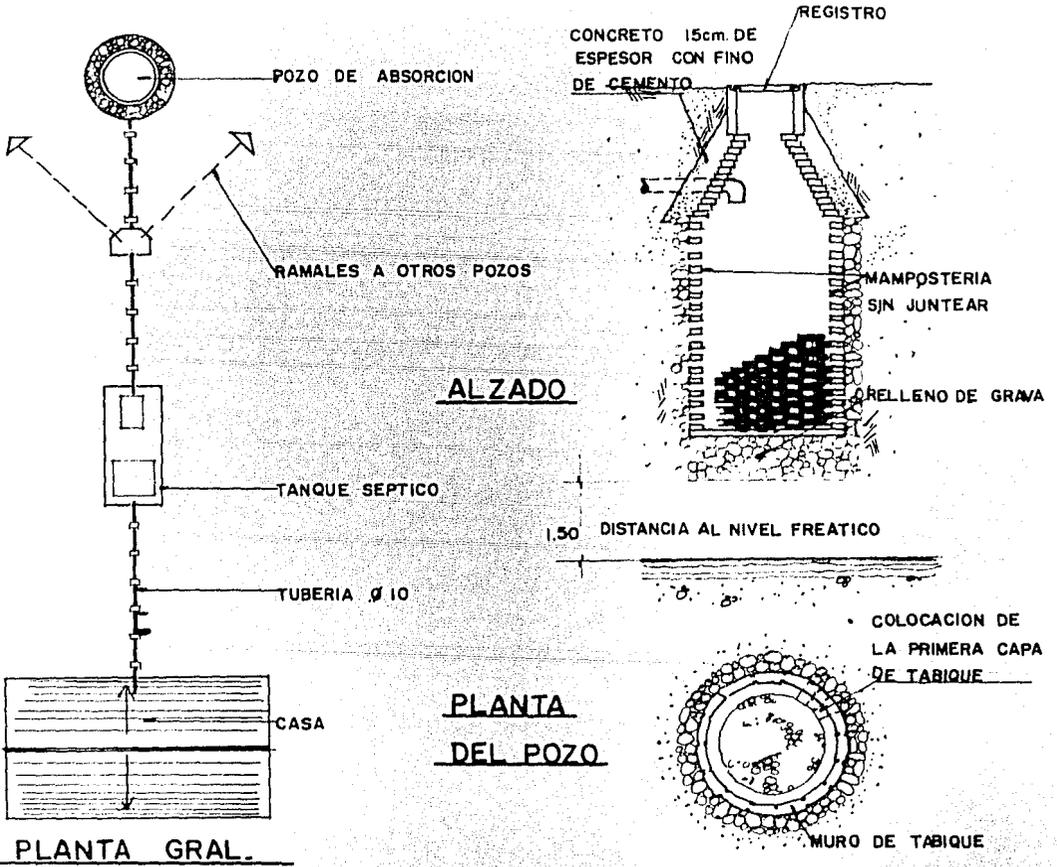
La elección del dispositivo a aplicar depende las características del terreno, principalmente, el poder de absorción.

Pozos de absorción.

Consisten en excavaciones, cuyo fondo y paredes permiten el paso del agua al terreno. El revestido de las paredes puede hacerse con piedras o tabiques con las juntas abiertas y del tubo de llegada para arriba deben ser impermeables para impedir que pase al pozo el agua superficial. La separación entre pozos debe tener como mínimo 3 diámetros. (figura 25).

Es el dispositivo más económico, de los tres mencionados, requiere poco terreno, su costo inicial es bajo y sólo necesita inspección y limpieza aproximadamente cada dos años.

Sus limitaciones son: la clase de terreno, que al menos debe ser de mediano poder de absorción; el fondo, que debe estar a más de 1.50m del nivel de aguas freáticas; alejado a más de 50 m de las fuentes de agua potable; y su reducida capacidad, que obliga a construir siempre más de dos pozos (sobre todo si se trata de grandes tanques sépticos).



DISTRIBUCION DE POZOS

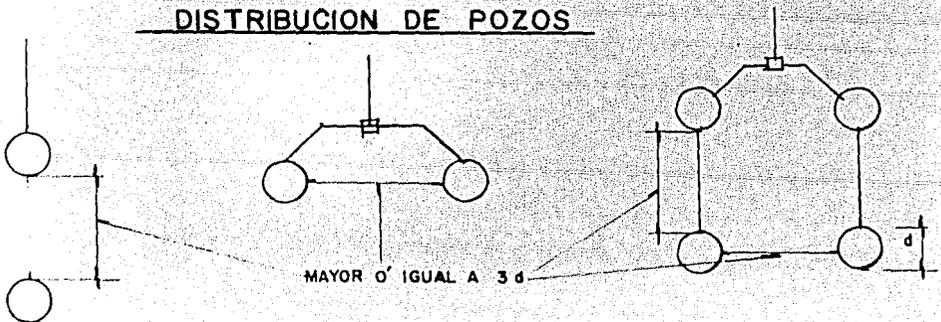
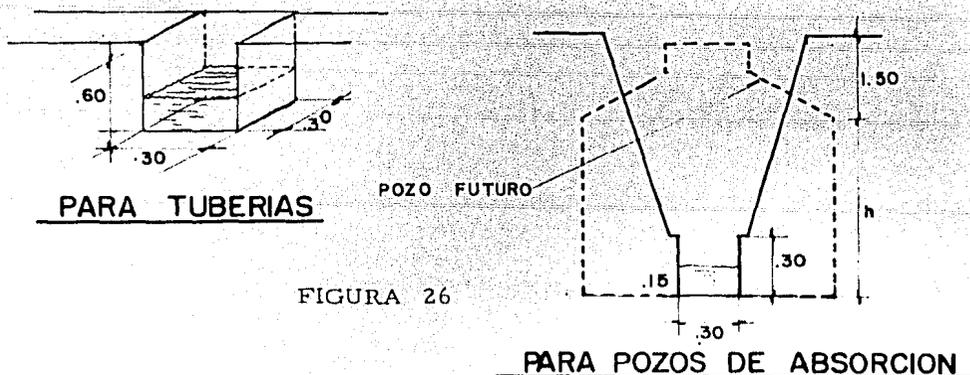


FIGURA 25

Para elegir el sistema de infiltración conveniente, deben realizarse pruebas para conocer el poder de absorción del terreno.

Para la prueba de absorción, se excava un hoyo de 30 x 30 cm con paredes verticales, hasta alcanzar la profundidad requerida, según se pretenda, campos de oxidación (tuberías) o pozos de absorción. Se limpia el fondo y paredes, se extrae el material suelto y se deposita arena gruesa o gravilla fina hasta lograr un espesor de 5 cm. en el fondo, que sirve de filtro para el agua.

Se vierte agua en el foso hasta unos 30 cm. sobre la grava y después de 24 horas se observa si permanece; si tiene un tirante mayor de 15 cm., la prueba indica terreno inapropiado, si la cantidad es menor o el agua se resumió totalmente, se agrega la suficiente hasta obtener un tirante de 15 cm. sobre la grava. Después de lo anterior se toma el tiempo que tarda el agua en infiltrarse totalmente, determinando el tiempo promedio para una infiltración de una pulgada. Como esta prueba, conviene hacer varias uniformemente espaciadas para lograr un mejor promedio. El resultado se compara con la tabla siguiente para determinar la clase de terreno, en cuanto a su poder de absorción.



CLASE DE TERRENO, EN CUANTO A SU PODER DE ABSORCION

Minutos que tarda el agua en descender en una pulgada.	Clase de Terreno
0 a 3	Rápido (gravilla o arena gruesa)
3 a 5	Medio (arena fina o arcillosa)
5 a 30	Lento (arcilla con poca arena)
30 a 60	Semi-impermeable (arcilla)
60 o más	Impermeable (limos o roca sana)

Con los datos anteriores en la tabla 2, se elige el sistema:

T A B L A 2

Clase de terreno, en cuanto a su poder de absorción	SISTEMAS A EMPLEAR		
	Pozos de absorción	Campo de oxidación	Cama de arena
Rápido	Sí	Sí	No
Medio	Sí	Sí	No
Lento	Sí	Sí	No
Semi-impermeable	No	Sí	No
Impermeable	No	No	Sí
Vertido a un efluente después de la oxidación.	No es necesario.	Sólo si el terreno es semi-imper.	Siempre
Costo inicial relativo.	Bajo	Medio	Alto

En particular, para pozos de absorción, el número y dimensiones recomendables, de acuerdo a la capacidad del tanque séptico, la siguiente tabla proporciona lo conveniente, según la clase de terreno:

T A B L A 3

Capacidad del Tanque Séptico (en lts.)	NÚMERO Y DIMENSIONES DE POZOS DE ABSORCIÓN								
	Clase de terreno, según su poder de absorción								
	R A P I D O			M E D I O			L E N T O		
No. de pozos	Diám. en m	Profund. en m	No. de pozos	Diám. en m	Prof. (h) en m	No. de pozos	Diám. en m	Prof. (h) en m	
1500	1	1.80	1.80	2	1.80	1.80	2	2.45	2.15
2250	1	2.45	1.80	2	2.45	1.80	2	3.05	2.45
3000	2	1.80	1.80	2	2.75	2.15	3	3.05	2.45
3750	2	2.15	1.80	2	3.05	2.45	4	2.75	2.45
4500	2	2.45	1.80	3	2.75	2.15	4	3.05	2.45
5250	2	2.75	2.15	3	3.05	2.15	5	3.05	2.45
6000	2	2.75	2.45	4	2.75	2.15	4	3.65	2.45
6750	3	2.45	1.80	4	2.75	2.45	5	3.65	2.45
7500	2	3.05	2.45	4	3.05	2.45	5	3.65	2.45

Campos de Oxidación.

Consiste en colocar una serie de tuberías en una zona del terreno, con tubos de barro vitrificado o concreto, perforados y separados de 5 a 10 mm de tramo a tramo. La pendiente de estos tubos es de 3 a 10 al millar y la distancia mínima entre las líneas de tubos es de 2 m. Desde luego, requieren mucho mayor terreno que los pozos de absorción. Su implantación debe hacerse en zonas planas o con poca pendiente, con zanjas especialmente construidas, procurando que no existan árboles cerca de los tubos, ya que las raíces podrían llegar a tapar o levantar las tuberías. (figura 27).

La profundidad de colocación de estas tuberías se recomienda de 30 a 60 cm. (en altos niveles freáticos puede reducirse a 20 cm.). Con esto se logra que el efluente de la fosa sea distribuido a la profundidad más conveniente y se infiltre en el terreno.

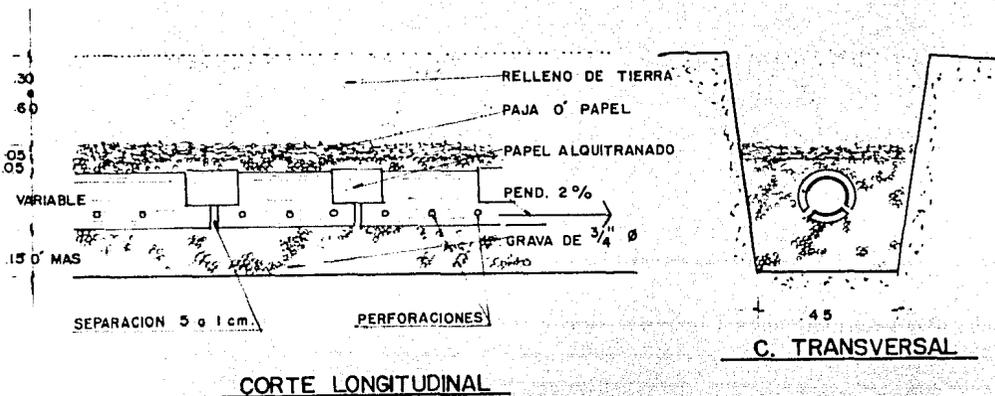


FIGURA 27

Para terrenos semipermeables debe instalarse otra red inferior de tubos "de recogida" similar a la de oxidación, conectados a un "colector" para conducir las demasías a pozos de absorción o a una corriente grande de agua (no potable). **Figura 28.**

Las zanjas son semejantes a las anteriores, pero más profundas, para recibir el dren en la parte inferior. El material filtrante es arena fina a través de la cual los líquidos alcanzan un alto grado de depuración.

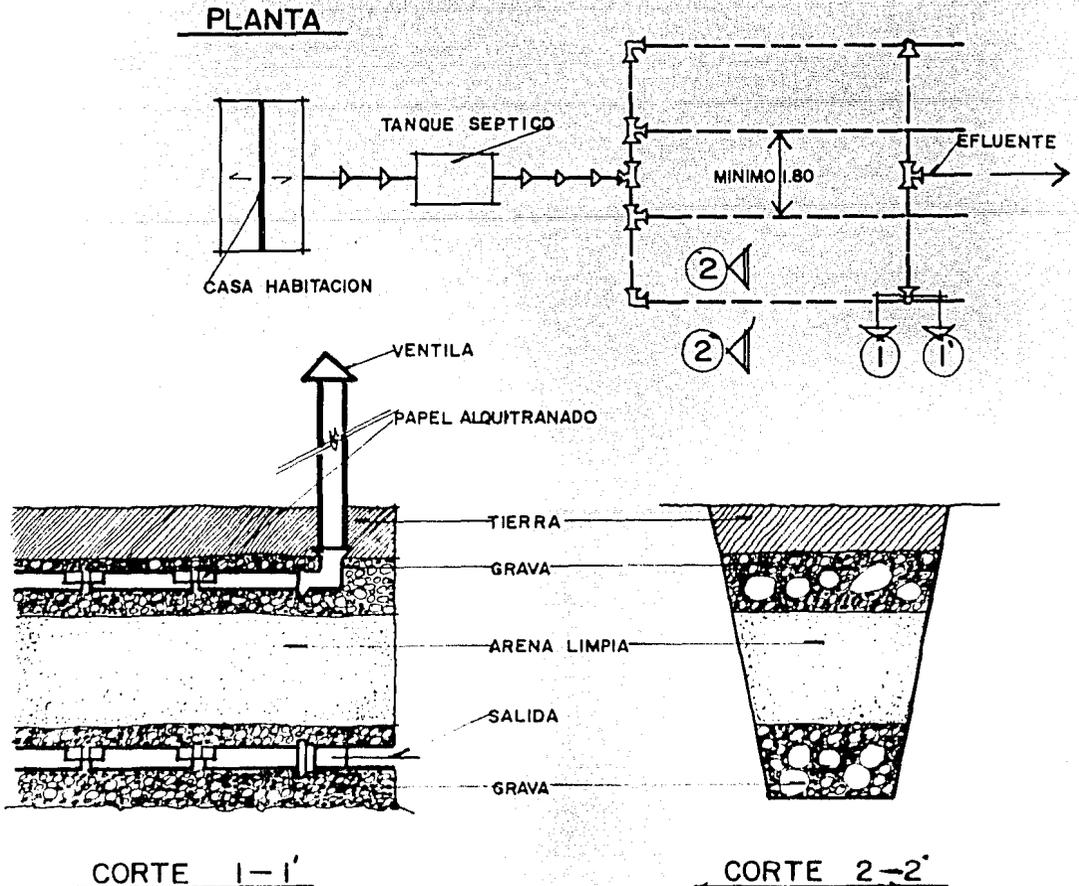


FIGURA 28

En otros casos, cuando el terreno es más poroso, pero aún semipermeable, la solución es la siguiente. Aquí el material de relleno puede ser grava o pedacería de tabique, ya que el terreno es el material filtrante. (figura 29)

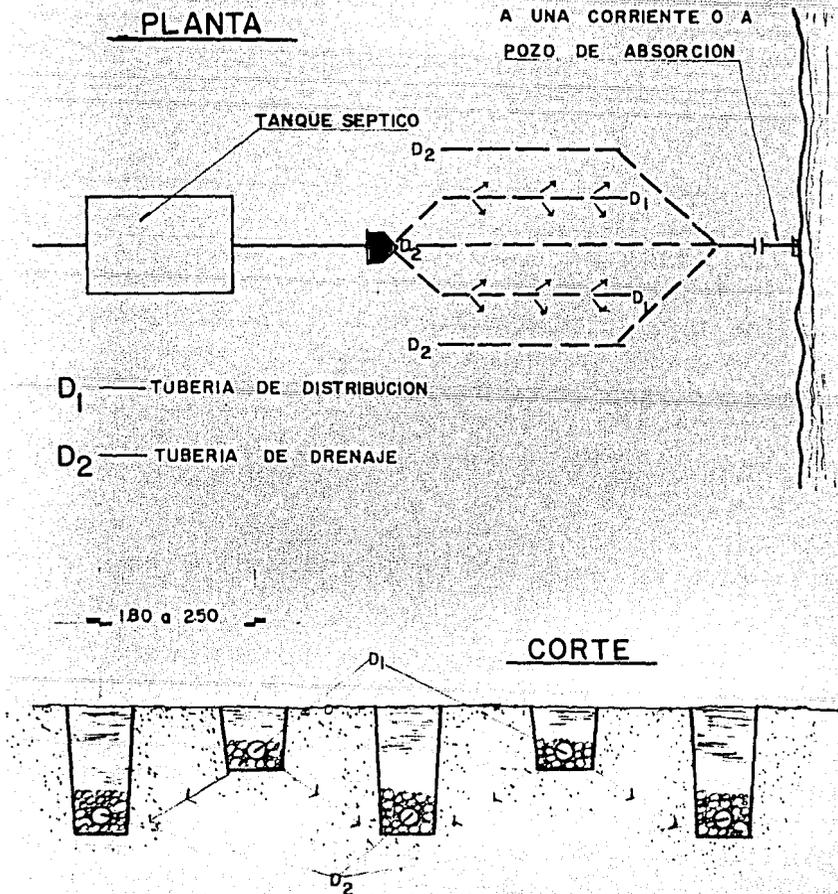


FIGURA 29

Para la determinación de la longitud de las tuberías de oxidación, la tabla 4 proporciona el Gasto que puede recibir cada línea de tubos (o pozo absorbente), según la clase de terreno.

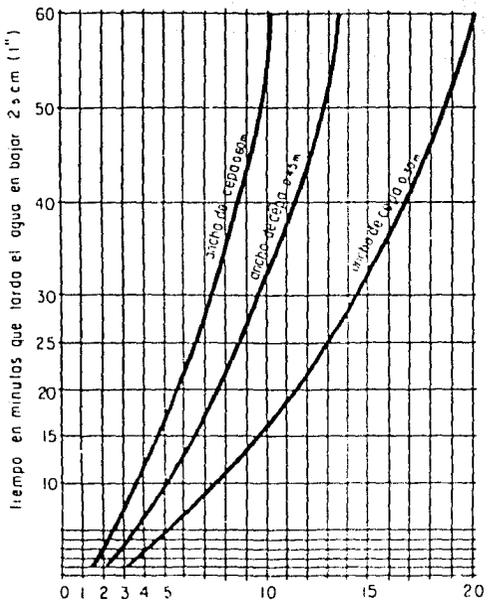
T A B L A 4

CAUDAL ADMISIBLE, POR DIA

Minutos que tarda en descender 1" el nivel del agua	Caudal en zanja de campos de oxidac. (en litros/m)	Caudal en pozos de absorción. (en litros/m ²)
1	50	215
2	40	175
5	30	130
10	20	95
30	10	45
60	7.5	30

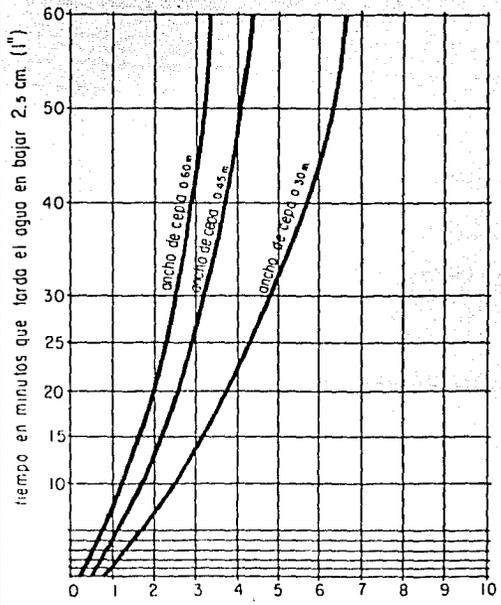
En la determinación de la longitud de drenes, también se puede hacer uso de las siguientes gráficas para viviendas o escuelas, entrando con el tiempo de infiltración del agua para una pulgada.

G R A F I C A N° 1



longitud en metros de tubería por persona
(150 litros / persona / día)

G R A F I C A N° 2



longitud en metros de tubería por alumno
(50 litros / alumnos / día)

Camas de Arena.

Consisten en excavaciones tipo cajas, con profundidad similar a las zanjas de los campos de oxidación, rellenas con grava y arena graduada para que se filtren las aguas y sean recolectadas en la red inferior de recogidas para su conducción al efluente final. En este caso, la capacidad de filtración se considera a razón de 60 a 70 Lts., por día, por M^2 , o sea de 2 a 2.5 M^2 por persona. (figura 30).

Es el único sistema que puede implantarse en terrenos impermeables y requiere menos terreno que un campo de oxidación. Puede construirse de dos maneras:

a).- Cerrados. Las dos redes de tuberías van ocultas

b).- Abiertos. No es recomendable, porque las aguas quedan

a la vista, sobre canales de madera, por lo que únicamente se permiten cuando pueden construirse lejos de las viviendas. En cambio, tienen la ventaja de necesitar únicamente la mitad de la superficie que las camas de arena cerradas.

La siguiente tabla señala el área recomendable para cada tipo, según la capacidad del tanque séptico.

AREA DE LAS CAMAS DE ARENA (TABLA 5)

Capacidad del Tanque Séptico	Cama cerrada (en m^2)	Cama abierta (en m^2)
1500	90	40
2250	125	63
3000	180	90
3750	225	113
4500	270	135
6000	360	180
7500	450	225

CAMA DE ARENA TIPO CERRADO

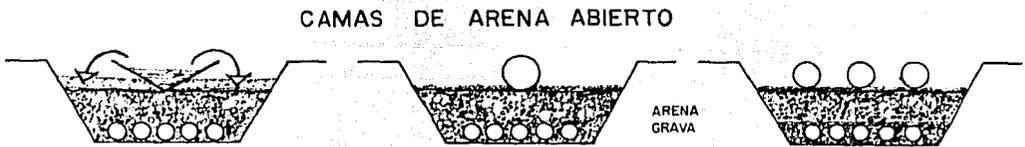
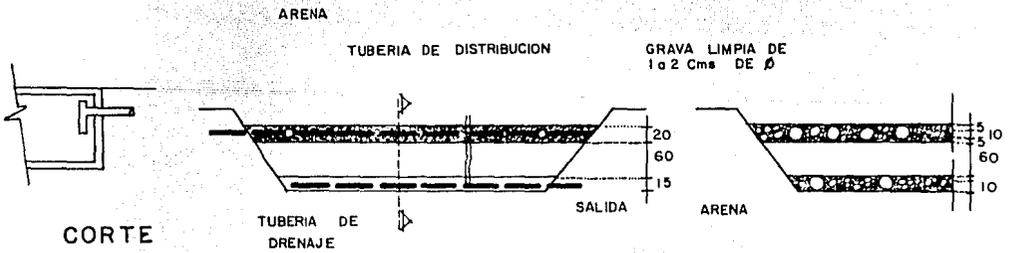
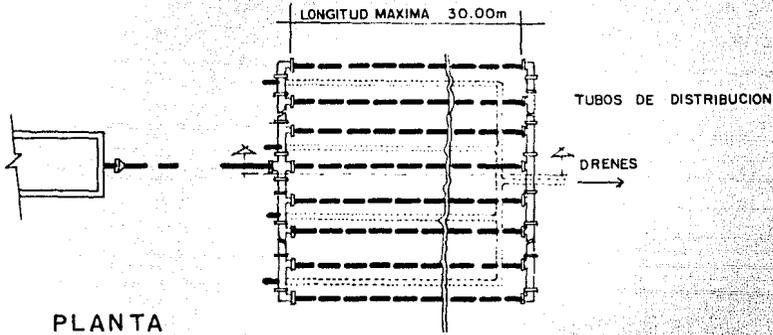


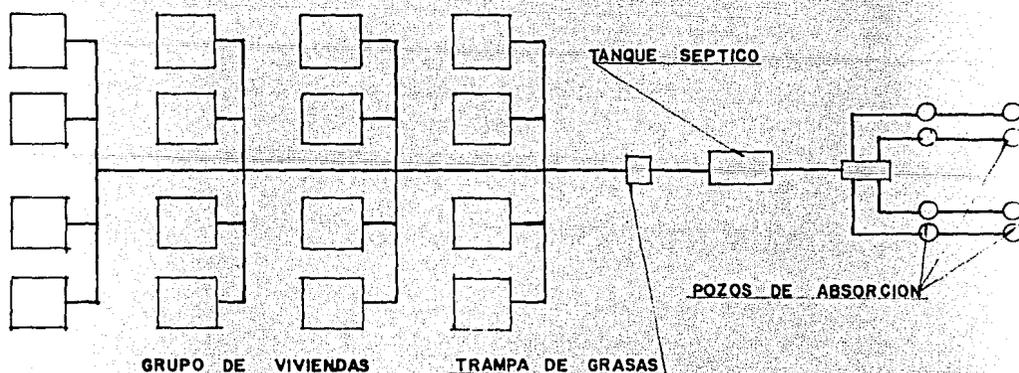
FIGURA 30

3.3 Ejemplo Numérico de Diseño.

Como se sabe, el diseño de una obra consiste en determinar las dimensiones de todos los elementos que la constituyen; por lo que en este caso se presentará mediante un ejemplo numérico:

Ejemplo:

Diseñar una instalación con tanque séptico, para la disposición individual de las aguas residuales de las 16 viviendas mostradas, habitadas por 100 personas.



Solución:

1.- La trampa de grasas.

Capacidad para almacenar la Aportación Máxima Horaria (QMh); siempre mayor de 120 litros;

$$a).- QMh = 1.45 \frac{15000}{24} = 906 \text{ litros} \approx 1 \text{ m}^3 > 120 \text{ litros.}$$

$$b).- \text{Capacidad} = \text{volumen} = A(h + 0.30) = (2a)a(h + 0.30) \text{ figura.} \\ = 2 a^2 (1) = QMh = 1 \text{ m}^3; a = \sqrt{0.50} = 0.71 \text{ m.}$$

Resultando: $a = 0.70 \text{ m}$, $L = 1.40 \text{ m}$ y $h = 0.70 \text{ m}$

2.- El tanque séptico.

$$\begin{aligned} \text{a) Capacidad} &= (\text{Aport.})(\text{No. de personas}) = 150 \times 100 \\ &= 15000 \text{ litros} = 15 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b) Dimensiones. De la Tabla 1 y de la figura del tanque séptico tipo, resulta:

$$L = 4.80 \text{ m} ; \quad B = 2.10 \text{ m}$$

$$h_1 = 1.50 \text{ m} ; \quad h_2 = 1.55 \text{ m}$$

$$h_3 = 0.70 \text{ m} ; \quad H = 2.10 \text{ m}$$

Muro de 0.30 m de espesor.

3.- La caja de distribución.

Depende del sistema de infiltración, por lo tanto, primero se resuelve esta fase:

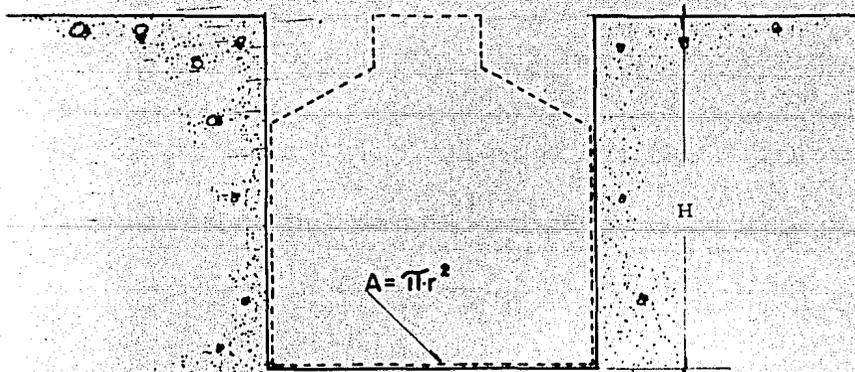
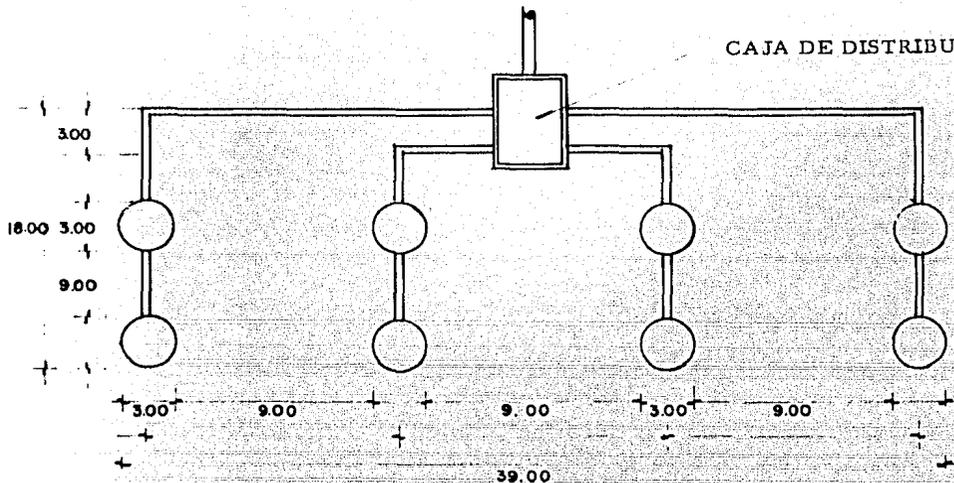
a) El sistema de infiltración.

Considerando que el terreno tiene un poder de absorción medio (de 3 a 5 minutos). Como se ha recomendado, se elige el sistema de "pozos de absorción"; entonces:

En la Tabla 2 se observa que puede implantarse; y de la Tabla 3, obtenemos: para un tanque séptico de 7500 litros, se requieren 4 pozos de 3.05 x 2.45; luego para un tanque de 15000 litros, se necesitarán 8 pozos.

La configuración depende del terreno; se supone la que se muestra en la página siguiente, donde el terreno necesario es de aproximadamente 18 m x 40 m = 720 m² y la excavación = (A)(H)8

$$(A)(H)8 = 3.14 \times 1.8^2 \times 4 \times 8 = 326 \text{ m}^3$$



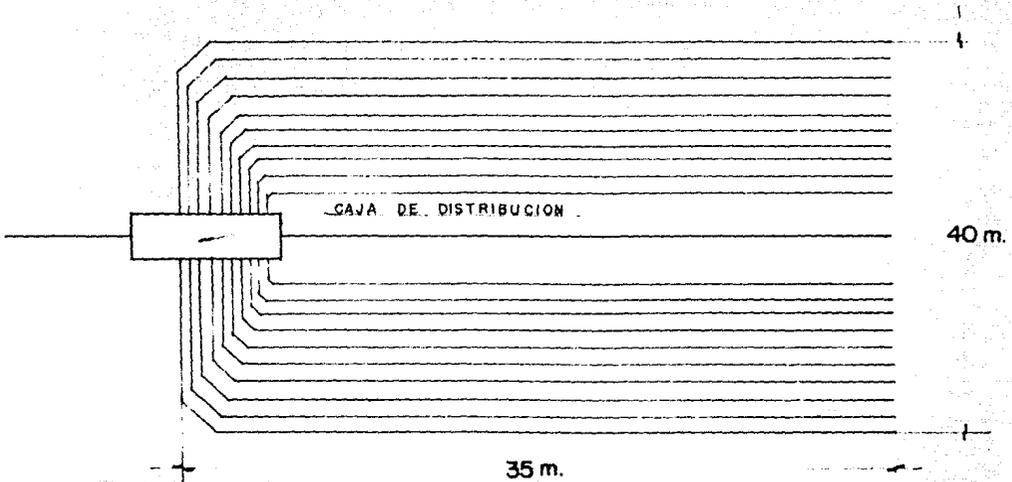
Suponiendo que se opta por un "campo de oxidación"

$$\text{Longitud de zanja necesaria} = \frac{\text{Aportación diaria}}{\text{Caudal admisible}} = \frac{15000}{30} = 500 \text{ m.}$$

(el dato de 30 se obtuvo de la Tabla 4)

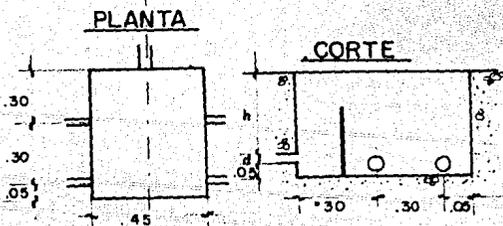
Como cada línea debe tener como máximo 30 m de largo; el número de líneas de tubos será: $\text{No. líneas} = \frac{500}{30} = 16.67$, se pondrán 17 líneas, separadas a cada 2 m.

Proponiendo una colocación como a continuación se muestra, el terreno necesario es de $35 \times 40 \text{ m} = 1400 \text{ m}^2 > 720 \text{ m}^2$, y la excavación: $(\text{Area})(\text{longitud})17 = (1)(30)17 = 510 \text{ m}^3 > 326 \text{ m}^3$, lo que demuestra lo recomendado y comprueba la Tabla 2.



b) La caja de distribución.

Dado que se conectarán tuberías para 8 pozos de absorción, se propone la caja que se muestra:



La profundidad h , depende de la pendiente de las tuberías de salida del tanque séptico.

Con lo que queda resuelto el caso propuesto.

4. RECOMENDACIONES

En el caso de poblaciones rurales, que todavía no dispongan de sistema público de abastecimiento, promover su construcción - ante la comunidad y ante las autoridades locales, estatales o federales, pues de esta manera se reducirán los índices de mortalidad y morbilidad de las enfermedades en que el medio de transmisión puede ser el agua. Cuando los recursos económicos no sean suficientes, se sugiere la participación más activa de la comunidad. Este autofinanciamiento puede ser en parte, es decir, la comunidad rural puede ayudar con la mano de obra, fabricación de tubos, excavación de cepas, proporcionar arena y grava de la localidad etc. y el municipio o estado proporcionar materiales como cemento, acero y piezas especiales para estos trabajos hidráulicos, así como asesoría técnica especializada.

Prevenir y controlar la contaminación de las fuentes naturales de abastecimiento de agua, sobre todo en aquellas localidades rurales que ya disponen de un sistema formal de abastecimiento; pero también para aquellas que todavía no lo tienen (Fig. 31).

Las aguas freáticas están 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, etc. El arrastre de las bacterias o parásitos depende 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.

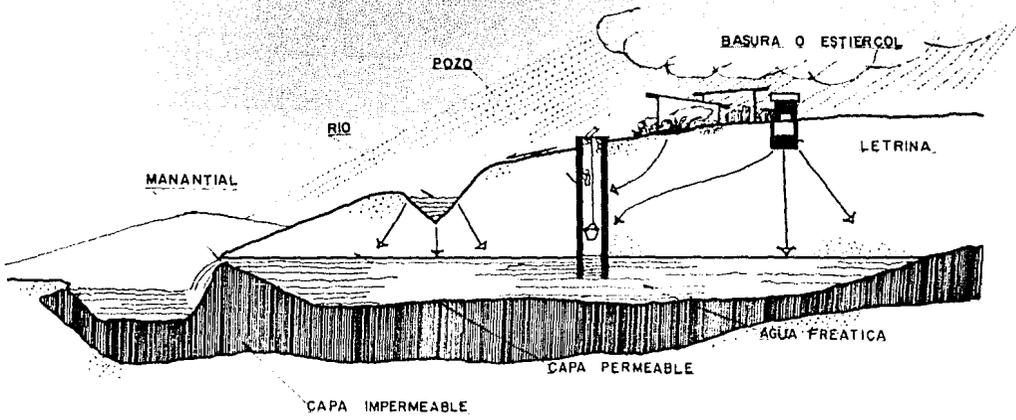


FIGURA 31

De este modo, una letrina debe estar separada, como mínimo, de la fuente de suministro de agua de 7.5 a 15 m, de 1.5 a 3 m sobre el nivel de las aguas subterráneas y de 4 a 5 m respectivamente a la vivienda (figura 32).

INCORRECTO

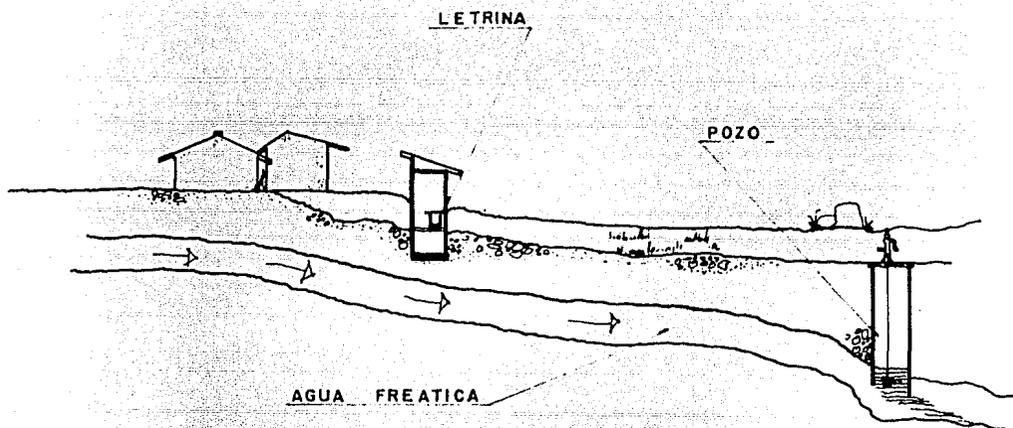
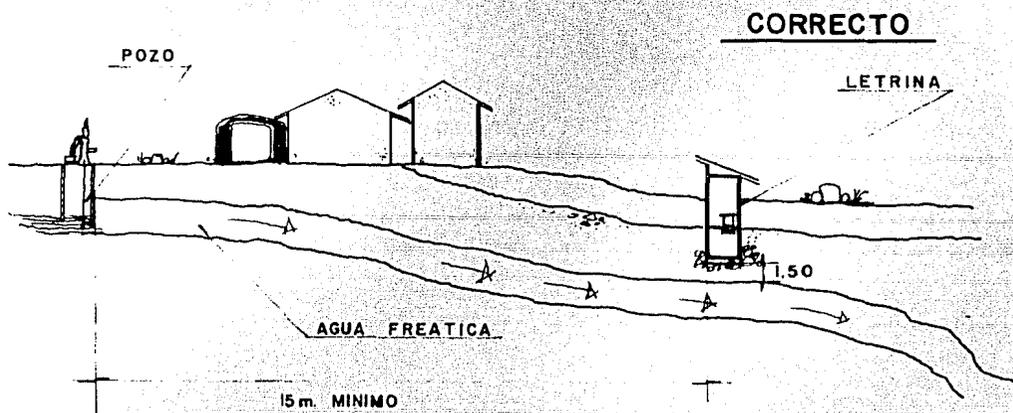


FIGURA 32



CORRECTO

15m. MINIMO

Protección y mejoramiento de norias o pozos existentes.

En el área rural, las obras de captación más generalizadas son los pozos a cielo abierto o norias, públicos o privados, sin protección y mal contruidos (figuras 33 y 34), que proporcionan agua no potable, contaminada por alguna de las siguientes causas:

- a) Filtraciones de aguas superficiales.
- b) Esgurrimento de aguas superficiales dentro del pozo.
- c) Caída de materias dentro del pozo, como basura, tierra, excrementos, etc.
- d) Introducción de utensilios sucios para extraer el agua.

Para evitar estos elementos de contaminación y proteger a las fuentes de abastecimiento se recomienda:

- a) Construir un ademe impermeable que evite las filtraciones dentro del pozo.
- b) Levantar el terreno alrededor del pozo unos 20 cm mínimo, formando un declive hacia afuera.
- c) Tapar el pozo con una cubierta de concreto reforzado.
- d) Instalar una bomba.

También es frecuente encontrar pozos con poco caudal o que llegan inclusive a secarse en estiaje. En estos casos, si se profundiza con equipo mecánico de perforación, puede obtenerse un caudal suficiente. (figura 35)

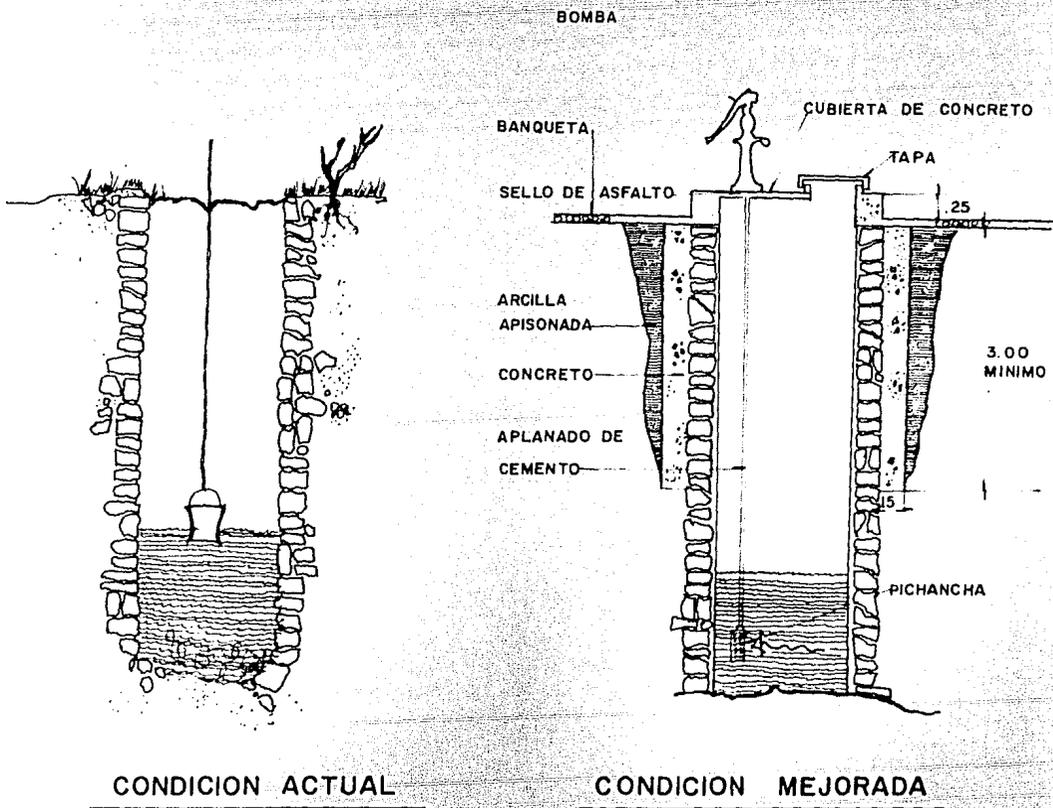


FIGURA 33

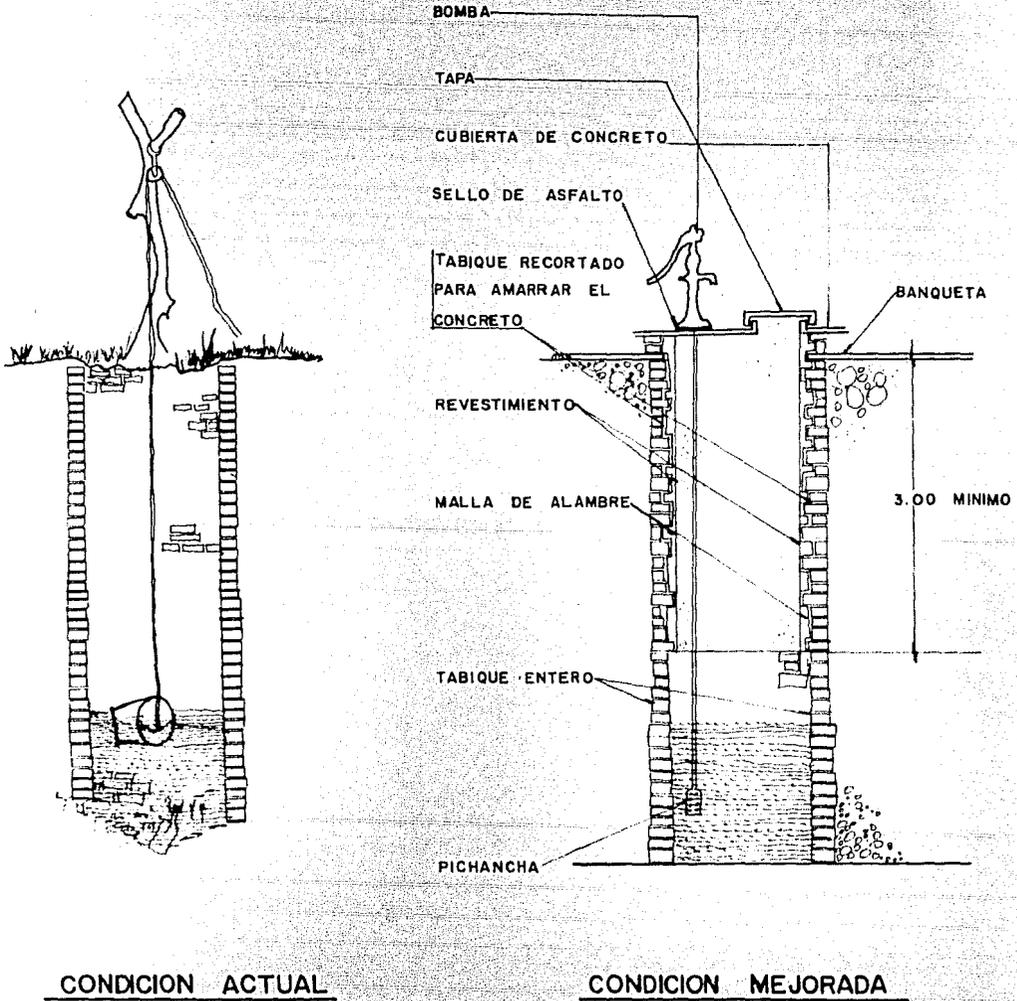


FIGURA 34

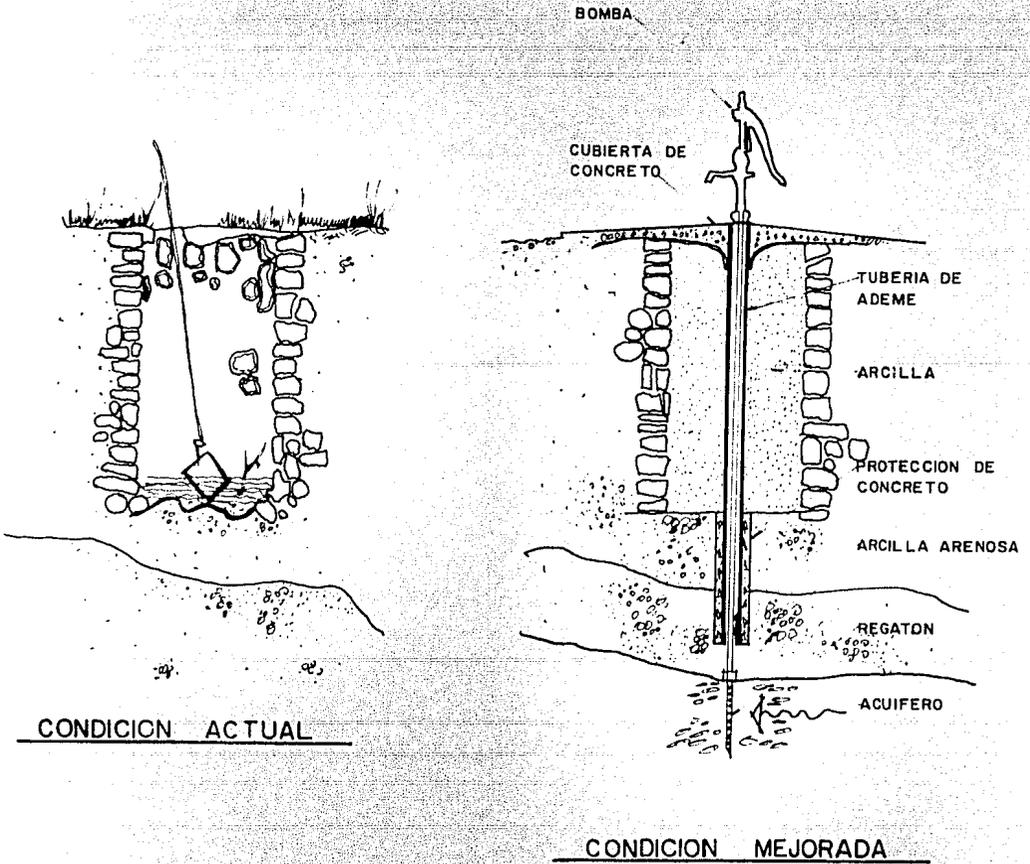


FIGURA 35

Control de contaminaciones

Para evitar la transmisión de enfermedades a través del agua se debe operar y mantener en buenas condiciones las instalaciones hidráulicas y sanitarias, evitando fugas tanto de agua potable como de aguas residuales. Revisión de corrosión e incrustaciones en tuberías de agua potable, ya que ocasionan la acumulación de sustancias químicas que pueden ser perjudiciales, con control de conexiones cruzadas, en caso de tener varias fuentes de provisión. Reglamentar y poner en vigor leyes para evitar que las industrias contaminen el ambiente con sus desechos, etc.

Estas medidas son de orden municipal, que conciernen principalmente a las autoridades, pero se necesita cooperación de parte de los usuarios, protegiendo ellos mismos dichas instalaciones en la medida de sus capacidades y cumpliendo con los Reglamentos respectivos para la preservación de las condiciones de salud en el ambiente.

Otras medidas propias del usuario consisten en:

-- Eliminar el tinaco cuando la presión es suficiente, o en su caso tenerlos bien cubiertos, sin extraerles agua con cubetas u otros utensilios y desinfectarlos periódicamente.

-- Disponer sanitariamente las basuras, eliminar cualquier foco de proliferación de fauna transmisora, como ratas, ratones, moscas, cucarachas, etc.

-- Manejar convenientemente los alimentos no dejándolos expuestos a la proliferación de moscas u otros insectos o roedores.

-- En ocasiones conviene efectuar un mejoramiento de la vivienda rural, en lo que respecta a distribución, localización y aspectos constructivos para lograr una mejor estancia e higiene.

Referencias

MANUAL DE SANEAMIENTO (vivienda, agua y desechos).
Dirección de Ingeniería Sanitaria, S.S.A.
LIMUSA, México D.F. 1982

NORMAS DE PROYECTO PARA OBRAS DE APROVISIONAMIENTO DE AGUA
POTABLE EN LOCALIDADES URBANAS DE LA REPUBLICA MEXICANA.
S.A.H.O.P. México D.F. 1979

INGENIERIA SANITARIA.
Ing. Ernesto Murguía Vaca. México D.F. 1979

APUNTES DE CLASE DE TEMAS ESPECIALES DE INGENIERIA SANITARIA.
Facultad de Ingeniería. UNAM.
Ing. Enrique Chinas De la Torre. 1982

PROBLEMAS TIPO PARA PROYECTAR ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE.
Ing. Javier Fernando Quezada M. México D.F. 1978