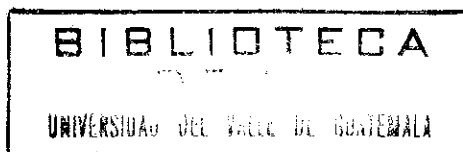


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



**SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DE
DISPOSICIÓN DE EXCRETAS EN COMUNIDADES
RURALES**

Fernando José López Portillo



Trabajo de Graduación presentado para optar al
grado académico de
Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala
2001

**SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y
DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS EN
COMUNIDADES RURALES**

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES:

Muy en especial a mi padre **Luis Rolando López Herrera**, quien siempre me ha guiado por el buen camino, y quien ha sido y será mi ejemplo a seguir.

Blanca Margarita Portillo de López

A MIS HERMANOS:

Luis Rolando López Portillo

Ana Gabriela López Portillo

A MI ABUELITA:

Margo Sánchez

A MIS TIOS Y PRIMOS

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

A MI PADRE

Ing. Luis Rolando López Herrera

Por su apoyo incondicional en todo momento

A MI MADRE

Margarita de López

A MI ASESOR

Ing. Jorge Antonio Menaldo Barrios

A MI DIRECTOR DE DEPARTAMENTO

Ing. Franklin Matzdorf

A LOS QUE COLABORARON CON EL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Rodolfo González Morasso

Ing. Jeffrey Rivera

Ing. Rafael Girón Méndez

A LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

A MIS BUENOS AMIGOS

Carlos Aldana Urrutia

Juan Pablo Alvarez

Gabriela Pontaza

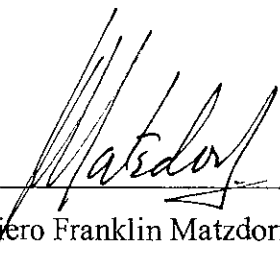
Vo.Bo.:

(f)  _____

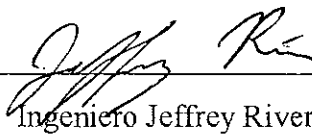
Ingeniero Jorge Antonio Menaldo Barrios

Asesor

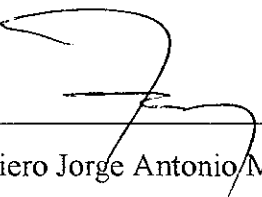
Tribunal Examinador:

(f)  _____

Ingeniero Franklin Matzdorf Monroy

(f)  _____

Ingeniero Jeffrey Rivera Alvarez

(f)  _____

Ingeniero Jorge Antonio Menaldo Barrios

Fecha de aprobación: 15 de marzo del 2,001.

Tabla de Contenido

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
A. Objetivo General	2
B. Objetivos Específicos	2
C. Justificación	3
II. CONSIDERACIONES BÁSICAS	5
A. Importancia de los Sistemas de Agua y de Disposición de excretas	5
1. Aspectos Sanitarios	5
2. Impactos en la Salud	6
a. Enfermedades relacionadas con el agua y su vínculo con el ser humano	6
i.) Características principales que debe reunir el agua para consumo humano, para evitar enfermedades principalmente diarreicas	12
ii.) Clase de exámenes que deben hacer las áreas de salud, para determinar la potabilidad del agua	12
b. La evacuación de excretas y la salud	13
i.) Transmisión de enfermedades a partir de las excretas	14
B. Efectos Socio-Económicos de las inversiones en Abastecimiento de agua y Saneamiento de las Zonas Rurales	18
1. Consecuencias Macroeconómicas	18
a. Crecimiento económico	19
b. Redistribución de los ingresos	20
c. Efectos en la Balanza de pagos	21
2. Efectos directos en el Desarrollo y la Producción	23
a. Efectos a corto plazo	23
b. Efectos a largo plazo	25
3. La mejor salud y la productividad del trabajo	27
a. Disminución de la tasa de mortalidad	28
b. Disminución de la morbilidad	30
c. Menor difusión de las enfermedades	31
d. Más tiempo para un trabajo productivo	32
e. Efectos de los aumentos de población en el ingreso per cápita	33
f. Costos evitados	34

i.) Posible disminución de los gastos corrientes	34
ii.) Disminución de las pérdidas periódicas de ingresos	35
iii.) Rebaja de los costos asociados al consumo personal	35
g. Exodo de las Zonas Rurales a las Urbanas y Ubicación de la Población	36
i.) Movimiento de la población	36
ii.) Reasentamiento y estabilización de la población	37
III. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	39
A. Definición de un Programa Rural	39
1. Definición por magnitud de población	39
a. Modificaciones que se han observado en las definiciones oficiales de los programas de abastecimiento de agua de las zonas rurales	40
b. Base adecuada de la definición	42
2. Determinación de la población actual	43
a. Censo y características de crecimiento de la población	44
i.) Cálculo de la población	44
b. Consumos de agua potable	45
B. Elementos de Hidrología	47
1. Definiciones y alcance	47
2. El ciclo de las aguas	49
a. Precipitación pluvial y escurrimiento	51
i.) Razones para el análisis dentro de la ingeniería	51
C. Sistemas de Abastecimiento de Agua	52
1. Características Generales	52
2. Levantamientos topográficos	54
a. Lineamientos Generales	54
b. Orden de los levantamientos topográficos	54
i.) Levantamiento topográfico de primer orden	55
ii.) Levantamiento topográfico de segundo orden	56
iii.) Levantamiento topográfico de tercer orden	57
c. Zonas de levantamiento	58
i.) Zona de captación	58
ii.) Zonas para construir obras de arte	58
iii.) Líneas de conducción	58

iv.) Zonas de distribución	59
v.) Levantamientos adicionales o replanteos	59
vi.) Amojonamiento	60
d. Libretas de campo	60
e. Aforos	60
3. Dotación o capacidad requerida	61
a. Aspectos Legales	61
4. Fuentes de Abastecimiento	62
a. Agua de lluvia	62
b. Aguas Superficiales	63
c. Agua Subterránea	64
D. Captación de Aguas Superficiales	68
1. Factores hidrológicos	68
2. Situación de depósitos de almacenamientos	69
3. Presas y diques	70
E. Captación de Aguas Subterráneas	71
1. Hechos y Mitos	71
2. Características comunes de las Obras de Captación	73
3. Captación de Agua Subterránea	77
a. Manantiales	77
b. Construcción de Pozos	80
i.) Muro de grava y Pozos Colectores	83
ii.) Cementación y sellado	85
iii.) Coladores para pozos	86
iv.) Desarrollo y Prueba de pozos	87
4. Equipo de Bombeo	88
a. Bombas de Mano utilizadas en abastecimientos de agua en zonas rurales	90
i.) Bomba Manual “Maya”	90
ii.) Bomba de palanca “India Mark II”	99
F. Sistemas de Conducción	102
1. Definición	102
2. Criterios de diseño	102
3. Requerimientos estructurales	105
4. Localización	106

5. Materiales para construcción	106
a. Tipos de tubería utilizadas en la conducción de los Sistemas de abastecimiento de agua en zonas rurales	107
6. Accesorios	108
G. Sistemas de Almacenamiento	110
1. Almacenamiento	110
2. Tanques de almacenamiento o distribución	111
a. Requerimientos de construcción	111
b. Requisitos sanitarios de los Tanques de Distribución	112
c. Funciones del Tanque de Distribución	112
d. Accesorios y dispositivos	114
i.) Tuberías de rebose y desagüe	114
H. Sistemas de Distribución	114
1. Caja Distribuidora de caudales	116
a. Descripción	116
b. Requisitos de construcción	116
I. Métodos de desinfección del agua más adecuados al medio guatemalteco	116
1. Métodos de desinfección	117
a. Conceptos y definiciones	117
b. Condiciones del desinfectante ideal	118
c. Factores que influyen en la desinfección	118
d. Agentes desinfectantes	119
e. Compuestos utilizados en la cloración	119
f. Hipocloradores	120
2. Procesos Unitarios de Tratamiento que ayudan a la desinfección del agua	123
a. Desarenador	123
b. Sedimentación	125
c. Filtración	126
i.) Filtración gruesa de flujo horizontal. FGFH.	126
ii.) Filtración lenta	126
iii.) Filtros de taludes protegidos	131
IV. SISTEMAS DE SANEAMIENTO	133
A. Evacuación de excretas por el Sistema de Letrinas	133

1. Letrina de Pozo	147
2. Letrina de Pozo Anegado	159
3. Letrina de Cierre Hidráulico	169
4. Letrina de Pozo Perforado	176
5. Letrina de Zanja	183
6. Letrina con Pozo de preparación de abono	185
V. SISTEMAS DE EJECUCIÓN	190
A. Estrategia del Modelo Básico	190
1. Presentación	190
2. Características Generales	191
3. Metodología de Trabajo	192
B. Participación Comunitaria	195
1. Pre - Inversión	195
2. Inversión	196
3. Administración, Operación y Mantenimiento	196
C. Participación Municipal	197
1. Pre - Inversión	197
2. Inversión	198
3. Administración, Operación y Mantenimiento	199
D. Participación del Gobierno	199
1. Pre - Inversión	200
a. INFOM	200
b. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	200
2. Inversión	201
a. El Ente Coordinador del Proyecto	201
b. INFOM	201
c. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	202
3. Administración, Operación y Mantenimiento	202
a. INFOM	202
b. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	202
VI. SOSTENIBILIDAD DE LOS PROYECTOS	203
A. Sistemas Tarifarios	203

1. Beneficios y costos de la fijación de tarifas; consumidores existentes	203
2. Otros métodos para regular el consumo	207
3. Tarifas	208
B. Operación y Mantenimiento de los Sistemas	209
C. Administración de los Sistemas	212
D. Recuperación de Inversión	212
VII. EDUCACIÓN SANITARIA	214
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	216
IX. BIBLIOGRAFÍA	226

I. INTRODUCCIÓN

El suministro de un sistema seguro y conveniente de abastecimiento de agua para consumo humano y de servicios básicos de saneamiento representa un factor importantísimo para la salud de los habitantes de los países en desarrollo. Un sistema adecuado de abastecimiento de agua para beber y asearse y para fines domésticos y unos medios adecuados de disposición de excretas son elementos esenciales para la salud y el bienestar del pueblo. Por desgracia, un ingente número de habitantes de los países en desarrollo, la mayoría residente en zonas rurales, no tiene acceso a una fuente segura y conveniente de agua y, cuando la hay, no dispone de instalaciones satisfactorias de disposición de excretas.

Las personas sobre quienes recae la principal responsabilidad en estos aspectos de abastecimiento de agua y saneamiento rural son los administradores sanitarios, los médicos de sanidad, los ingenieros civiles o sanitarios dedicados a actividades de salud pública y los técnicos de saneamiento. A ellos en particular va destinado el siguiente trabajo, el cual describe en forma general los conceptos, enfoques y normas técnicas, administrativas, financieras y sociales que aplican las diversas instancias ejecutoras de proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento básico en el país; así como también lo que se considera necesario o indispensable para la eficaz ejecución de los programas de abastecimiento de agua y disposición de excretas en zonas rurales y pequeñas localidades.

A. Objetivo General

El objetivo de éste trabajo es proporcionar al ingeniero civil los aspectos técnicos necesarios, que le permitan ejecutar proyectos de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico a nivel rural, a bajo costo con tecnologías apropiadas que maximicen la cobertura nacional y que cumplan en su totalidad con los requerimientos de la población rural.

B. Objetivos Específicos

1. Contribuir al mejoramiento de la salud y el bienestar de los habitantes de las comunidades rurales del país, a través del suministro de agua apta para el consumo humano, servicios de saneamiento adecuado y mejores conocimientos, prácticas y hábitos relacionados con la salud.
2. Facilitar al personal de las áreas de salud que se dedican a los programas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en zonas rurales, la realización de estudios básicos que permitan determinar la factibilidad de un proyecto.
3. Proporcionar una guía que contenga todas las actividades que se tienen que llevar a cabo para realizar programas de abastecimiento de agua y saneamiento básico en comunidades rurales.

4. Proporcionar los aspectos técnicos necesarios para poder realizar actividades de construcción y supervisión de los programas de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales.
5. Consolidar el Sector de Agua Potable y Saneamiento, con el fin de proporcionar en forma integral los servicios de Agua Potable, Saneamiento Básico, Promoción Social, Educación Sanitaria y Ambiental a la población guatemalteca, de forma continua, en cantidades suficientes para suplir las demandas y de buena calidad, enfatizando su atención en el área rural.
6. Conseguir la participación activa de la colectividad y de la familia en la elaboración de programas y del adiestramiento del personal necesario.
7. Mantener a nivel de comunidad un adecuado sistema de operación y mantenimiento de los proyectos de agua potable y letrinas.

C. Justificación

La necesidad de unificar criterios, conceptos y normas para la elaboración de proyectos de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico para el área rural está contemplado dentro de las acciones estratégicas que deben ejecutarse dentro del marco de las políticas definidas en la reforma y reestructuración del Sector de Agua y Saneamiento.

Es necesario reorganizar el Sector de agua potable y saneamiento para mejorar las condiciones de vida de la población, y generar para ello proyectos integrales. Como proyecto integral se comprende, dentro del sector de agua potable y saneamiento, aquel que además de brindar agua potable, prevé un saneamiento básico (disposición de excretas), promoción social, educación sanitaria y ambiental, operar y dar mantenimiento a los sistemas.

El propósito de éste trabajo es fijar los criterios y normas con los que deberán ser concebidos, diseñados y construidos los proyectos de este sector.

II. CONSIDERACIONES BÁSICAS

A. Importancia de los Sistemas de Agua y de Disposición de Excretas

1. Aspectos Sanitarios

La mejora del servicio de abastecimiento de agua y saneamiento puede producir mejoras conexas en la salud, ingresos y bienestar social de la población. Aunque estos beneficios se usan como un argumento para justificar elevados gastos de inversión, en la práctica son difícilísimos de identificar y aún más de medir. Si bien se pueden adoptar decisiones racionales respecto de metas o beneficios no cuantificables si se conocen sus costos económicos, incluso estos últimos no están disponibles con frecuencia.

De un programa de abastecimiento de agua y saneamiento para las zonas rurales se pueden obtener multitud de beneficios; es preciso identificarlos porque en la mayoría de esos programas, a diferencia de los relativos a sistemas urbanos, no se puede utilizar la viabilidad financiera o la disposición a pagar de los consumidores como la demostración de valía económica de las inversiones en el sector. La meta a que con más frecuencia se alude en la literatura sobre proyectos que existe en la actualidad es la mejora de la salud.

La evacuación de excretas es una parte fundamental del saneamiento del medio. Como tal la incluye el Comité de expertos de la OMS en Saneamiento del Medio ¹ entre las primeras medidas de carácter básico que deben adoptarse para asegurar la higiene del medio en las zonas rurales y en las pequeñas colectividades; las demás medidas enumeradas por el Comité son la instalación de un sistema adecuado de abastecimiento de agua potable y la lucha contra los insectos y otros animales vectores de enfermedades.

¹ Organización Mundial de la Salud, Comité de Expertos en Saneamiento del Medio (1954).

La insuficiencia y la falta de condiciones higiénicas de los medios de evacuación de heces humanas infectadas provoca la contaminación del suelo y de las aguas. Esas condiciones son especialmente propicias para que ciertas especies de moscas pongan sus huevos, se crien, se alimenten en el material no evacuado y transmitan infecciones. También atraen a los animales domésticos, roedores, insectos, etc. que propagan las heces, y en ocasiones pueden ser causa de intolerables molestias.

2. Impactos en la Salud

a. Enfermedades relacionadas con el agua y su vínculo con el ser humano

Las enfermedades relacionadas con el agua que afectan la salud humana están difundidas y abundan relativamente en las zonas rurales de los países en desarrollo. Su incidencia depende del clima, geografía, cultura y hábitos y servicios sanitarios y, desde luego, de la cantidad y calidad del abastecimiento de agua y de los métodos de eliminación de excretas en las localidades. Las variaciones de ese abastecimiento pueden influir de distinta manera en los diversos grupos de enfermedades: uno de ellos puede depender de los cambios en la calidad del agua, otro en su disponibilidad, y un tercero de los efectos indirectos del agua existente.

Cuadro 2.1 : Enfermedades relacionadas con deficiencias del abastecimiento de agua o del saneamiento

Grupo	Enfermedad	Vía por la que salen del organismo humano (a)	Vía por la que entran al organismo humano (a)
Enfermedades transmitidas por el agua	Cólera	H	O
	Fiebre Tifoidea	H., Or.	O
	Leptospirosis	H., Or.	P, O
	Giardiasis	H	O
	Amebiasis (b)	H	O
	Hepatitis infecciosa (b)	H	O
Enfermedades lavadas por el agua	Sarna	C	C
	Sepsis de la Piel	C	C
	Pián	C	C
	Lepra	N	?
	Piojos y Tifus	Pi.	Pi.
	Tracoma	C	C
	Conjuntivitis	C	C

Grupo	Enfermedad	Vía por la que salen del organismo humano (a)	Vía por la que entran al organismo humano (a)
Enfermedades lavadas por el agua	Disentería bacilar	H	O
	Salmonelosis	H	O
	Diarrea enteroviral	H	O
	Fiebre paratifoidea	H	O
	Ascariidiosis	H	O
	Tricuriasis	H	O
	Enterobiasis	H	O
	Anquilostomiasis	H	O, P
Enfermedades con base en el agua	Esquistosomiasis urinaria	Or.	P
	Esquistosomiasis rectal	H	P
	Dracontiasis (gusano de Guinea)	C	O
Enfermedades debidas a la eliminación de heces	Encefalitis letárgica (c)	Pi.	Pi. Mosca tsetse
	Necatoriasis	H	P

Grupo	Enfermedad	Vía por la que salen del organismo humano (a)	Vía por la que entran al organismo humano (a)
Enfermedades debidas a la eliminación de heces	Clonorquiasis	H	Pescado
	Difilobotriosis	H	Pescado
	Fasciolopsiasis	H	Plantas comestibles
	Paragonimiasis	H, E	Cangrejo de río

(a) H: heces; O: oral; Or: orina; P: percutánea; C: cutánea; Pi: picadura; N: nariz; E: esputo.

(b) aunque algunas veces se transmite por el agua, con más frecuencia son *lavadas* por el agua.

(c) es muy raro que el agua para usos domésticos las produzca.

Por ejemplo, la instalación de un sistema seguro de abastecimiento por tubería a las viviendas en un poblado del trópico puede proteger a la familia contra el cólera (que con anterioridad se transmitía por conducto de un estanque contaminado), contra las enfermedades cutáneas y diarreas debidas a la imposibilidad de lavarse, contra las esquistosomiasis que contraían al meterse en el estanque para coger agua y contra las fiebres virales transmitidas por los mosquitos que criaban en los recipientes utilizados para guardarla.

En el **cuadro 2.1** se resumen algunas de las enfermedades infecciosas relacionadas con el agua, agrupadas en cuatro categorías generales que ayudan a pronosticar el probable efecto de las modificaciones del abastecimiento de agua en la salud humana ². Se observará que los grupos no se excluyen mutuamente y que hay dudas sobre cuál de las dos primeras categorías será más adecuada para clasificar varias afecciones diarreicas. De los cuatro grupos, tres están relacionados primordialmente con el agua, mientras que el cuarto está determinado en esencia por la idoneidad de las instalaciones y servicios de saneamiento del medio.

Enfermedades transmitidas por el agua: el agua sólo sirve de vehículo pasivo para el agente infectante. Además, todas éstas enfermedades también dependen de un saneamiento muy deficiente.

Enfermedades lavadas por el agua: la falta de agua y de higiene personal crean condiciones favorables para su difusión. Las infecciones intestinales de este grupo también están vinculadas a falta de instalaciones apropiadas de eliminación de residuos humanos.

Enfermedades con base en el agua: una parte indispensable del ciclo de vida del agente infectante tiene lugar en un animal acuático. En algunas también influye la eliminación de aguas servidas. No se han incluido las infecciones que no se propagan por contacto con el agua o por su ingestión.

² Enfermedades infecciosas y el abastecimiento doméstico de agua. Bradley, David J. (1971).

Enfermedades relacionadas con la eliminación de heces y a las que afecta directamente muy poco el agua: estas figuras en un extremo de un espectro patológico, son en su mayoría *lavadas* y, en unión de un grupo de infecciones con base en el agua, es probable que se contraigan únicamente comiendo peces u otros organismos acuáticos grandes no cocinados.

Sobre la base de conocimientos médicos que hoy se tienen se puede suponer que si todos los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento de las zonas rurales se mejoraran hasta el punto de no transportar bacterias patógenas o vectores de enfermedades, o los vectores no estuvieran contaminados, la salud de la población local sería más perfecta que la de otra población que habitara en una zona similar, pero sin mejorar. Desde el punto de vista conceptual, esta afirmación es verdadera, aunque en la práctica, con recursos limitados para mejorar el abastecimiento de agua y el saneamiento, el posible inversionista en estos sistemas tiene que considerar por lo menos cuatro problemas graves. Primero, existen muchas fuentes de enfermedades. Segundo, al tratar de controlar las enfermedades hay que tener presente una serie de factores físicos y culturales. Tercero, un plan de mejoras en el abastecimiento de agua y el saneamiento que eliminara todos los problemas sanitarios asociados con el agua resultaría sumamente caro, si no prohibitivo, en la mayoría de las zonas rurales de las naciones en desarrollo en comparación con los recursos disponibles y con el costo de oportunidad de esos recursos. Cuarto, a medida que el ingeniero o el economista del proyecto tratara de establecer compensaciones entre costos y beneficios, le sería difícil, y a veces hasta arbitrario, establecer un valor significativo o un beneficio conmesurable para los diversos niveles de " mejor salud ".

i.) Características principales que debe reunir el agua para consumo humano, para evitar enfermedades principalmente diarreicas

Características del agua. Se define como agua potable, al agua uniformemente clara o exenta de turbiedad, fresca, en lo posible con temperatura que varía de 8 a 15 grados centígrados, sin olor, agradable al paladar y no debe tener gérmenes de enfermedades infecciosas o parasitarias. Es decir, debe reunir características físico - químicas y bacteriológicas aceptables, y que por lo tanto es adecuada para el consumo humano.

Características físicas: son las que más impresionan al consumidor aunque desde el punto de vista sanitario tiene menos importancia, estas son: turbiedad, color, sabor, olor y temperatura.

Características químicas: el agua natural siempre tiene sustancias en proporciones variables tanto en solución como en suspensión. Estas sustancias modifican las propiedades del agua.

Características bacteriológicas: el agua debe estar exenta de gérmenes patógenos de origen entérico y parasitario que son los que pueden transmitir enfermedades como las producidas por salmonellas, shigellas, eberthellas, amebas, etc. Su hallazgo es difícil por su baja concentración.

ii.) Clase de exámenes que deben hacer las Areas de Salud, para determinar la potabilidad del agua

- Análisis bacteriológico del agua de la fuente que se utilizará, investigación del grupo coliforme (origen fecal), se emplean dos métodos: tubos de fermentación por diluciones múltiples y el método de membrana de filtración, el cual es utilizado por las Areas de Salud que cuentan con equipo portátil de campo.

- Características físicas: color, olor, turbidez, sabor, temperatura, PH.

b. La evacuación de excretas y la salud

La insuficiencia de los sistemas de evacuación de excretas va asociada frecuentemente a la falta de adecuados suministros de agua y de otros medios de saneamiento, así como a un bajo nivel económico de la población rural. Ese conjunto de circunstancias, todas las cuales influyen sobre la salud, hace difícil saber cuál es la intervención de cada uno de esos elementos en la transmisión de enfermedades. Sabido es, sin embargo, que existe una relación entre la evacuación de excretas y el estado de salud de la población. Esa relación tiene un doble carácter, directo e indirecto.

Su carácter directo se pone de manifiesto, por ejemplo, en la reducción de la incidencia de ciertas enfermedades cuando la evacuación de excretas se lleva a cabo en las debidas condiciones. Entre esas enfermedades figuran el cólera, las fiebres tifoidea y paratíficas, las disenterías, las diarreas infantiles, la anquilostomiasis, la ascariasis, la bilharziasis y otras infecciones intestinales e infestaciones parasitarias análogas. Esas enfermedades causan estragos entre los lactantes, cuya inmunidad es escasa y cuyo vigor no es con frecuencia suficiente para hacer frente a la infección una vez que ésta se consolida.

Son muchas las relaciones indirectas entre la evacuación de excretas y la salud, pero suelen estar asociadas con otros elementos del saneamiento del medio.

Aquí cabe mencionar las siguientes:

1. El mejoramiento de las condiciones higiénicas favorece el bienestar de la población, lo cual contribuye a su progreso social.

2. Está suficientemente comprobado que la disminución de la incidencia de las enfermedades transmitidas por los excrementos y el agua, que lleva consigo el mejoramiento de las condiciones sanitarias del medio, va acompañada de un considerable descenso de la morbilidad debida a otras enfermedades cuya etiología no está directamente relacionada ni con las excretas ni con las aguas contaminadas.
3. La ejecución de programas de saneamiento reporta diversas ventajas económicas, como las derivadas del aumento de la expectativa de vida.
4. La morbilidad que causa la falta de los medios más elementales de saneamiento es perjudicial para la distribución del trabajo. Las personas sanas que se encuentran sin empleo en un lugar donde no se consigue trabajo pueden trasladarse fácilmente a otro donde haya demanda de mano de obra, cosa que no pueden hacer los enfermos.³

i.) Transmisión de las enfermedades a partir de las excretas

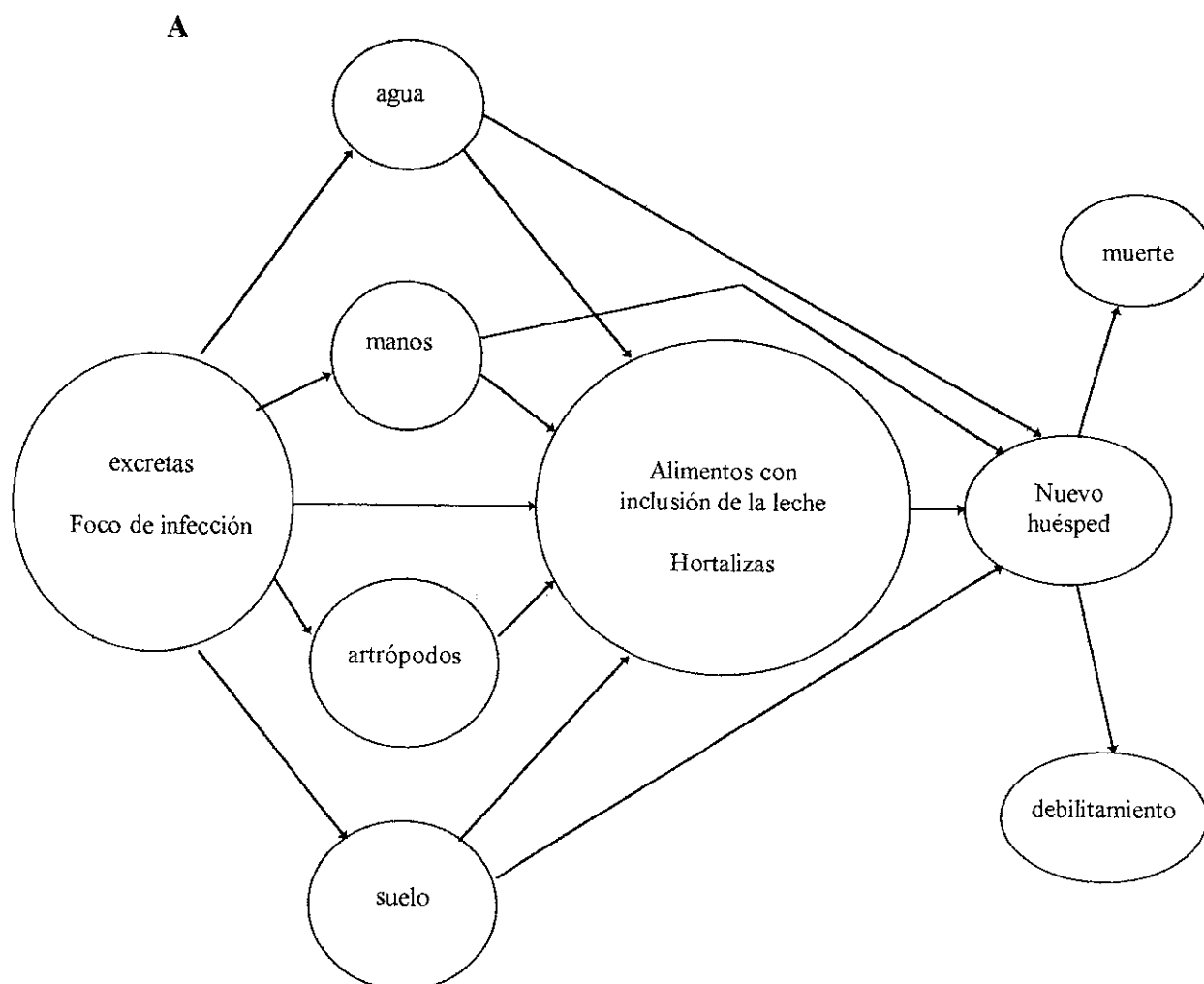
El hombre es el reservorio de las mayoría de las enfermedades que pueden destruirlo o incapacitarlo. Las mencionadas infecciones e infestaciones transmitidas por las heces acarrear enormes pérdidas en tanto que son causas de muerte y de debilidad. Es importante tener en cuenta que todas esas enfermedades pueden combatirse con un buen saneamiento y, en especial, por medio de la evacuación higiénica de excretas.

³ Organización Mundial de la Salud, Comité de Expertos en Saneamiento del Medio (1954).

En la transmisión de esas enfermedades de los enfermos, o de los portadores de la enfermedad, a las personas sanas, el proceso, es análogo al de otras muchas enfermedades transmisibles. El proceso de transmisión de la enfermedad a partir de las excretas se representa en la **figura 2 A**.

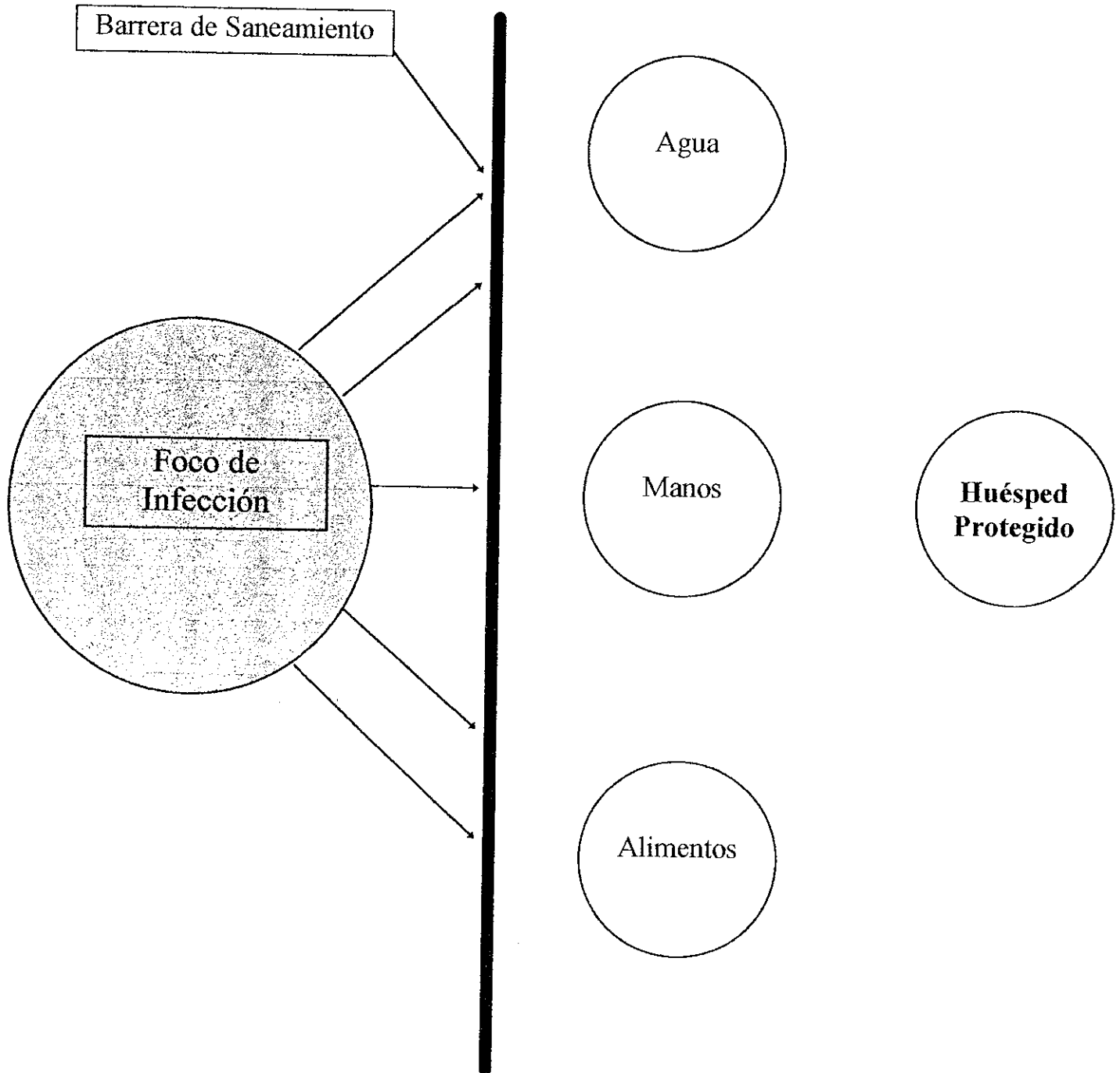
Fig. 2 Proceso de Transmisión de la enfermedad a partir de las excretas

Vías de transmisión de la enfermedad a partir de las excretas



**Interrupción del Proceso de Transmisión de las Enfermedades
propagadas por las heces por medio del Saneamiento**

B



Anderson y Arnstein ⁴ afirman que para que se transmita una enfermedad son necesarios los siguientes factores:

1. un agente causal o etiológico;
2. un reservorio o fuente de infección del agente causal;
3. una vía de salida del reservorio;
4. un medio de transmisión desde el reservorio al posible nuevo huésped;
5. una vía de entrada en el nuevo huésped;
6. un huésped susceptible.

La falta de una sola de esas seis condiciones hace imposible la propagación de la enfermedad. Como se ve en el diagrama de la **figura 2A**, el agente causal de una enfermedad intestinal puede llegar al nuevo huésped de muchas maneras distintas. En diferentes regiones del mundo, los distintos modos de transmisión pueden revestir diversos grados de importancia: en algunas zonas, el agua, los alimentos, y la leche pueden ser los más importantes; en otras serán las moscas y demás insectos; y habrá otras aún en que el factor principal sea el contacto directo. Pero lo más probable es que todos esos factores estén combinados, por lo que el ingeniero sanitario debe partir de esa base y ponerse en guardia contra todos los medios posibles de transmisión. La finalidad técnica de la evacuación higiénica de excretas es, por lo tanto, aislar las heces de modo que los agentes infecciosos que contienen no puedan pasar a un nuevo huésped. En la **figura 2B** se indica el lugar que el funcionario de saneamiento puede elegir para levantar una barrera y romper la cadena de transmisión de la enfermedad a partir de las excretas.

⁴ Communicable disease control. Anderson, G.; Arnstein, M.. 3ra. Ed.. New York.

Hay que advertir que, en muchos países, más del 80 % de la población vive en zonas rurales y pequeñas localidades y que, por lo general, esa población tiene pocos ingresos. En la mayoría de los casos, faltan por completo los elementos de saneamiento rural y con frecuencia los excrementos humanos se abandonan al azar sobre el terreno. Esas circunstancias se dan también en zonas rurales próximas a las ciudades, y contribuyen a agravar los problemas de saneamiento urbano. La amenaza que supone una inadecuada evacuación de excretas existirá siempre mientras una comunidad no disponga de letrinas higiénicas.

B. Efectos Socio - Económicos de las Inversiones en Abastecimiento de Agua y Saneamiento de las Zonas Rurales

Los sistemas de abastecimiento de agua potable establecidos en las zonas rurales de los países en desarrollo pueden influir en la producción y crecimiento económico de la nación.

1. Consecuencias Macroeconómicas

Es evidente que no merece la pena estudiar los efectos macroeconómicos de un programa de abastecimiento de agua en la economía de un país en desarrollo si es de una envergadura trivial en relación con el producto total de esa economía. Los proyectos piloto o experimentales de poblado u otros proyectos locales en pequeña escala que no forman parte de un gran programa regional o nacional no afectarán de manera significativa la economía de un país. Salvo cuando se trate de programas rurales de abastecimiento de agua relativamente grandes, puede considerarse que los efectos macroeconómicos están asociados con la expansión de la economía, la redistribución del ingreso y quizá con los problemas de balanza de pagos.

a. Crecimiento Económico

Un país experimentará un incremento en su actividad económica global como consecuencia del programa de abastecimiento de agua cuando obtenga los fondos de fuentes situadas fuera de él, o sea, de ayuda internacional, primero, si tales fondos no hubieran entrado de no ser por ese programa y, segundo, si no estuviera ya empleada la totalidad de sus recursos. El incremento de la actividad económica o de la producción del país será como mínimo igual al porcentaje de aumento de los gastos directos del programa financiado por fuentes externas, más el aumento de los gastos indirectos debido al nuevo personal empleado en el programa y a los proveedores directos o indirectos de servicios, equipo y materiales para el programa.

De manera análoga, si el país financia una parte del programa rural de abastecimiento de agua mediante un aumento de impuestos o de tarifas de uso, es decir, con fuentes nacionales, y si estos ingresos adicionales del gobierno se componen en parte de dinero que la población habría ahorrado de otra forma, el hecho de que el gobierno reintroduzca inmediatamente esos fondos en la economía, amplía la demanda agregada, lo cual origina un incremento neto de la actividad o la producción del conjunto de la economía.

Por último, un sistema de abastecimiento de agua es simultáneamente un bien de consumo y de inversión. Es un bien de consumo porque los ciudadanos empiezan a utilizarlo tan pronto como queda terminado, y es un bien de inversión porque forma parte de la infraestructura de la localidad y puede originar indirectamente una mayor actividad económica en el futuro, al atraer y ayudar al comercio de la localidad y a la pequeña industria local; además, la situación de mejor salud de los recursos humanos del poblado puede incrementar a su vez la producción. Hasta donde los sistemas de abastecimiento

de agua de poblados son bienes de inversión financiados en parte con ingresos obtenidos de nuevos impuestos o tarifas de uso, que de otra forma se habrían gastado en consumo, el resultado es una transferencia neta de consumo a corto plazo a inversiones. Este desplazamiento puede tener un efecto neto positivo en la expansión a largo plazo de la economía regional o nacional.

b. Redistribución de los ingresos

Si el gobierno del país sufraga por lo menos una parte del costo del programa de abastecimiento de agua (subvención parcial) y si se procura ingresos que gravan la producción o las rentas de la economía, ese programa tendrá generalmente como consecuencia una redistribución dentro del país de los ingresos de la población urbana a la población rural y de las personas de mayores ingresos a las de menores; esto se debe al hecho de que el producto y el ingreso económicos per cápita casi siempre son mayores en las zonas urbanas que en las rurales. Así, pues, un programa de abastecimiento de agua que signifique una corriente de recursos hacia las zonas no urbanas y que se financie por lo menos en parte con impuestos sobre la producción o la renta aplicados en todo el país, servirá para redistribuir recursos en el espacio de tiempo. Los ingresos pasarán de las zonas urbanas de mayor renta a las zonas no urbanas, y en general de las personas con mayores ingresos a las de menores.

Además, el ingreso disponible también se redistribuirá con el transcurso del tiempo, pues mediante impuestos y tarifas de uso para sufragar la inversión en abastecimiento de agua, los ingresos se suelen transferir del consumo corriente (si se supone que exista una tasa reducida de ahorro en las zonas rurales de los países en desarrollo) al consumo futuro, con lo que se espera habrá un nivel per capita más alto.

c. Efecto en la balanza de pagos

Como la mayoría de los países en desarrollo siempre andan escasos de divisas, un programa nacional de abastecimiento de agua a las zonas rurales que requiera que el país importe materiales y una cantidad significativa de equipo podría aplazarse persistentemente en favor de programas que puedan ejecutarse sin salida de divisas o de programas nacionales que creen exportaciones, las cuales procurarían a su vez divisas a la nación. Sin embargo, dentro del sector de abastecimiento de agua, los programas de abastecimiento rural ofrecen una ligera ventaja sobre los urbanos en el componente de divisas. El costo, en porcentaje ⁵, de los materiales importados en comparación con el costo total de construcción suele alcanzar un promedio del 35 por ciento, en contra de un 41 por ciento para los programas de abastecimiento de agua de las zonas urbanas.

El problema que plantean las divisas en el abastecimiento de agua de las zonas rurales reviste más importancia en los países más pequeños ó menos avanzados, que carecen de una base industrial suficiente para fabricar una parte significativa del equipo que necesitan. La mayoría de los países en desarrollo pueden fabricar tuberías de plástico, pero muchos todavía tienen que importar las pellas de material plástico para las máquinas de extruir, o por lo menos algunos de los ingredientes para elaborar el plástico. En cambio, casi todos, excepto los más avanzados o mayores, se ven obligados a importar bombas, torres de perforación y vehículos de servicio para sus programas de abastecimiento de agua a las zonas rurales. Aunque quizá resulte más barato en dinero importar y montar depósitos de acero, algunos países quizá prefieran construirlos con cemento de fabricación nacional a un costo mayor, con objeto de evitar gasto de divisas.

⁵ World Statistics Report. Organización Mundial de la Salud. (1973).

La mano de obra abunda y es un recurso barato en la mayoría de los países en desarrollo. En cambio, el equipo de capital es relativamente escaso, y en muchas ocasiones tiene que importarse. Así, pues los problemas de balanza de pagos que plantea un programa de abastecimiento de agua para zona rural pueden aliviarse si se diseñan de manera que en sus fases de construcción, funcionamiento y mantenimiento y ampliación haya la mayor densidad de trabajo posible desde el punto de vista técnico, dadas las restricciones de costo existentes. En muchos países con programas viables de abastecimiento de agua a las zonas rurales, los habitantes de los poblados generalmente aceptan contribuir durante la fase de construcción con la mano de obra que sea necesaria, que incluye la excavación de zanjas y el rellenado de la trinchera para toda la red de distribución, lo que reduce el número de tractores o de máquinas excavadoras que debe importar el organismo nacional encargado del programa. Además, constituye una forma de reducir la proporción del costo del sistema que deben cubrir los pobladores.

Otro medio que se usa con frecuencia para rebajar los costos financieros es que la población reúna y suministre la arena y la piedra que se requiera para la construcción de embalses y otras estructuras de concreto o mampostería.

Una desventaja del uso de técnicas de construcción con empleo intensivo de mano de obra es que resultan menos eficientes; el calendario de terminación de las obras de los proyectos es usualmente más largo y, por lo general, se requiere más personal de inspección. Si bien estas circunstancias no afectan necesariamente los problemas de balanza de pagos, hay que considerarlas cuando se evalúan los costos reales y financieros del proyecto.

El efecto del programa de abastecimiento de agua a poblados en la balanza de pagos de la nación variará evidentemente de un país a otro, ya que depende de los recursos naturales y técnicos de que disponga cada uno. El posible efecto se puede

determinar de antemano, si se tienen en cuenta las necesidades y recursos nacionales, influir en él planificando el programa y todos los proyectos que lo componen de manera que se aproveche siempre que sea posible la mano de obra, materiales, suministros, topografía y técnicas de las localidades. Para ello es necesario vencer un obstáculo formidable, hacer que se reconozcan y apliquen precios de cuenta al trabajo y las divisas. Este hecho sólo se aprecia a nivel del gobierno central, y de alguna forma debe darse a conocer a los encargados del diseño y construcción del proyecto y de las operaciones del sistema.

2. Efectos directos en el Desarrollo y la Producción

La introducción de sistemas de abastecimiento de agua potable diseñados principalmente para consumo humano puede tener como consecuencia varios efectos directos a corto plazo en la comunidad o región correspondiente.

a. Efectos a corto plazo

Cuando un sistema se diseña de tal manera que puede haber capacidad sobrante en un período del día (cuando no está sujeto a la carga máxima) quizá sea beneficioso permitir el riego limitado de huertas pequeñas próximas a la casa o fuente de agua. La política de autorizar esta clase de riegos produce los resultados más eficaces en las zonas que tienen un suelo aceptable, pero un clima seco, o donde existe por lo menos una estación muy seca, en la que la falta de agua es el factor que perjudica la producción hortícola. Las huertas también pueden regarse con aguas residuales.

En otros casos los beneficios económicos directos para los poblados pueden

obtenerse al fomentar las actividades de piscicultura en el embalse destinado a abastecer de agua potable la localidad, o en un estanque de desagüe donde se capta el líquido después de usado. La piscicultura en embalse es probablemente la actividad más viable cuando hay que construir uno grande y abierto y el agua tiene que filtrarse o tratarse de alguna otra forma antes de que la consuman las personas. En estas condiciones, y según lo que cueste la alimentación de los peces, una comunidad puede procurarse una fuente más de productos comestibles y aumentar los ingresos obtenidos del agua, mediante una actividad de piscicultura que requiere muy poca inversión de capital adicional en el sistema de abastecimiento.

Una posibilidad más, en las regiones relativamente áridas o donde existe por lo menos una estación muy seca, es proporcionar un beneficio significativo a las actividades ganaderas locales, se habilitan abrevaderos para los animales en las horas en que la carga del sistema no es máxima. Si se prevé la habilitación de capacidad sobrante en las horas que no son de carga máxima, en general hay que aumentar muy poco la inversión para poder abrevar el ganado; además, esta práctica puede crear una pequeña fuente de ingresos adicionales para el sistema.

Por último, en las regiones donde el clima y la tecnología de la localidad permiten que se cultiven y almacenen plantas forrajeras durante una temporada de crecimiento más húmeda, es posible que las artesas de abrevar animales hagan que la explotación de ganado vacuno o porcino o de aves de corral resulte viable con un costo inicial de inversión en agua no mucho mayor que el costo del sistema de abastecimiento del poblado para consumo humano. En tal caso, cualquiera de las actividades descritas de riego de huertas, piscicultura o abrevaderos de animales posiblemente proporcione beneficios económicos directos adicionales a la comunidad rural en un plazo relativamente corto, al aumentar sus ingresos y producción.

Un posible efecto económico negativo a corto plazo del sistema de abastecimiento de un poblado es que la comunidad dispondrá de menos recursos financieros, en función de los ingresos disponibles o de los fondos que las personas de renta reducida tienen para gastar. Con la posible excepción de las huertas, ganadería y piscicultura, es difícil sostener que el agua potable para consumo humano aumentará a corto plazo los ingresos de la población. Así sucede sobre todo en las regiones rurales en que el agua no se compra en la actualidad a vendedores; en que hay subempleo general, así que cualquier mejora de la salud no incrementará los ingresos, y en que los servicios regionales de sanidad son gratuitos o reciben fuertes subvenciones del gobierno central. En tales casos y a corto plazo, la necesidad de pagar del 1 al 5 por ciento de sus ingresos anuales como tarifa a cambio del abastecimiento de agua potable, lo que no incrementa enseguida los ingresos a la producción, disminuye en la práctica los ingresos disponibles de cada familia y los empobrece en términos monetarios.

b. Efectos a largo plazo

Un argumento económico que se esgrime con frecuencia como defensa a largo plazo de los sistemas de abastecimiento de agua potable de las zonas rurales es que forman parte integrante de la infraestructura comunal, que sin el sistema no atraerán industrias ni es probable que crezcan el comercio y la industria locales.

Sobre esa aseveración es preciso hacer dos observaciones. Primero, es probablemente cierta en el sentido de que se requiere un sistema de abastecimiento de agua potable para la mayoría de las formas de desarrollo económico intensivo de una localidad. A medida que se amplían las actividades comerciales y se desarrolla la pequeña industria local, la carencia de agua potable puede retardar el ritmo de

crecimiento. Sin embargo, aunque ese sistema pueda ser necesario en algún momento para el desarrollo económico a largo plazo, no siempre resulta suficiente para engendrar tal desarrollo. Si en una región del país hay varios poblados y en todos ellos se instalan casi al mismo tiempo servicios de abastecimiento de agua, no existen razones para suponer que en todos o casi todos se acelerará el ritmo de desarrollo económico como consecuencia. Dados los patrones que predominan de migración, comercialización y crecimiento, algunos de los poblados podrán ampliarse y desarrollarse, pero hay probabilidades de que en muchos otros no ocurrirá así.

Se ha señalado que dos de los motivos más importantes de la emigración son la falta de oportunidades para educar a los hijos y la carencia de oportunidades de empleo y obtención de ingresos para toda la familia. Como el abastecimiento de agua de un poblado sólo puede originar en el mejor de los casos oportunidades limitadas de empleo y de ingresos, y no influye en la magnitud de la educación escolar disponible, es ilusorio esperar que tal sistema producirá por sí mismo cambios significativos en los patrones a largo plazo de crecimiento económico, desarrollo y emigración de la mayoría de los poblados rurales.

La segunda observación sobre los efectos a largo plazo de un sistema de abastecimiento de agua para un poblado es que las empresas o industrias de tamaño significativo no suelen ser atraídas a las localidades pequeñas por el sólo hecho de que exista ese servicio. Las grandes empresas, e incluso las pequeñas, que consumen agua podrán en general establecer su propia fuente de suministro en las zonas rurales. Eligen una determinada ubicación por una serie de motivos económicos, que en su mayor parte tienen muy poco o nada que ver con el hecho de que el lugar posea o no agua potable; desde luego, la proporción de los gastos de la industria o el comercio que se destinan al suministro de agua es normalmente infinitesimal.

Al financiar sistemas de agua potable para zonas rurales, otra consideración económica a largo plazo conexas es que el sistema deberá estimular el desarrollo económico y que esta actividad generará más ingresos públicos, que a su vez podrán utilizarse para ampliarlo, mejorarlo o reembolsar los préstamos que pudieran haberse obtenido para construirlo. Los ingresos públicos que proporcionen los impuestos sobre la renta y las ventas se incrementarán automáticamente con la expansión de la actividad económica.

Incluso si el abastecimiento de agua potable de un poblado no estimula la actividad económica a largo plazo de la zona, el bloque gravable de inversiones privadas (de tipo comercial y residencial) aumentará junto con el volumen gravable de ingresos y ventas. Esto permitirá que se examinen otros posibles enfoques para financiar el sistema, tales como aprovechar los crecientes ingresos del sector público para retirar la deuda del sistema o ampliarlo y mejorarlo sin necesidad de elevar las tarifas de uso en el futuro. Por otra parte, quizá se puedan establecer tarifas más elevadas a medida que crezca la capacidad de pago en la localidad; tal vez convenga una elevación gradual de las tarifas, posiblemente con carácter diferido.

3. La mejor salud y la productividad del trabajo

Si bien el vínculo directo entre la producción económica y la mejor salud parece evidente, desde el punto de vista empírico resulta difícil de demostrar su existencia, en especial a nivel de programa.

A nivel internacional agregativo ya se han hecho trabajos empíricos que establecen un vínculo entre los factores de la salud y el producto económico. En un estudio en que se comprobó esta relación en veintidós países de Africa, Asia y América

latina se vio que la influencia de los factores de la salud en el producto económico parece ser cuantitativamente grande en relación con la influencia de otros factores, entre ellos los insumos agrícolas, tales como mano de obra y fertilizantes comerciales. De hecho, en este estudio se llegó hasta la conclusión de que los insumos de la salud están asociados con variaciones del producto económico mucho mayores de las que se suelen atribuir al trabajo y al capital ⁶. Naturalmente, estas comprobaciones pudieran tener errores considerables en la agregación e interpretación de los datos.

En las siguientes secciones se describen los efectos de los mayores insumos de trabajo (que son posibles gracias a la mejor salud en la zona rural) y de una población más saludable; así como también sobre el ingreso per cápita y el producto económico. Si con un mejor sistema de abastecimiento de agua se consigue disminuir la mortalidad y morbilidad de la población local, la mayor cantidad de mano de obra así disponible podrá aprovecharse como insumo para incrementar la producción, ganancias e ingresos del lugar.

a. Disminución de la tasa de mortalidad

Cuando la tasa de mortalidad de un lugar se reduce porque el agua de beber o los servicios de saneamiento mejoran, el valor final previsto del efecto económico dependerá de que el consumo de una persona se considere o no como un costo, o como un objeto para la colectividad. Cuando un individuo fallece prematuramente, la colectividad pierde la cantidad de producción que habría rendido con una vida más larga. Lo que suele ser discutible es si la pérdida para la colectividad debe calcularse sobre una base neta (producción que habría rendido menos cantidad que habría consumido) o bruta

⁶ Health and Productivity in Poor Areas. Malenbaum, Wilfred. (1970).

(producción que habría rendido). Si sólo interesa el efecto que tiene en terceros, la base neta constituye la forma aceptable de calcular la pérdida económica para la colectividad. Ahora bien, otra posibilidad es considerar que el consumo es un objetivo de la colectividad y sostener, por lo tanto, que la parte de la producción de un individuo que él mismo habría consumido hubiera aumentado el bienestar total de la colectividad y, en consecuencia, no debe restarse de la producción total; en este caso, es preferible calcular la producción bruta. De otra parte, el valor económico de la pérdida debida al fallecimiento se determinará en ambos casos en función de su valor actual, lo cual significa que la corriente de ingresos (y el consumo) se tendrán que descontar al valor que podría tener en el momento presente.

La edad a la que muere la persona no influye en el método de cálculo. Si fallece un lactante, la corriente de ingresos que deberá descontarse incluirá los diez a quince años siguientes sin ingresos, más los ingresos que se esperan de una persona típica de su sexo en los restantes años del promedio de duración de su vida. Si se decidiera restar el consumo proyectado de los ingresos, se descontarán desde el año de su muerte (el de nacimiento) hasta completar el promedio estimado de vida. El procedimiento para las personas que fallecen a cualquier edad es exactamente el mismo.

Las observaciones indican que en muchos casos el mayor número de defunciones por enfermedades relacionadas con el agua ocurre en los países en desarrollo entre los niños de menos de dos o tres años⁷. En consecuencia, la valoración de los beneficios en la que se trate de atribuir una corriente *normalizada* de ingresos descontados a la probable variación de las defunciones vinculadas al agua, sin tener en cuenta la distribución por edades, exagerará probablemente los beneficios económicos a corto plazo de la disminución de la tasa de mortalidad debida al mejor abastecimiento de agua.

⁷ Estudio del efecto en la salud de un sistema de abastecimiento protegido de la comunidad: Metodología y comprobaciones básicas. OMS. Washington, D.C. (1965).

b. Disminución de la morbilidad

El valor económico de la reducción de la morbilidad como consecuencia de un sistema mejor de abastecimiento de agua también está relacionado en parte con la distribución por edades de la población. La disminución de la morbilidad entre los niños que no son económicamente productivos tendrá muy poco valor económico a corto plazo, salvo que las madres queden libres durante períodos significativos de tiempo para dedicarse a un trabajo productivo. No obstante, el valor a largo plazo podría ser mucho mayor. Por ejemplo, una población infantil en la que se redujera bruscamente la tasa de morbilidad podría utilizar más provechosamente las inversiones hechas por el sector público en educación.

La disminución de la morbilidad inducida por el abastecimiento de agua entre las personas que pertenecen a la fuerza de trabajo aumentará la productividad de la mano de obra, y, en consecuencia, los ingresos y el producto de la localidad. Además, la economía del lugar podría beneficiarse de;

- a) el menor absentismo de los trabajadores (menos ingresos perdidos);
- b) el mayor vigor y productividad del obrero en su puesto de trabajo (la productividad más alta sirve para aumentar los ingresos),
- c) menor pérdida de ingresos para los miembros de la familia que atienden a enfermos.

En una economía con pleno empleo, la disminución de la morbilidad que afecte a la fuerza de trabajo originará un incremento del producto económico.

El simple hecho de que exista una población más saludable, capaz en promedio de trabajar con más frecuencia y con mayor energía, no quiere decir que se modificará el

producto económico. Si las limitadas oportunidades de empleo y de trabajo, tal como las perciben los ciudadanos, siguen invariables, lo mismo sucederá con el producto económico y los ingresos.

En cambio, sí es posible que aumente algo la producción en las zonas donde la temporada de siembra y de recolección se limita a períodos más bien cortos, durante los cuales escasea la mano de obra. En tales circunstancias, el menor absentismo y la mayor energía de la población permitirán durante esos períodos una siembra, cultivo y recolección más intensivos que proporcionarán más producto e ingresos.

c. Menor difusión de las enfermedades

Las personas que tienen contacto frecuente con los habitantes de poblados servidos por sistemas de agua potable también pudieran acusar mejoras en la salud y los insumos de trabajo. Esto se debe a dos motivos: primero, está demostrado documentadamente que los sistemas de abastecimiento de agua potable contribuyen a retardar la difusión de las enfermedades epidémicas, tales como el cólera y la fiebre tifoidea⁸. Como consecuencia, un determinado subsector de la población de una región con servicio de agua potable tendrá menos posibilidades de contraer esas enfermedades y de transmitirlos a terceros. Asimismo, es posible que las colectividades que tienen menor tasa de morbilidad y mortalidad porque no les ha transmitido enfermedades la población con acceso al agua potable, puedan conseguir un mayor producto económico. Segundo, una población no debilitada por la diarrea y otras enfermedades asociadas con el agua tiene en general menos propensión a contraer otras dolencias más comunes y a transmitírselas a otros. Así, pues, la población con servicio de agua potable y las que

⁸ Estrategia para el control del Cólera. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. (1971).

entran en contacto con ella deberán tener tasas más bajas de morbilidad y mortalidad y producir un nivel más elevado de insumos de trabajo, que, a su vez, podrá convertirse en un aumento del producto económico.

d. Más tiempo para un trabajo productivo

El Sistema de abastecimiento de agua potable hace más fácil que la población del lugar obtenga el líquido necesario para beber, lavar y preparar los alimentos, y las personas encargadas de acarrear agua para uso de la familia disponen de más tiempo para otras actividades. El abastecimiento de agua para la familia en las zonas rurales de la mayoría de los países en desarrollo suele ser función principalmente de las mujeres y niños. Según la estación, la ubicación y la topografía, es de esperar que los "aguadores" de muchas partes del mundo inviertan más de una hora diaria en acarrear agua, y en algunos casos hasta cuatro horas. Además también según la ubicación, la topografía y la estación, la distancia entre las viviendas y una fuente aprovechable de agua suele ser de un kilómetro aproximadamente, aunque se citan casos en que las mujeres o niños tienen que caminar hasta tres kilómetros para obtener agua⁹.

Después de instalado un sistema de abastecimiento de agua potable, las mujeres podrán dedicar el tiempo que antes destinaban al acarreo de agua a actividades de una productividad más directa, con objeto de incrementar el producto económico y los ingresos. También en este caso, la oportunidad para aumentar los ingresos y el producto quizá esté limitada a las temporadas, si existen, en que la siembra, el cultivo y la recolección hacen que escasee temporalmente la mano de obra. En estos lapsos limitados, las horas - mujer de trabajo disponibles y quizá la mayor posibilidad de utilizar

⁹ Abastecimiento de agua y desarrollo en las zonas rurales: comparación de 9 aldeas de Tanzania. Warner, Dennis. (1972).

animales para transportar agua pueden permitir que el poblado se dedique al cultivo más intensivo o extensivo de la tierra, con lo que utilizará mejor las tierras y el capital agrícola disponibles.

A parte de los factores estacionales, la posibilidad de que las mujeres dediquen más tiempo a actividades productivas mensurables dependerá de que existan oportunidades para realizar esos trabajos y de factores personales y culturales, que influyen en la inclinación de las antiguas "aguadoras" a hacer esos trabajos.

e. Efectos de los aumentos de población en el ingreso per cápita

Si se tiene en cuenta la tasa de natalidad existente, las inversiones en abastecimiento de agua potable y de saneamiento pueden servir para que aumente la tasa de crecimiento de la población, al mejorar la salud de las personas. La conveniencia o inconveniencia económica de este fenómeno dependerá de lo que ocurra al mismo tiempo con el ingreso o el producto nacional. Es evidente que el producto económico tendrá que aumentar con más rapidez que la población para alcanzar el objetivo de elevar el ingreso per cápita. Sin embargo, sólo se han encontrado algunos ejemplos en que el abastecimiento de agua potable, que se destina principalmente al consumo humano, fue directamente productivo y tuvo como consecuencia un incremento del producto y del ingreso de la economía. Incluso en relación con una salud mejor y con el grado en que el agua potable y la mejor eliminación de residuos mejoran los insumos de trabajo, las investigaciones a un nivel agregado indican que, por término medio, sólo una pequeña parte del crecimiento económico se debe a los mayores insumos del trabajo¹⁰.

¹⁰ Crecimiento económico moderno: ritmo, estructura y difusión. Kuznets, Simon. Yale University. (1966).

El sistema de abastecimiento de agua forma parte de la infraestructura de la localidad y, como tal, puede incrementar a la larga la producción y el producto. Sin embargo, no hay pruebas suficientes que respalden la hipótesis de que el incremento directo e indirecto del producto económico originado por el sistema de abastecimiento de agua potable se mantendrá a la par con los posibles aumentos de la población.

f. Costos evitados

Desde el punto de vista conceptual, un programa rural de abastecimiento de agua y de saneamiento podría tener como efecto la reducción de algunos de los gastos en que incurre ahora la economía local o nacional del país en desarrollo, tal como la posible reducción por una sola vez de los gastos corrientes, la disminución de las pérdidas periódicas de ingresos y la rebaja de costos asociados al consumo personal.

i.) Posible disminución de los gastos corrientes

Si un programa de abastecimiento de agua o de saneamiento en una zona rural hace que disminuya la incidencia de las enfermedades relacionadas con ese líquido y, por lo tanto, origina una población más saludable, quizá sea posible que el país por lo menos reduzca el ritmo de aumento de algunos de los gastos en que incurre por servicios sanitarios y médicos.

Lo más probable a corto plazo es que la calidad de los servicios de salud mejore, pues se dispondrá de los mismos expertos e instalaciones para atender una población más saludable, gracias al perfeccionamiento del abastecimiento de agua y de la disposición de excretas. Sin embargo, a la larga se hará algo más lento el ritmo de aumento de los

gastos públicos en salud, lo que podría considerarse como una reducción de gastos gracias al programa de abastecimiento de agua en zonas rurales.

ii.) Disminución de las pérdidas periódicas de ingresos

La reducción de la frecuencia y magnitud de las epidemias relacionadas con el agua quizá tenga como consecuencia un crecimiento más uniforme de la economía nacional. En especial si un país confía mucho en el turismo y el comercio para procurarse ingresos y si las epidemias requieren limitaciones a los viajes, perjudican el turismo a causa de una propaganda desfavorable u originan embargos al comercio, pierde ingresos públicos y personales. En esas circunstancias, el programa de abastecimiento de agua que contribuya a disminuir en todo el territorio esas epidemias beneficiará a la nación, al hacer más uniforme el crecimiento económico y disminuir las pérdidas periódicas de ingresos.

iii.) Rebaja de los costos asociados al consumo personal

Otra serie de costos rebajados que podría atribuirse a un programa rural de abastecimiento de agua va unido al hecho, de que la mayoría de las personas servidas por el nuevo sistema tendrán que esforzarse menos en obtener agua para consumo individual. Este menor esfuerzo se puede medir por el número de calorías que se requieren ahora para acarrear el líquido. Si se supone, primero, que este acarreo exige más calorías que la actividad sustantiva y, segundo, que la persona reducirá la ingestión de alimentos (costo del consumo personal) en proporción a las menores necesidades calóricas, se puede calcular el valor de los productos alimenticios no consumidos. Es probable que no

se compren, con lo que se disminuyen los gastos de consumo (y se aumentan los ingresos disponibles) de la familia. Otra posibilidad es que se vendan los alimentos no consumidos, con lo que también aumentan los ingresos disponibles de la familia.

g. Exodo de las zonas rurales a las urbanas y ubicación de la población

Además de las metas de una mejor salud y de una asignación más precisa de recursos para incrementar el producto económico, con frecuencia se propugnan una serie de objetivos, o beneficios previstos, que están íntimamente relacionados con el desarrollo de la salud y la economía. Entre los más destacados figuran los que origina el éxodo de las zonas rurales a las urbanas y el reasentamiento y estabilización de la población.

i.) Movimiento de la población

La mayoría de los países en desarrollo han tenido una emigración de las zonas rurales a las urbanas. Esta rápida corriente de población provoca grandes tensiones en el capital general, en infraestructura social y económica de los grandes centros urbanos; y se arguye que si la afluencia de la población se restringiera, las grandes ciudades se encontrarían en las mejores condiciones para aceptar a los nuevos inmigrantes y darles empleo, y para atacar los problemas de su desarrollo interno. A tal efecto, se han sugerido programas rurales de abastecimiento de agua, como medio para hacer lento este éxodo, pues por lo menos alivian uno de los problemas básicos de los pobladores rurales.

Es evidente que un programa de ese tipo contribuiría a aliviar uno de los factores que impulsan a emigrar. Sin embargo, también es probable que la mejora aislada del abastecimiento de agua no disminuya apreciablemente tal éxodo en la mayoría de los

países. Las personas se desplazan por muy diversas razones, y la atracción relativa a corto o largo plazo de los puestos de trabajo, mayores ingresos y mejores oportunidades de educación en las zonas urbanas no se modificará en general con la habilitación de sistemas rurales de abastecimiento de agua y saneamiento.

Desde luego, si con el transcurso del tiempo los sistemas de abastecimiento de agua, que constituyen mejoras de la infraestructura de la localidad, hacen que se amplíe la actividad económica, el éxodo podría ser más lento. En cambio, si tales sistemas sólo sirven para que la población rural tenga más salud y energía, posiblemente aumentará el número de emigrantes hacia las ciudades en busca de otras posibilidades de empleo y educación.

En resumen, la aseveración de que la mejora del abastecimiento de agua en las zonas rurales podría disminuir significativamente el ritmo de emigración hacia la ciudad representa una interesante posibilidad en teoría; sin embargo, en la actualidad se dispone de muy pocas pruebas empíricas que la apoyen, e incluso hay un número limitado que la refutan; parece que los argumentos en favor de invertir en ellos se basan probablemente en aseveraciones distintas de la afirmación de que las grandes ciudades son excesivamente grandes.

ii.) Reasentamiento y estabilización de la población

Las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento para zonas rurales se han vinculado a veces a determinados objetivos de reasentamiento o, especialmente cuando se trata de poblaciones nómadas, a su estabilización para mejorar la eficacia de las inversiones en construcción y funcionamiento de infraestructura. Pueden presentarse muchos motivos para justificar la decisión de un país de desplazar a

su población en el espacio en un período breve de tiempo. En algunos casos, se han reasentado colectividades que ocupaban cuencas hidrográficas tropicales, donde predominaba un grupo de enfermedades imposibles de controlar, desplazándose la población a terreno más elevado situado a varios kilómetros de la orilla de un río. Unos terrenos y zona de servicios que incluyan un sistema de abastecimiento de agua potable y de disposición de excretas, y dispongan de materiales para construir nuevas viviendas podrían ser un incentivo para el desplazamiento, suponiendo que con esas ventajas la población goce de mejor salud y quizá sea más productiva. También se deberá considerar el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental previo al reasentamiento de una colectividad en un sitio determinado

Otros casos de reasentamiento en masa tienen lugar cuando un nuevo proyecto de riego o de generación de hidroelectricidad hace que se inunde un valle habitado. En estas circunstancias, las viviendas y el sistema de abastecimiento de agua potable y de disposición de excretas suelen figurar entre las instalaciones que se proporcionan para el reasentamiento.

La estabilización, o la aceptación del reasentamiento, suelen implicar normalmente mucho más que la simple inversión en infraestructura física. El sistema de abastecimiento de agua y de disposición de excretas puede servir como catalizador para la organización local que requiere el desarrollo de la comunidad. En las zonas rurales de muchos países en desarrollo, los dirigentes de la comunidad no tienen una organización coherente y orientada hacia los problemas; a menudo no existen grupos formales, cuyo objetivo sea mejorar la comunidad y ayudarla a crecer y prosperar. El proyecto de abastecimiento de agua potable y de disposición de excretas de una comunidad puede constituir uno de los medios para organizar tal grupo y demostrar que puede trabajar en beneficio de la comunidad mucho después de haberse terminado dicho proyecto.

III. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

A. Definición de un Programa Rural

Cuando se estudian los sistemas de abastecimiento de agua para zonas rurales, siempre se plantea la cuestión de lo que constituye "una zona rural". Para las inversiones en estos sistemas de abastecimiento, existen muchas maneras de definir las zonas rurales a los que se trata de alcanzar, pero en la práctica no puede establecerse una divisoria clara entre un sistema de poblado rural y un sistema pequeño de núcleo urbano. Los sistemas de zonas rurales se amplían hasta transformarse en sistemas urbanos; y la escasez de la mano de obra, la limitación de los recursos financieros y la geografía nacional exigen en muchos casos que se consolide el esfuerzo, para ocuparse de todo el sector de abastecimiento de agua y disposición de excretas, en vez de abordar por separado cada subsector. El análisis aislado del subsector de abastecimiento de agua en las zonas rurales puede impedir que se formulen políticas y programas económicos y sociales sólidos para ocuparse del abastecimiento de agua de la nación como un conjunto. Por lo general hay que hacer estudios nacionales del sector de abastecimiento de agua y saneamiento, si se quieren preparar planes que permitan formular los programas más viables para tratar de atender las necesidades globales de las zonas urbanas y rurales del país.

1. Definición por magnitud de población

La manera más corriente de identificar los programas de abastecimiento de agua en los países consiste en definir programas específicos, que traten de todos los poblados,

pueblos, ciudades, etc., con una población que encaje dentro de ciertos límites. Desde luego, esta clase de definición del programa es un tanto arbitraria, y los límites de tamaño y los programas oficiales varían mucho de un país a otro, de una región a otra, y a veces entre diversos organismos programadores dentro del mismo país. En el ámbito mundial, el límite de los programas de abastecimiento de agua para las zonas rurales va desde los asentamientos que tienen 50-100 habitantes hasta los núcleos rurales con una población de más de 20,000 personas.

En Guatemala existen 23,000 comunidades rurales y los núcleos de población dispersa oscilan entre 200 a 2,000 habitantes.

a. Modificaciones que se han observado en las definiciones oficiales de los Programas de abastecimiento de agua de las zonas rurales:

1. Que en general resulta muy costoso abastecer de agua a poblaciones con muy poca densidad. En las localidades con 2,000 habitantes o menos deben tener una "*población concentrada*" de 500 personas como mínimo, constituye un ejemplo de tal definición.
2. Que las poblaciones con ingresos reducidos probablemente no podrán pagar los costos financieros globales de sus sistemas de abastecimiento de agua. Por ejemplo, en Ghana se han definido recientemente los sistemas rurales como los que abastecen de agua a comunidades con una población de 10,000 personas y menos, pues se consideró que un número menor de 10,000 habitantes no podría, en general, proporcionar apoyo financiero para un nivel urbano de servicio.

3. Que los poblados incluidos en el programa y que reciban agua deberán aportar el apoyo de sus dirigentes y el entusiasmo de la población requeridos para mantener y usar en forma adecuada un sistema de abastecimiento (las inversiones pueden desperdiciarse con suma facilidad si no están apoyadas por los residentes de la localidad). Por ejemplo, son muy comunes observaciones acerca de los programas de abastecimiento rural como la siguiente: << se ha observado que muchas más personas de las que se suponía servirían los pozos, no los usan durante la temporada en que un estanque o canal próximos o el pozo de la casa tienen agua en abundancia y a poca distancia, o por su sabor o gran contenido de hierro o porque prefieren la fuente familiar tradicional >>¹¹. A veces hasta las técnicas más rudimentarias pueden ser excesivas para que las acepten algunas comunidades, si no hay dirigentes innovadores, carecen de instrucción o no sienten entusiasmo. En algunas comunidades incluso el mantenimiento de bombas manuales ha planteado un problema insoluble.

4. Que como la razón del desarrollo rural es la productividad de la agricultura, una comunidad donde los cultivos corrientes o de subsistencia constituyen la fuente principal de empleo podría clasificarse como rural, a los efectos de las inversiones en abastecimiento de agua potable y saneamiento. Esta definición de comunidad rural fue sugerida por la Unesco en 1958.

5. Que el éxodo de la población hacia los principales centros urbanos plantea un problema en la mayoría de los países en desarrollo, por lo que los poblados o zonas en que tal éxodo es más rápido debieran tener prioridad en el

¹¹ Abastecimiento de agua de la comunidad en los países en desarrollo. McJunkin, Frederick E. US Agency for International Development and the US Public Health Service. Chapel Hill, N.C. (1969).

abastecimiento de agua potable. Esta población que se asienta en las áreas periféricas de los centros urbanos merecen realizar acciones especiales de atención en los servicios esenciales.

b. Base adecuada de la definición

En consecuencia, el establecimiento de condiciones distintas para el abastecimiento de agua a las zonas urbanas y rurales obedece a que se deben resolver problemas diferentes y alcanzar metas también diferentes, lo que exige la formulación de programas de abastecimiento de agua y de saneamiento con políticas distintas para unas u otras zonas.

Es lógico que existan diferencias, pues al ser las comunidades más pequeñas o la población menos densa, las características del problema del abastecimiento y de saneamiento se modifican. De tal modo que para una determinada calidad de abastecimiento de agua la combinación de los ingresos reducidos y del costo relativamente alto del suministro por tuberías representa los factores predominantes que deben considerarse al definir las comunidades que son rurales y decidir las políticas adecuadas para ocuparse de ellas. El problema de la viabilidad financiera también se considera crítico para establecer una distinción entre las operaciones de abastecimiento de agua y saneamiento de los sectores urbanos y rurales. En general, como espejo de la viabilidad económica de los sistemas, la viabilidad financiera nos da una idea de la justificación económica de la inversión y suprime la necesidad de una tarea imposible: determinar el efecto preciso de los mejores servicios en la salud o tratar de enumerar y medir otros beneficios. Además, el lamentable historial de las operaciones físicas y mantenimiento de los sistemas rurales de los países en desarrollo parece estar

íntimamente relacionado con la incapacidad para obtener ingresos suficientes de los consumidores. Esta deficiencia refleja a veces la incapacidad para pagar, pero más a menudo implica una gestión administrativa y una organización institucional inadecuadas así como falta de apreciación de la valía del agua potable por parte de los consumidores.

La definición que sólo refleje los ingresos reducidos y los costos elevados puede llevar a conclusiones aparentemente absurdas. Sin embargo, la cuestión principal en todos estos casos es, primero, modificar la política técnica y administrativa para disminuir los costos y aumentar la eficiencia y, segundo, encontrar métodos para lograr los fondos necesarios, bien mediante contribuciones de la comunidad o bien mediante pagos directos de los consumidores. Quizá pudiera requerirse el mismo enfoque general, tanto si la comunidad correspondiente tiene diez millones de habitantes como si tiene diez. La cuestión es decidir si, a efectos de política, la comunidad debe incluirse en el grupo clasificado como rural, puede reducirse a los términos siguientes: después de agotar todos los medios para mejorar los costos y la eficiencia ¿continúa siendo imposible la autogeneración de fondos en cantidad suficiente? Aunque las diferencias físicas entre las comunidades grandes y pequeñas muy pobladas o poco pobladas, revisten importancia para los efectos técnicos, las repercusiones financieras de tales diferencias constituyen una base mucho más útil para clasificar las comunidades.

2. Determinación de la población actual

La Determinación de la población actual se realiza para tener el dato exacto de la cantidad de personas que se benefician, es necesario que el Inspector de Saneamiento del Area de Salud (ISA) o el Técnico en Salud Rural (TSR) se constituya en la comunidad y efectúe el censo correspondiente, que aporte los datos del número de viviendas y el

número de habitantes; se recomienda registrar también los datos de los censos que se hayan efectuado de por lo menos 10 años atrás. Adjuntar toda la información que se tenga disponible, como por ejemplo escuelas, puestos de salud, iglesias, costumbres de la población, principales actividades económicas, clima, etc.

a. Censo y características de crecimiento de la población

Es importante porque nos permite conocer el número de habitantes a servir, y a conocer el crecimiento de la población con el tiempo.

Los acueductos rurales se calculan para un período de 15 a 20 años, y es necesario saber cómo se incrementa la población en ese tiempo; y para calcular el crecimiento se usan generalmente métodos de proyección de población. El más usado en nuestro país es el "**Método Geométrico**".

i.) Cálculo de la población

Para el proyecto de cada uno de los elementos de la obra deberá hacerse el cálculo de la población con el período de diseño correspondiente. Se recomienda utilizar el **Método Geométrico**, cuya fórmula es:

$$P_f = P_a (1 + r)^n$$

En donde:

P_f = número de habitantes al final del período de diseño correspondiente.

P_a = número de habitantes actuales.

r = tasa de crecimiento geométrico, determinada con base en censos de la población y obtenida utilizando esta misma fórmula (en este caso **n** es el período

intercensal). Se utilizarán las tasas de crecimiento rural del municipio establecidas por el Instituto Nacional de Estadística (INE), a falta de otro dato confiable.

n = período de diseño correspondiente en años. El período de diseño deberá tomar en cuenta el tiempo que se espera que las obras puedan prestar el servicio, más aquel estimado que transcurrirá desde el momento que se hace el diseño, hasta que la obra entre en servicio. Se recomienda que el período de diseño a considerar no sea menor de 20 años.

b. Consumos de agua potable

Definiciones:

Dotación: es la cantidad de agua asignada en un día a cada habitante. Se expresa en litros por habitante por día (Lts./Hab./día).

Dotación = 40 Lts./Hab./día a 60 Lts./Hab./día para llenacántaros
= 60 Lts./Hab./día a 90 Lts./Hab./día para conexión predial.

Consumo Medio Diario: CMD. Es el consumo durante 24 horas, obtenido como promedio de los consumos diarios en el período de un año.

Consumo Máximo Diario: CMS. Es el consumo máximo durante 24 horas observado en el período de un año, sin tomar en cuenta los gastos causados por incendios.

Consumo Máximo Horario: CMH. Es el consumo máximo en una hora, observado en un período de un año.

Valores y Coeficientes recomendados.

Dotación = 40 Lts./Hab./día a 60 Lts./Hab./día para servicio a base de llenacántaros

- = 60 Lts./Hab./día a 80 Lts./Hab./día para servicio mixto de llenacántaros y conexiones prediales.
- = 60 Lts./Hab./día a 90 Lts./Hab./día para servicio exclusivo de conexiones prediales fuera del domicilio
- = 90 Lts./Hab./día a 120 Lts./Hab /día para servicio de conexiones intradomiciliarias, con opción a varias unidades por vivienda.
- = 30 Lts./Hab./día para servicio de pozo excavado, con bomba de mano.

Consumo medio diario: el consumo medio diario será el producto de la dotación adoptada por el número de habitantes que se estimen al final del período de diseño.

Consumo máximo diario: el consumo máximo diario será el producto de multiplicar el consumo medio diario por el factor 1.2.

Consumo máximo horario: el consumo máximo horario se determina si se multiplica el consumo máximo diario por el coeficiente 1.5.

Ejemplo:

En el año 1981 el caserío de Buena Vista, del Municipio de Chiantla del Departamento de Huehuetenango, tenía 390 habitantes, en el año de 1991 reportó 550 habitantes; a) cuál es la tasa de crecimiento y b) la población al año 2011; y c) determinar si la fuente que dio un aforo de 1.12 l/s es capaz de suministrar 60 l/h/d.

a) *Cálculo de la tasa de crecimiento:*

$$r = (n \sqrt[n]{P_{1991} / P_{1981}}) - 1$$

$$r = (10 \sqrt[10]{550 / 390}) - 1$$

$$r = 1.035 - 1$$

$$r = 0.035 = 3.5 \%$$

b) *Cálculo de población:*

$$Pf = Pa (1 + r)^n$$

$$Pf = 550 (1 + 0.035)^{20}$$

$$Pf = 550 (1.99)$$

$$Pf = 1,095 \text{ Habitantes}$$

c) *Determinación del caudal:*

Consumo Medio Diario:

$$Q_m = (1,095 \text{ Hab.} \times 60 \text{ l/h/d} / 86400) = 0.76 \text{ l/s}$$

Caudal Máximo Diario:

$$Q_{\text{max.}} = Q_m \times 1.2$$

$$= 0.76 \text{ l/s} \times 1.2 = 0.91 \text{ l/s}$$

Nota: de preferencia la fuente deberá tener un 25 % más que el caudal máximo diario (caudal de conducción).

B. Elementos de hidrología

1. Definiciones y alcance

Hidrología es la ciencia que trata el agua en la naturaleza; sus propiedades, distribución y comportamiento. Como tal, proporciona una información básica para la administración de recursos hidráulicos dentro de la estructura de nuestra economía hidráulica e hidrológica: abastecimiento de agua y disposición de aguas residuales, drenaje e irrigación, navegación y reglamentación fluvial, energía hidráulica y control de crecientes.

Recursos hidráulicos de la tierra. Los volúmenes de agua sobre la tierra son grandes. Se calcula que sólo los océanos y mares contienen 324×10^6 millas cúbicas (1351.1×10^6 kilómetros cúbicos) de agua, y se estima que se encuentran confinadas de 6 a 7×10^6 millas cúbicas (25.02 a 29.19×10^6 kilómetros cúbicos) en los casquetes polares de hielo. En conjunto, estas masas de agua representan aproximadamente el 97% de los recursos acuáticos totales ¹². Desafortunadamente, ninguno de ellos está disponible en forma inmediata para abastecer agua, el agua de mar, porque cada litro contiene 35 gramos de sal y el hielo polar debido a su lejanía de las regiones habitables del Globo.

Esto deja como aguas útiles de la Tierra a las 1.67×10^5 millas cúbicas (6.96×10^5 kilómetros cúbicos) de agua dulce existentes en lagos y corrientes, en suelos permeables y en la atmósfera; un poco menos del 3% está en la atmósfera, derivado, seguramente, por evaporación de agua tanto salada como dulce, estando el resto dividido casi por igual entre la superficie y el subsuelo. Sin embargo, estas porciones de la hidrósfera no se encuentran estáticas; el agua circula: de 10 a 12×10^4 millas cúbicas (41.7 a 50×10^4 kilómetros cúbicos) se precipitan anualmente del cielo en forma de lluvia o nieve, sobre los continentes e islas aproximadamente una cuarta parte; el resto cae sobre los océanos; de 0.9 a 1.2×10^4 millas cúbicas (3.75×10^4 kilómetros cúbicos) escurren de la superficie de la tierra; y el subsuelo rinde, en forma más o menos segura, 0.4×10^4 millas cúbicas (1.67×10^4 kilómetros cúbicos) de agua. En estimaciones globales, aproximadamente una tercera parte de las masas terrestres se encuentran bien dotadas de agua, siendo los dos tercios restantes semiáridos o áridos. Como una estadística final, el número de moléculas de agua sobre la tierra está cercano a 45×10^{45} .

¹² Producing Fresh Water from Sea Water. Colas, R. Estados Unidos. (1962).

Ramas de la hidrología. En relación con la atmósfera, la hidrología trata 1) con la lluvia y otras formas de precipitación: sus causas, origen, ocurrencia, magnitud, distribución y variación, y 2) con el retorno de la humedad a la atmósfera por evaporación; sublimación, que es el paso de un sólido al estado de vapor sin fusión intermedia; y transpiración, que es la evaporación o exhalación de agua o vapor de agua desde las células de las plantas y corresponde a la transpiración de los animales. Como parte de la amplia ciencia de la meteorología, que abarca todos los fenómenos atmosféricos, el estudio de las aguas atmosféricas se denomina hidrometeorología.

La hidrología de las aguas superficiales trata sobre el escurrimiento o flujo de corrientes y sus variaciones; almacenamiento en estanques, lagos y depósitos; características físicas de los sistemas de lagos y ríos; y el origen y comportamiento de aguas superficiales en general. Esta rama de la hidrología conocida como hidrografía está dedicada a 1) aguas que fluyen a través de arroyos y ríos (potamología); 2) aguas dulces almacenadas en estanques, lagos y depósitos (limnología); y 3) aguas saladas que llenan los mares y océanos (oceanografía).

La hidrología de las aguas subterráneas considera el origen, naturaleza, y ocurrencia del agua subsuperficial, su infiltración al suelo, el pasaje o percolación a través de formaciones abiertas y su desprendimiento de ellas.

Algunos aspectos de la hidrología no tienen una aplicación inmediata en la ingeniería de las aguas y las aguas residuales. Por lo tanto se han omitido.

2. El ciclo de las aguas

La precipitación, percolación, escurrimiento y evaporación son etapas en el ciclo del agua, el cual no tiene principio ni fin (*fig. 3.1*). Del agua que llega a la tierra, alguna

cae directamente sobre las superficies acuáticas; otra parte fluye sobre la tierra y hace su ruta por arroyos y ríos, estanques, lagos y depósitos o mares y océanos; parte de ella retorna de inmediato a la atmósfera por evaporación, desde las superficies acuáticas y terrestres así como por evaporación y transpiración de la vegetación y otra parte se filtra en la tierra.

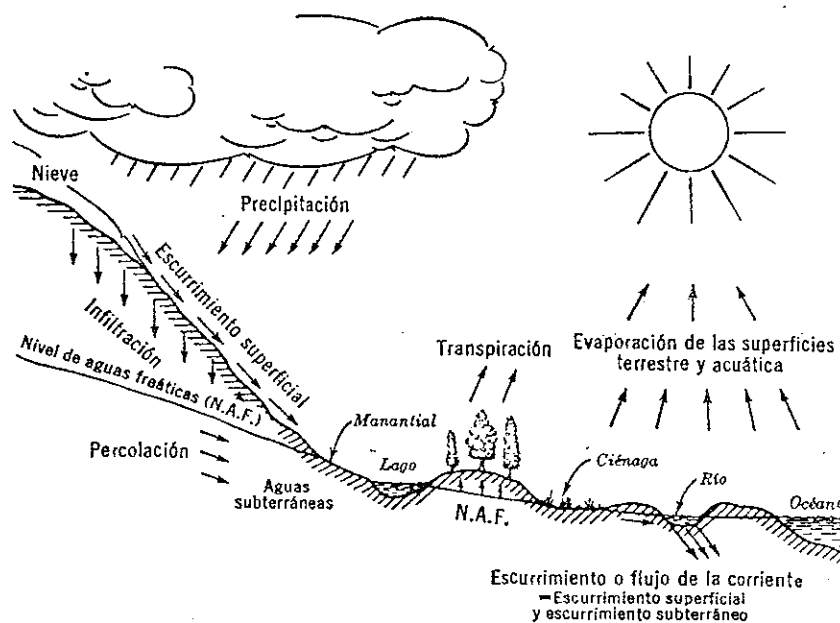


Fig. 3.1. El ciclo de las aguas.

(Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Fair,G; Geyer,J; Okun,D. México. 1968.)

Parte del agua que penetra en la corteza terrestre, es retenida cerca de la superficie, de donde alguna cantidad se evapora directamente, y otra es tomada por la vegetación, para ser retornada a la atmósfera por transpiración. El remanente del agua infiltrada

escurre hacia abajo por gravedad, hasta alcanzar el nivel freático, para unirse al depósito subterráneo dentro de la corteza terrestre. La mayor parte del agua subterránea es descargada hacia la superficie del suelo a través de manantiales y afloramientos de transminaciones, o pasa, ya sea al nivel freático o bajo de él, a las corrientes o masas estáticas de agua, incluyendo los océanos.

El agua que fluye por los arroyos y ríos, se deriva, sólo en una pequeña parte, de la precipitación directa y en su mayoría del agua de lluvia que escurre por la superficie del suelo, y en cantidades más uniformes del flujo de tiempo seco proveniente de la disminución del nivel en los lagos, estanques y depósitos, así como de la transminación de agua subterránea.

La evaporación y la precipitación son las principales fuerzas motrices en el ciclo del agua. La radiación solar es la fuente de energía requerida. El escurrimiento y la percolación desplazan el escenario de su evaporación a lo largo de la superficie terrestre; la circulación atmosférica lo hace para su condensación y precipitación. Las aguas naturales están sujetas a circulación permanente y a cambios de su aspecto físico, químico y bacteriológico.

a. Precipitación pluvial y escurrimiento

i.) Razones para el análisis dentro de la ingeniería

Los ingenieros sanitarios tienen interés principalmente sobre dos clases de información relacionada con la precipitación pluvial y el escurrimiento para áreas de drenado dadas: 1) los registros del agua colectada en períodos fijos de calendario (días, semanas, meses y años), y 2) los registros de las intensidades y duraciones de las lluvias y flujos de crecientes individuales. Los estudios sobre el rendimiento de aguas son la base

del aprovechamiento económico y seguro de los abastecimientos superficiales de aguas por consumo directo y mediante almacenamiento. También arrojan alguna luz sobre la producción de agua subterránea y se necesitan al medir la carga polutiva que puede imponerse a los cauces acuáticos en los que se vierten aguas negras y desechos industriales. Los estudios sobre intensidad de la precipitación pluvial y el escurrimiento de las crecientes son el punto de partida en el diseño de alcantarillados pluviales y combinados, así como de sus accesorios. Además, suministran información sobre: 1) las dimensiones apropiadas de vertedores y ductos diversores para presas y estructuras similares; 2) la localización y protección de las obras para aguas y aguas residuales dentro del plano de inundación de las corrientes, y 3) la determinación de las proporciones adecuadas de las obras colectoras de aguas pluviales.

Los datos hidrológicos disponibles pueden aplicarse, bajo circunstancias favorables, directamente al lugar de la estructura por construir o proteger. Con mayor frecuencia, la información es incompleta u obtenible solamente para sitios ubicados a cierta distancia. Deben entonces cotejarse toda clase de datos para llegar a estimaciones normales en la precipitación o escurrimiento esperados.

C. Sistemas de abastecimiento de agua

1. Características generales

Los sistemas de abastecimiento de agua para zonas rurales comprenden generalmente: 1) obras de captación, 2) obras para purificación (no siempre son necesarias), 3) obras de conducción, 4) obras de almacenamiento, 5) obras de distribución. Las funciones y posiciones relativas de estos componentes en un abastecimiento de agua superficial se bosquejan en la *fig. 3.2*.

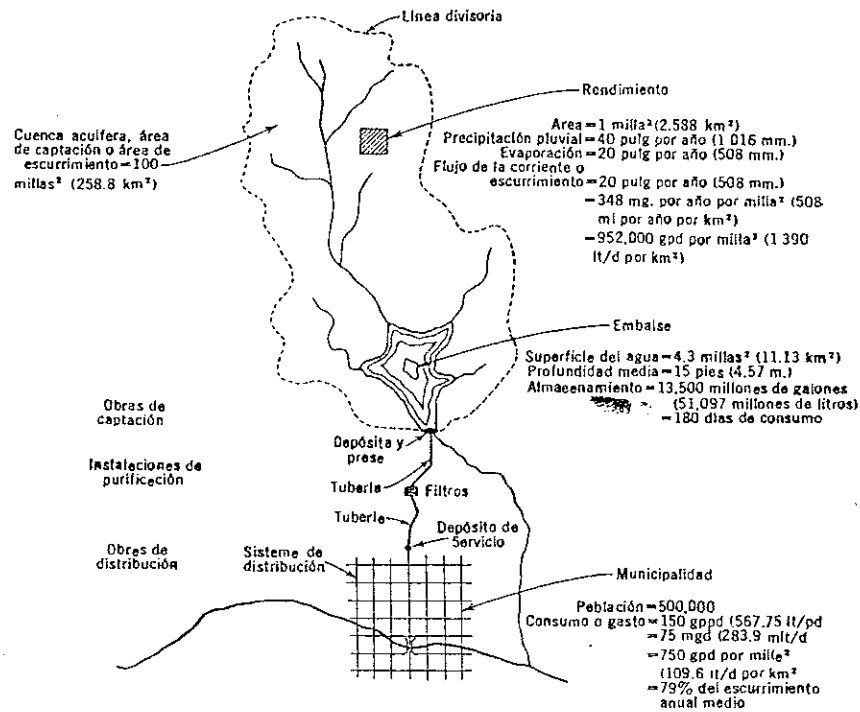


Fig. 3.2.

Relaciones entre precipitación pluvial, escurrimiento, almacenamiento y demanda en el desarrollo de abastecimientos superficiales.

(Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Fair, G.; Geyer, J.; Okun, D.. México. 1968.)

Las obras de captación, o toman líquido de una fuente cuyo volumen es siempre adecuado para las demandas presente y futura, o bien, convierten una fuente intermitentemente insuficiente, en un abastecimiento continuamente apropiado. Para asegurar un suministro suficiente, tanto de estación como durante épocas de demanda elevada, deben almacenarse hasta los excedentes anuales, para usarlos en tiempos de escasez. Cuando la calidad del agua captada no es satisfactoria, se introducen obras para purificación que la adecúan a los fines requeridos: el agua contaminada se desinfecta; la desagradable se hace atractiva y de buen sabor; a la que contiene hierro o manganeso se le suprimen estos elementos; la corrosiva se desactiva y la dura se suaviza. Los sistemas

de conducción transportan el suministro captado y purificado a la comunidad, donde la red de distribución la sirve a los consumidores en el volumen deseado y a la presión apropiada. Ordinariamente, el agua suministrada se mide con objeto de que su consumo se cobre equitativa y frecuentemente, por la forma que se disponga de ella después de emplearla.

2. Levantamientos topográficos

a. Lineamientos generales

Se efectuará levantamiento topográfico de las líneas que unan las fuentes de abastecimiento de agua seleccionadas con los núcleos poblados, así como de estos núcleos poblados. De las fuentes de abastecimiento, se sacarán detalles de su configuración. En las líneas topográficas de la fuente a los núcleos poblados, además de la identificación propia de la línea, se localizarán detalles importantes como estructuras existentes, pasos de ríos, quebradas y zanjones, caminos, cercos, puntos altos del terreno, etc. El levantamiento de los núcleos poblados consistirá en el trazo de líneas principales y ramales secundarios que puedan ser utilizados para la instalación de las tuberías de distribución del agua, con la localización de todas las viviendas, edificios públicos, calles y caminos existentes dentro de los núcleos poblados, así como la identificación de todas las estructuras y sitios importantes. Los levantamientos topográficos para acueductos, contendrán las dos acciones principales de planimetría y altimetría.

b. Orden de los levantamientos topográficos

Depende del tamaño y tipo de proyecto, habitantes que serán beneficiados, características del terreno, aparatos que se emplearán y errores permisibles, los

levantamientos topográficos para realizarse pueden ser de primero, segundo o tercer orden, depende de la complejidad del proyecto, lo cual deberá ser determinado en el estudio de prefactibilidad.

i.) Levantamiento topográfico de primer orden

a) Debe usarse:

- En levantamiento de sistemas por gravedad con diferencias totales de altura entre puntos obligados críticos menores de 5m./km., que hayan sido determinados en el estudio de prefactibilidad.
- En sistemas por bombeo.

b) Forma de realizarlo:

- El levantamiento planimétrico se referirá al meridiano magnético y será efectuado con teodolito de precisión y cinta métrica metálica de precisión.
- El levantamiento altimétrico será efectuado con nivel de precisión de trípode, referenciado a un B.M. convencional bien identificado, o de preferencia, a un B.M. geodésico.

c) Errores permisibles:

- El error máximo admisible de cierre en distancia será $e = L \times 1/1000$, como sigue:

e = error en metros.

L = Longitud del polígono cerrado en metros.

- El error máximo admisible en el cierre angular de las poligonales cerradas será:

$e = a \sqrt{N}$, que representa:

e = error en minutos.

a = aproximación del aparato en minutos.

N = número de vértices de la poligonal.

- El error máximo admisible en el cierre altimétrico será:

$$e = 25\sqrt{K}$$

e = error en milímetros.

K = longitud nivelada en kilómetros.

ii.) Levantamiento topográfico de segundo orden

a) Debe usarse:

- Cuando la distancia de la fuente a la comunidad sea mayor de 6 kilómetros.
- La diferencia de altura fuente-comunidad (viviendas más altas) sea hasta de 10 metros por kilómetro. Sistemas por gravedad.
- Las viviendas a abastecer sean más de 100, al momento de hacer el levantamiento.

b) Forma de realizarlo:

- El levantamiento planimétrico se referirá al meridiano magnético y será efectuado con teodolito de precisión y cinta métrica metálica de precisión o taquimétricamente.
- El levantamiento altimétrico se hará por nivelación trigonométrica con teodolito, con doble lectura adelante y atrás, referenciado a un B.M. convencional bien identificado, o de preferencia, a un B.M. geodésico.

c) Errores permisibles:

- El error máximo admisible de cierre en distancia será $e = L \times 1/500$, cuando es:

e = error en metros.

L = Longitud del polígono cerrado en metros.

- El error máximo admisible en el cierre angular de las poligonales será:

$$e = a\sqrt{N}, \text{ que representa:}$$

e = error en minutos.

a = aproximación del aparato en minutos.

N = número de vértices de la poligonal.

- El error máximo admisible en el cierre altimétrico será:

$$e = 50 \sqrt{K}$$

e = error en milímetros.

K = longitud nivelada en kilómetros.

iii.) Levantamiento topográfico de tercer orden

a) Debe usarse:

- Cuando la distancia fuente - comunidad, sea hasta de 6 kilómetros.
- La diferencia de altura de la fuente a la comunidad (viviendas más altas), sea de 15 metros mínimo por kilómetro. Sistema por gravedad.
- Las viviendas a abastecer serán 100 como máximo, al momento de hacer el levantamiento.

b) Forma de realizarlo:

- El levantamiento planimétrico se referirá al meridiano magnético, que utiliza brújula y cinta métrica de cualquier clase.
- El levantamiento altimétrico se hará con nivel de mano o altímetro, referenciado a un B.M. convencional bien identificado o de preferencia a un B.M. geodésico.

c) Errores admisibles:

- El error máximo admisible de cierre en distancia será de 4 metros por kilómetro de poligonal.
- En caso de error de cierre angular, deberá regresarse al campo.
- El error máximo admisible en el cierre altimétrico será de 10 cms. por kilómetro de planimetría.

c. Zonas de levantamiento

i.) Zona de captación

Se hará el levantamiento topográfico lo más amplio y detallado posible, de acuerdo a las condiciones del terreno y al tipo de obra, al sacar secciones transversales donde se localicen el o los brotes. Cuando se trate de una corriente de agua, se levantarán secciones en una longitud mínima de 20 m. a un espaciamiento máximo de 20 m. transversales, aguas arriba y aguas abajo del sitio seleccionado. En corrientes se determinarán los niveles de escorrentía máximo y mínimo. Igual especificación se tendrá en cuenta al utilizar lagos o lagunas. Es recomendable sacar cuadrícula a cada 5 metros.

ii.) Zonas para construir obras de arte

(Desarenador, planta de tratamiento, tanque de almacenamiento, drenajes y otros).

Se hará un levantamiento topográfico lo más amplio y detallado posible de acuerdo a las condiciones del terreno y al tipo de la obra, en los sitios precisamente seleccionados para ello.

iii.) Líneas de conducción

Previamente a iniciar el levantamiento de las líneas de conducción, deberá hacerse un recorrido desde las fuentes hasta las comunidades para hacer una selección preliminar de la localización de la o las líneas de conducción.

El levantamiento topográfico de estas líneas deberá registrar los obstáculos más importantes y los que pudieran provocar algún problema en el diseño y construcción y para tales efectos, deberá observarse la siguiente norma: Cuando las distancias sean uniformes, sin accidentes intermedios como zanjones o montículos, las distancias entre puntos de nivelación dependerán de la pendiente longitudinal y se tomarán los siguientes

parámetros:

Pendiente longitudinal línea de conducción	Distancia horizontal mínima entre puntos de nivelación
menor de 5 %	20.0 metros
entre 5 % y 20 %	10.0 metros
mayor de 20 %	5.0 metros

iv.) Zonas de distribución

En los levantamientos topográficos del núcleo de la población así como de la zona de desarrollo futuro, se localizarán y nivelarán todas las calles y caminos que indican el tipo y estado de la rasante. Se localizarán las edificaciones por radiaciones. Se señalarán los edificios públicos, escuelas, industrias, puestos de salud, parques, campos de deporte, cursos de agua, puentes y todas aquellas estructuras naturales o artificiales que guardan relación con el proyecto de la red o que influyan en su diseño. Se correrá nivelación de los accidentes topográficos de importancia y se tomará cota de los cruces de las calles, viviendas, escuelas e iglesias que ligan estas nivelaciones a la general, cuando el nivel de servicio lo requiera.

La zona de distribución deberá levantarse por medio de poligonales cerradas cuando sea posible, o abiertas; otros ejes de levantamiento deberán enlazarse a la poligonal principal. El detalle de estos trabajos será consecuente con el orden del levantamiento topográfico.

v.) Levantamientos adicionales o replanteos

Levantamientos para la ubicación de las obras de arte como tanques y plantas de

tratamiento, se harán posteriormente, enlazándolas a las poligonales iniciales. Lo mismo se hará para los replanteos.

vi.) Amojonamiento

Para los levantamientos de primero y segundo orden, en las líneas de conducción y en la zona de distribución y de desarrollo futuro, se dejarán mojones de concreto debidamente referenciados en número tal que permitan su replanteo y que sean visibles de 2 en 2. Los mojones deberán tener una dimensión mínima de 20 cm y una profundidad mínima de 30 cm, un tamaño adecuado para registrar la siguiente información:

- Número de estación.
- Caminamiento y fecha.

d. Libretas de campo

Los datos de todo estudio topográfico deberán quedar claramente consignados en las libretas de campo y estarán libres de borrones, manchas, etc. Además se considera indispensable que se acompañen los croquis o esquemas correspondientes, los que deberán ser ejecutados en el campo y a medida que avanza el trabajo. Deberá consignarse el tipo de suelo encontrado en el recorrido.

e. Aforos

La cuadrilla de topografía, deberá también hacer el aforo de las fuentes sobre las cuales haga el levantamiento topográfico, que indica el punto exacto y el método utilizado. Cuando se trate de una fuente con varios brotes, deberá aforar cada brote y el total. Deberá anotarse en cada caso el nombre de la fuente, el lugar, fecha y hora

exactos. En caso fuere necesario verificar el aforo, se procederá conforme al procedimiento arriba descrito. En caso no fuera posible hacerlo, indicar el motivo que lo impide, que describe el sitio exacto escogido para practicar un nuevo aforo, así como el método utilizado. Es recomendable practicar como mínimo un aforo en época seca y otro en época lluviosa.

3. Dotación o capacidad requerida

Los suministros de agua se diseñan para satisfacer las necesidades de la comunidad durante un período razonable de tiempo. La relación de consumo se expresa normalmente en litros por habitante por día. La dotación o suministro a considerar en el diseño del proyecto será establecida en función del tipo de población, clima de la región, cultura de los habitantes, del caudal aforado de la o las fuentes de abastecimiento, disponibilidad de las mismas y de la capacidad económica de la comunidad, que será la que en la última instancia determine el tipo de sistema a ser implementado. El mínimo será de aproximadamente 60 litros/habitante/día.

La capacidad de los componentes individuales de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano está determinada por su rendimiento. Por ejemplo, los tanques de distribución deben ser suficientemente grandes para compensar las variaciones del consumo diario y regular las presiones en la red de distribución.

a. Aspectos legales

Propiedad legal de la fuente. La comunidad deberá ser propietaria legítima del terreno circundante en donde se encuentre la fuente, de los predios necesarios para construir las obras de arte que requiera el proyecto y las servidumbres de paso del

acueducto para las tuberías de conducción y distribución. En el caso de que aún no tenga inscrito el dominio de las propiedades, deberá tener promesa de venta o sesión contenidas en escritura pública o acta municipal, que le garanticen la posesión de las mismas.

Los comités de la comunidad serán los responsables de legalizar en coordinación con la municipalidad los terrenos, fuentes de agua y servidumbre de paso.

4. Fuentes de abastecimiento

La fuente de agua determina, comúnmente, la naturaleza de las obras de captación, purificación, conducción y distribución. Las fuentes comunes de aguas dulces y su desarrollo son:

- a. **Agua de lluvia;** si se habla estrictamente, el agua de lluvia se colecta como escurrimiento superficial.
 - De los techados, almacenada en cisternas, para abastecimientos individuales reducidos.
 - De cuencas mayores preparadas, o colectores, almacenada en depósitos, para suministros comunales grandes.

Agua de lluvia

La lluvia es raramente la fuente inmediata de abastecimientos de agua en zonas rurales. El almacenamiento transforma la recepción intermitente del agua de lluvia en una fuente de suministro continuo. El rendimiento bruto de aguas pluviales es proporcional al área receptora y a la cantidad de la precipitación. Sin embargo, parte del agua es arrastrada por el viento hacia afuera de los cisternas o recipientes y alguna se

evapora o se pierde al humedecer las superficies y los ductos colectores, así como en llenar depresiones y canales inclinados impropriamente.

El almacenamiento proporcionado por las cisternas depende de la distribución de las lluvias, varía con la duración de los períodos secos. Al captar lluvias de intensidad elevada, deberá procurarse capacidad suficiente de reserva anterior a la desinfección.

b. Agua superficial.

- De corrientes, estanques naturales, y lagos de tamaño suficiente, mediante toma continua.
- De corrientes con flujo adecuado de crecientes, mediante toma intermitente, temporal o selectiva de las aguas de avenida limpias y su almacenamiento en depósitos adyacentes a las corrientes o fácilmente accesibles a ellas.
- De corrientes con flujos bajos en tiempo de sequía, pero con suficiente descarga anual, mediante toma continua del almacenamiento de los flujos excedentes al consumo diario, hecho en uno o más depósitos formados mediante presas construidas a lo largo de los valles de la corriente.

Aguas superficiales

Las cantidades que pueden captarse varían directamente con el tamaño del área colectora, o cuenca hidrológica, así como con la diferencia entre las cantidades que caen sobre ella y las que se pierden por evaporación y transpiración. Si las cuencas de aguas superficiales y aguas subterráneas no coinciden, puede entrar algo de agua subterránea desde áreas cercanas de captación o bien, escapar hacia ellas.

Consumo continuo. Las comunidades situadas a los lados de corrientes, estanques

o lagos o en sus cercanías, pueden abastecerse de ellos mediante consumo continuo, siempre que el flujo de la corriente o la capacidad del estanque o lago sean lo suficientemente grandes durante todas las estaciones del año para suministrar los volúmenes requeridos. Las obras de captación incluyen ordinariamente: 1) una rejilla, casa de compuertas o torre de toma; 2) un ducto de toma; y 3) en muchos lugares una estación de bombeo. El agua generalmente, debe elevarse desde las tomas cercanas a la comunidad hasta el tanque de desinfección del agua, y de ahí al sistema de distribución.

La mayoría de las corrientes grandes sufren contaminación procedente de las ciudades e industrias situadas aguas arriba. La purificación de sus aguas se convierte de esta manera en una necesidad.

Consumo selectivo. A menudo no se usan las corrientes de flujo pequeño. Estas pueden utilizarse en otros usos, o están tan contaminadas que no tienen aprovechamiento normal. En estos casos, solamente se desvían aguas limpias hacia los depósitos construidos sobre praderas adyacentes a la corriente o convenientemente situadas. El agua así almacenada debe abastecer las demandas durante las temporadas en las que no es posible obtener flujo de la corriente. Si el consumo está restringido a un trimestre, por ejemplo, el depósito deberá contener, como mínimo, tres cuartas partes del abastecimiento anual. Debido a su selección y almacenamiento prolongado, el agua puede requerir purificación.

c. Agua subterránea.

- De manantiales naturales.
- De pozos.
- De galerías filtrantes, estanques o embalses.

- De pozos, galerías y, posiblemente manantiales, con caudales aumentados con aguas provenientes de otras fuentes: 1) esparcidas sobre la superficie del terreno colector, 2) conducidas a depósitos o diques de carga, o 3) alimentadas a galerías o pozos de difusión.
- De pozos o galerías filtrantes cuyo flujo se mantiene constante al retornar al suelo las aguas previamente extraídas de la misma fuente y que han sido usadas para enfriamiento o propósitos similares.

Agua Subterránea

Las aguas subterráneas se extraen de muchas formaciones geológicas: 1) de los poros de depósitos aluviales (arrastrados por las aguas); 2) de los pasajes, cavernas y planos de fractura de soluciones en rocas sedimentarias, tales como piedra caliza, pizarra y esquisto; 3) de las fracturas y fisuras de rocas ígneas; 4) de combinaciones de estas formaciones geológicas consolidadas y no consolidadas.

El rendimiento máximo de agua subterránea es directamente proporcional al tamaño del área de toma y a la diferencia entre la precipitación y la suma de evapotranspiración y el escurrimiento. El flujo se extiende lateralmente a través de la anchura del acuífero. Verticalmente, es tan profundo como la zona de poros abiertos y pasajes en la costra de tierra y tan vadoso como el nivel freático.

El agua subterránea sale a la superficie a través de los manantiales: 1) cuando la superficie del suelo cae bruscamente bajo el nivel freático normal (manantiales de depresión); 2) cuando una obstrucción geológica lleva tras de sí agua del suelo y la fuerza hacia la superficie (manantiales de contacto); y 3) cuando una falla en un estrato impermeable permite al agua artesisana (agua del acuífero que brota de él a presión) escapar de su confinamiento (manantiales de contacto).

La relación de flujo a través de la sección transversal sustancialmente vertical del suelo a ángulos rectos a la dirección del flujo, no es grande. Debido a la elevada resistencia de los poros normalmente estrechos del suelo, el agua avanza sólo lentamente, viajando en un año una distancia igual a la que el flujo de corriente recorre en una hora. Las relaciones de flujo normales, son raramente mayores de unos cuantos pies por hora y no son menores de algunos pies por día en acuíferos que proporcionan abastecimiento de aguas útiles. Sin embargo, si se perfora un pozo en el suelo y se disminuye el nivel del agua en él por bombeo, el agua descarga el pozo, no sólo desde la dirección del flujo natural sino desde todas las direcciones. Es por ello que los pozos pueden espaciarse a una distancia muchas veces mayor que su diámetro propio e interceptar aun la mayor parte del agua que escaparía a través del espacio intermedio.

Manantiales. Los manantiales, normalmente se aprovechan para capturar el flujo natural de un acuífero. Bajo circunstancias favorables, su rendimiento, puede aumentarse mediante la introducción de tubos colectores o galerías, situadas más o menos horizontalmente, dentro de las formaciones freáticas que los alimentan. La polución, generalmente, se origina cerca del punto de captación. Esta se previene 1) si se excluye la infiltración de aguas poco profundas, se circunda el manantial mediante una cámara hermética que penetre hasta una distancia segura dentro del acuífero y 2) si se desvía el escurrimiento superficial hacia fuera de la vecindad inmediata. Algunos manantiales rinden menos de 1 gpm (3.785 lpm), otros producen más de 50 mgd (189 mld). Unos son perennes; otros son periódicos o intermitentes durante las estaciones.

Pozos. Depende de las formaciones geológicas a través de las que pasan y de su profundidad, los pozos son excavados, clavados, perforados, o barrenados en el suelo.

En regiones bien provistas de agua, los pozos que tienen éxito, de profundidad y diámetros moderados, proporcionan de 1 a 50 gpm (3.78 a 189 lpm) en roca dura y de 50 a 500 gpm (189 a 1,890 lpm) en arena y arena gruesa, así como en arenisca gruesa. Los pozos de acuíferos profundos pueden suministrar 100 gpm (378.5 lpm) o más. Excepto en roca dura, particularmente piedra caliza, sin cubierta de arena o grava, los pozos, generalmente, no sufren polución por infiltración lateral, sino por entrada vertical de los poluyentes en la superficie del suelo o cerca de ella. La polución se excluye 1) mediante revestimientos herméticos o sellos que penetran en el acuífero por lo menos 10 pies (3.048 m) bajo la superficie del área del pozo y su protección contra inundación por corrientes cercanas.

Galerías filtrantes. Las aguas subterráneas que se desplazan hacia las corrientes o lagos, procedentes de tierras altas vecinas, pueden ser interceptadas mediante galerías filtrantes, tendidas, más o menos, a ángulos rectos a la dirección de flujo, y que conducen el agua entrante a las estaciones de bombeo. En el caso de corrientes, el agua se lleva a conductos más o menos horizontales, situados a ambos lados; a veces se cierra el lado que da al río, para excluir el agua, que se infiltra del río mismo y que resulta a menudo, menos insatisfactoria. Los depósitos y zanjas filtrantes son similares en su concepción. Estos son, en esencia, pozos abiertos, grandes o largos y de poca profundidad. Las cribas filtrantes construidas dentro de los depósitos aluviales de los ríos interceptan el flujo subterráneo. También puede captarse agua subterránea de los túneles y escalonamientos de minas, galerías escavadas en laderas de algunas montañas -específicamente para este propósito- o de minas abandonadas. Las galerías filtrantes son particularmente útiles para explotar acuíferos de espesor reducido o donde deben excluirse aguas salinas profundas.

Los suministros de agua para consumo humano pueden provenir de más de una fuente, combinándose ordinariamente los rendimientos de las fuentes disponibles antes de hacer su distribución.

Caracterización de las fuentes disponibles. Se describen las diferentes fuentes disponibles con su caudal, su localización y su estado legal, además se describe el acceso y calidad aparente del agua.

Volumen de la fuente. Para considerar una fuente, adecuada para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua deberá producir como mínimo un caudal de 0.25 litros por segundo en época de estiaje o verano. De preferencia la fuente deberá poseer un historial de varios aforos en diferentes épocas del año. La aceptación final de una fuente estará en función de la población a servir, la dotación estimada y los factores de incremento debido a las variaciones en el consumo.

Aptitud de la fuente. Para aceptar una fuente de agua apta para consumo humano su calidad fisico-química y bacteriológica debe cumplir con las normas de salud, la cual se comprobará a través de la toma de una muestra de agua analizada en un laboratorio calificado para este fin. La fuente deberá contar con una certificación de calidad, de acuerdo a lo establecido en el artículo 88 del Código de Salud.

D. Captación de Aguas Superficiales

1. Factores hidrológicos

La ventaja comparativa de trabajar a cielo abierto en el acopio de información

sobre aguas superficiales en lugar de las aguas subterráneas y de construir estructuras superficiales en vez de subterráneas, se compensa en alto grado, por la inestabilidad del escurrimiento superficial, tanto en cantidad como en calidad y por la recurrencia de flujos extremos. Los factores hidrológicos que intervienen fuertemente en el desarrollo de abastecimiento de aguas superficiales deben, por consiguiente, tenerse muy presentes en su diseño y operación, con referencia especial a: 1) los principios para la selección, preparación y control de las áreas de captación; 2) la selección y tratamiento de las áreas para depósitos y el manejo de estanques y lagos naturales, así como de embalses; y 3) la situación, dimensión construcción y mantenimiento de las obras de ingeniería necesarias, incluyendo presas y diques, estructuras de toma, vertedores y obras de distribución.

2. Situación de depósitos de almacenamientos

En ausencia de estanques y lagos naturales, el desarrollo intensivo de las aguas procedentes de tierras altas requiere la construcción de depósitos de almacenamiento. La situación conveniente está gobernada por consideraciones interrelacionadas con la propiedad, economía, seguridad y buen sabor del agua de abastecimiento. Los factores deseables incluyen:

1. Una topografía de la superficie que genere una relación baja del volumen de la presa al volumen del agua almacenada; por ejemplo, una garganta angosta para la presa y un valle amplio y lleno de ramales para el depósito. En adición, un sitio favorable para un conducto de diversión de la corriente y un vertedor; y una ruta adecuada de un acueducto o línea de tubería para la comunidad.

2. Geología subsuperficial que asegure: a) cimientos seguros para la cortina y otras estructuras, b) hermeticidad contra transminación a través de los empotramientos y bajo la cortina, y c) materiales, tales como arena, grava y arcilla, para la construcción de la cortina y estructuras auxiliares.
3. Un valle escasamente habitado para el depósito, ni pantanoso ni sumamente arbolado, sin cruce de carreteras o ferrocarriles importantes y en tal forma que las aguas vertidas al depósito tengan una salida hacia la descarga que no se interrumpa, con tal pendiente, que exista escaso flujo, de poca profundidad, alrededor de las márgenes. La purificación natural por almacenamiento puede ser un bien importante.
4. Flujo en el depósito que interfiera lo menos posible con derechos establecidos de propiedad, cercanía de la toma a la población servida y localización a una elevación tal que el suministro pueda hacerse por gravedad.

3. Presas y diques

Hablando en términos generales, las grandes presas y barreras del mundo son las estructuras más pesadas construidas por el hombre. La topografía de la superficie y la geología subsuperficial son de importancia controlante. Hidráulicamente, ellos determinan la situación de las presas, los volúmenes de almacenamiento, y el arreglo de vertedores y diversores. Estructuralmente, ellas identifican la naturaleza y utilidad de las cimentaciones, así como la localización y disponibilidad económica de los materiales de construcción adecuados. Pueden intervenir suelos y roca de muchas clases en la

construcción de diques y presas. La madera y el acero han encontrado una aplicación más limitada. Como la mayor parte de otras construcciones de ingeniería civil, por consiguiente, las presas y sus depósitos se derivan en gran medida del propio medio que las rodea.

Estructuralmente, las presas resisten la presión de las aguas contra su cara aguas arriba por gravedad, acción de arco y ambas. Hidráulicamente, se oponen a las mareas del agua por su hermeticidad como conjunto y por la impermeabilidad relativa de sus cimentaciones y empotramientos. Coordinadamente, ellas combinan propiedades hidráulicas y estructurales para mantener la transminación dentro de límites tolerables y canalizada en tal forma que las estructuras en trabajo estén y se mantengan seguras.

Los materiales y métodos de construcción crean presas de muchos tipos. Los siguientes son los más comunes: a) presas de terraplén de tierra, roca o ambas; y b) presas de mampostería (actualmente presas de concreto primordialmente) construidas como estructuras de gravedad, arqueadas o de contrafuertes.

Las presas y diques se han utilizado en Guatemala algunas veces para proyectos en área urbana y no para programas de abastecimiento de agua en zonas rurales; por lo tanto sólo se hace mención general de éste tipo de captación superficial y no se entra en detalle.

E. Captación de Aguas Subterráneas

1. Hechos y mitos

El suministro y desarrollo de los suministros subterráneos de agua es una empresa de ingeniería dirigida y deberá ser ejecutada en este sentido.

La fe en la localización mágica de agua carece de fundamento científico. La vara,

generalmente una horqueta con sus extremos libres dirigidos hacia el buscador, es mantenida por él en delicado equilibrio. El menor movimiento de sus muñecas hace que la horqueta se incline hacia abajo. Las aguas subterráneas no tienen conexión alguna con esta maniobra de la horqueta ni con el desorientado o desorientante buscador.

La fe incuestionable en la seguridad higiénica del agua subterránea es también efímera. El agua que proviene de los pasajes de solución en las calizas y formaciones geológicas relacionadas o de un área de captación poluida cercana a las obras de extracción del agua subterránea, debe verse con sospecha. Para tener seguridad, las arenas y otros suelos de grano fino o de rocas pueden ayudar a remover contaminantes y poluyentes de aguas percolantes, siempre que éstas sean forzadas a desplazarse a través de espesores razonables de estructuras geológicas de esta clase. Sin embargo, existen contaminantes -nitratos y fluoruros en alta concentración, por ejemplo- que no se remueven, ni por los mejores suelos o rocas. No es sorprendente, por lo tanto, que se hayan encontrado brotes de enfermedades hídricas ocasionadas tanto por aguas subterráneas como por aguas superficiales. En términos generales, el área cercana a la toma de las obras de captación es el área que debe protegerse. También tienen cierto interés, las creencias falsas sobre la procedencia de las aguas subterráneas y la persistencia de su rendimiento. Es cierto que las aguas subterráneas son transportadas en acuíferos adecuados a grandes distancias. Sin embargo, los volúmenes de flujo están limitados, estrictamente, al área de la toma, es decir, a la extensión de su captación y a la cantidad de precipitación pluvial o de flujo de corrientes que alcance a las formaciones permeables. Tampoco asegura la profundidad, por sí sola, la capacidad de lo que a menudo se ha llamado un suministro artesiano, cuando se perforan pozos en roca arqueana consistente. Ningún suministro subterráneo es inagotable. Un aprovechamiento sobrebombeado fallará, no importa dónde se encuentre situado; y un consumo en exceso,

cercano al mar, permitirá que se introduzca agua salada hacia un acuífero sujeto a bombeo en exceso.

Finalmente la buena administración de los recursos subterráneos, requiere la definición de un sistema de leyes, derechos e igualdad fácilmente entendido y en vigor.

A cambio de las dificultades de esta clase, el suelo puede ofrecer un suministro naturalmente más puro, económico y satisfactorio de agua del que puede abastecer la superficie de la tierra. Si se conservan las aguas disponibles y, si es necesario, se suplementan mediante una recarga adecuada procedente de recursos superficiales, pueden servir bien y por extensos períodos. Si no se administran con cuidado y precaución, fallarán en cantidad y se deteriorarán en calidad. En algunos lugares tendrán que ser abandonadas.

2. Características comunes de las obras de captación

El bombeo es la característica esencial de la mayor parte de las obras para aguas subterráneas. Un funcionamiento satisfactorio requiere que la altura de succión, al incluir las pérdidas a la entrada y en la tuberías, se mantenga a menos de 25 pies (7.6m). Cuando el nivel freático se encuentra a mayores profundidades que ésta, el tubo o ducto colector que conduce a la bomba, y la unidad misma de bombeo deberán colocarse bajo el nivel del suelo, o los pozos deberán dotarse individualmente con bombas de pozo profundo. Las galerías filtrantes conducen sus aguas por gravedad a los pozos de bombeo; desde éstos se eleva el agua a las obras de purificación o directamente a la comunidad. Rara vez es posible el flujo por gravedad, como el procedente de las fuentes de tierras altas. Constituyen excepción los manantiales situados en la base de las montañas, los túneles colectores perforados en las laderas de las colinas y los pozos

artesianos brotantes, que se encuentran situados a suficiente altura sobre la comunidad. Los conductos de succión y de flujo por gravedad -en particular los ductos de succión- son vulnerables a contaminación desde fuentes situadas en sus inmediaciones. (ver fig. 3.3).

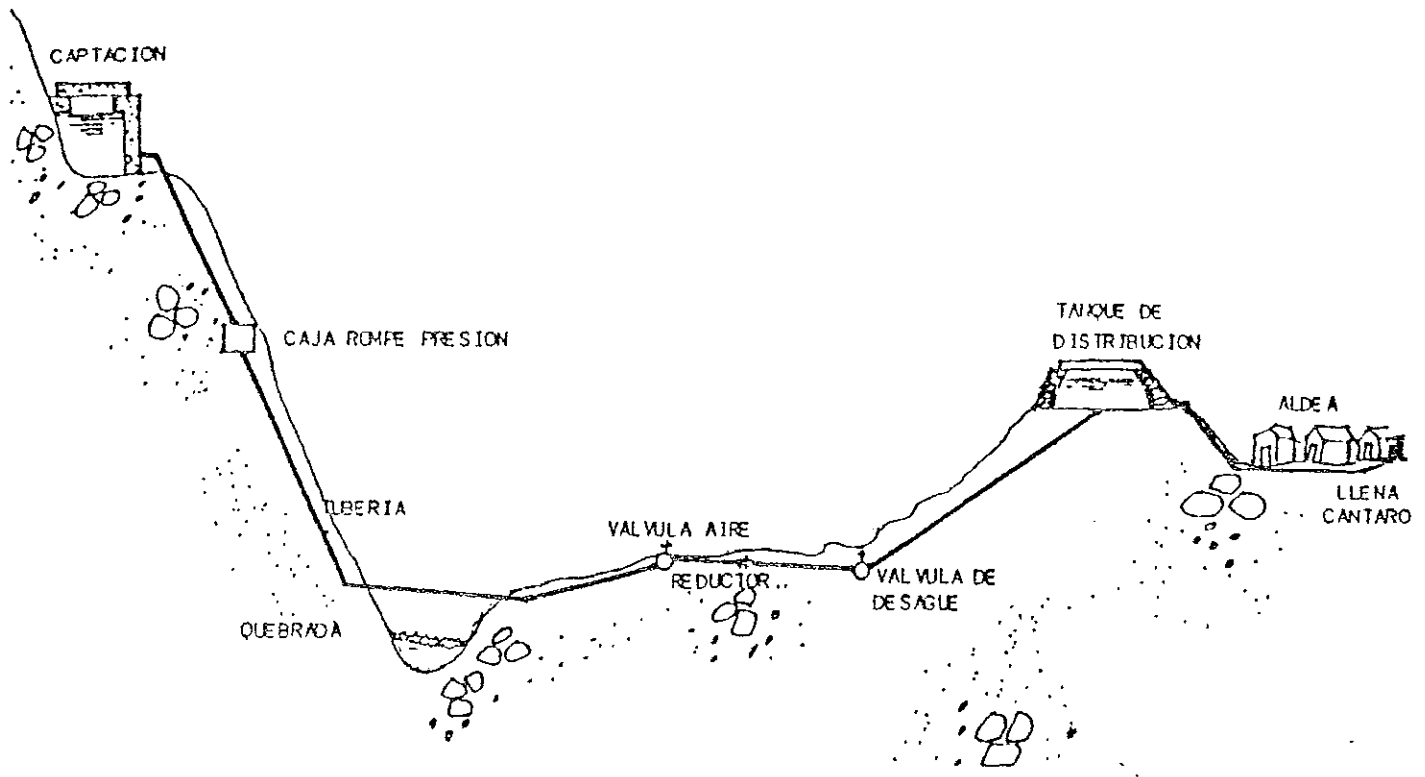


Fig. 3.3.

Partes de que consta un acueducto rural por gravedad.

(Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 1,996.)

El agua al ser extraída del suelo, desprende los gases que pueda contener. Al hacerlo, debe pasarse a través de un tanque separador de aire, del cual se evacúan por bombeo los gases liberados. Al mismo tiempo o subsecuentemente, la arena u otros gránulos del suelo, introducidos al agua y procedentes del acuífero, tendrán que ser

removidos. Ésto se realiza, por choque o por sedimentación, mediante un separador de arena. En esta forma se protegen las bombas y las tuberías contra la abrasión.

Ordinariamente, el ingeniero dedica su atención, no tanto a la operación de perforación, como a la propiedad, conveniencia y economía de los aprovechamientos propuestos y a la localización de las obras. En adición, se le llama para: 1) seleccionar el tamaño, número y distribución de los pozos; 2) especificar el equipo de bombeo y accesorios; 3) asegurar que se emplee un contratista confiable; 4) supervisar la prueba y desarrollo de los pozos terminados; 5) ver que los pozos y tuberías sean adecuadamente desinfectados antes de ser puestos en servicio, y 6) asegurar la prevención de contaminación del suministro en funcionamiento desde las fuentes de polución, tanto superficiales como subterráneas.

El tamaño, número y distribución de los pozos están determinados por la cantidad y profundidad del agua que va a extraerse, la hidrología e hidráulica de los acuíferos disponibles, y los métodos de bombeo propuestos.

Los pozos excavados amplios, de 6 pies (1.82 m) o más diámetro, se construyen generalmente, sólo donde el agua subterránea tiene poca profundidad y el almacenamiento dentro del pozo compensa las variaciones en el gasto de bombeo. Donde la permeabilidad del suelo es demasiado baja para mantener un sólo pozo abastecido con suficiente agua, este pozo puede ser reemplazado por otros varios.

Pueden bombearse grupos de pozos poco profundos, si se conectan a líneas de succión conducentes a una estación común de bombeo. Para que un sistema de esta clase trabaje, deben permanecer sumergidos los coladores de los pozos, o fondos de las columnas, y las líneas de succión deben carecer de fugas de aire. La principal desventaja de este diseño es que los pozos deben encontrarse normalmente situados tan cerca uno del otro (de 50 a 200 pies entre centros) (15.1 a 61 m), que los conos de depresión o

círculos de influencia se sobreponen demasiado, para tener eficiencia. Solamente el agua que se filtra a la superficie del campo o la que fluye lateralmente hacia él, es colectada. El bombeo de todo un campo de pozos cercanamente situados puede ser menos productivo que el bombeo de un grupo selecto de pozos adecuadamente espaciados.

Los diámetros de los pozos deberán dimensionarse de acuerdo con el abatimiento y el rendimiento. Sin embargo, los métodos de perforación y los requerimientos de espacio para la maquinaria de bombeo gobiernan, en realidad, más frecuentemente el tamaño del pozo que las consideraciones hidráulicas. Los coladores o rejillas, así como las tuberías de elevación, deberán ser suficientemente grandes para mantener las pérdidas a la entrada y otras resistencias al flujo dentro de los límites razonables a los gastos máximos de bombeo. Las velocidades en las tuberías de elevación se mantienen comúnmente a no más de 2 ó 3 pps (0.61 a.91 m/seg).

Los métodos de construcción dependen primordialmente de la naturaleza del suelo o roca que va a penetrarse. Los costos de construcción varían con el tamaño, profundidad y diseño, así como con el equipo y experiencia de los perforadores locales. Los diseños mejoran y los costos disminuyen conforme se tiene en disponibilidad información geológica e hidrológica regional. Los buenos registros de pozos proporcionan utilidad, si suministran: 1) descripciones apropiadas de las formaciones encontradas; 2) velocidades de penetración de las barrenas, y 3) cantidades de agua extraída, así como otra información pertinente. Al terminarse el pozo, el registro del perforador puede complementarse: 1) por calibración de las zonas de cavado; 2) medición de las condiciones del subsuelo por potenciales y resistencias eléctricas, y 3) determinar las porosidades y el contenido de humedad.

La introducción al diseño y operación de un sistema óptimo es cuestión de la profundidad, espaciamiento, diámetro, gasto de bombeo y otros extremos de importancia, así como de la hidrología e hidráulica de la fuente.

3. Captación de Agua Subterránea

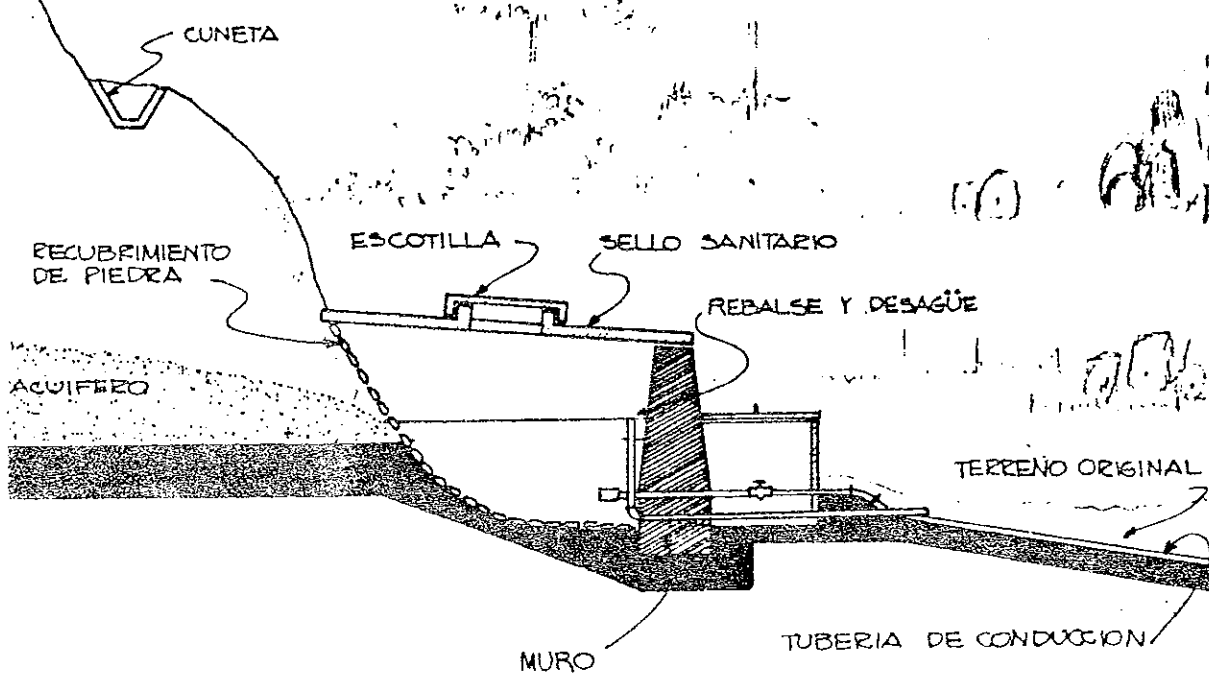
a. Manantiales

La calidad del agua subterránea, es más limpia, más pura y fresca que las aguas superficiales. Es el tipo de captación más usado en el abastecimiento de agua rural, ya que muchas veces no es necesario tratarlas.

Las captaciones se construyen de manera que el agua quede aislada del medio ambiente y así se evita que se contamine.

Las captaciones deben llenar los siguientes requisitos: (*ver fig. 3.4*).

1. Los materiales que se usarán no deben alterar la calidad del agua (lo más recomendable: mampostería o concreto).
2. Tener rebalse para dar salida a excesos de agua en invierno.
3. Proteger de la entrada de aguas superficiales exteriores.
4. Proteger de la entrada de insectos, animales y contaminaciones exteriores.
5. Tener escotilla de visita para inspección y limpieza.
6. Que esté provista de pichacha o rejilla, y sus válvulas respectivas.



CAPTACION

SIN ESCALA

Fig. 3.4.

Detalle de Captación de agua subterránea. Manantiales.

(Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 1,996.)

Obra de Captación

Definición. Es toda estructura realizada con fines de coleccionar el agua de las fuentes. El trabajo consiste en hacer la obra civil necesaria para efectuar la captación.

Requisitos de construcción. (fig. 3.5) Estas estructuras se construirán de concreto o mampostería de piedra de acuerdo a los planos, que utilizan los procedimientos de construcción específicos para este tipo de obras, y que usan piedra graduada a manera de filtro. Deberá tratarse en lo posible mantener las condiciones naturales del sitio de captación y cuando haya necesidad de realizar algún trabajo adicional, éste deberá ser para mejorar las condiciones naturales del sitio. Se deberá tener especial cuidado en no deforestar el área ni dejar desechos de construcción que alteren la ecología del lugar.

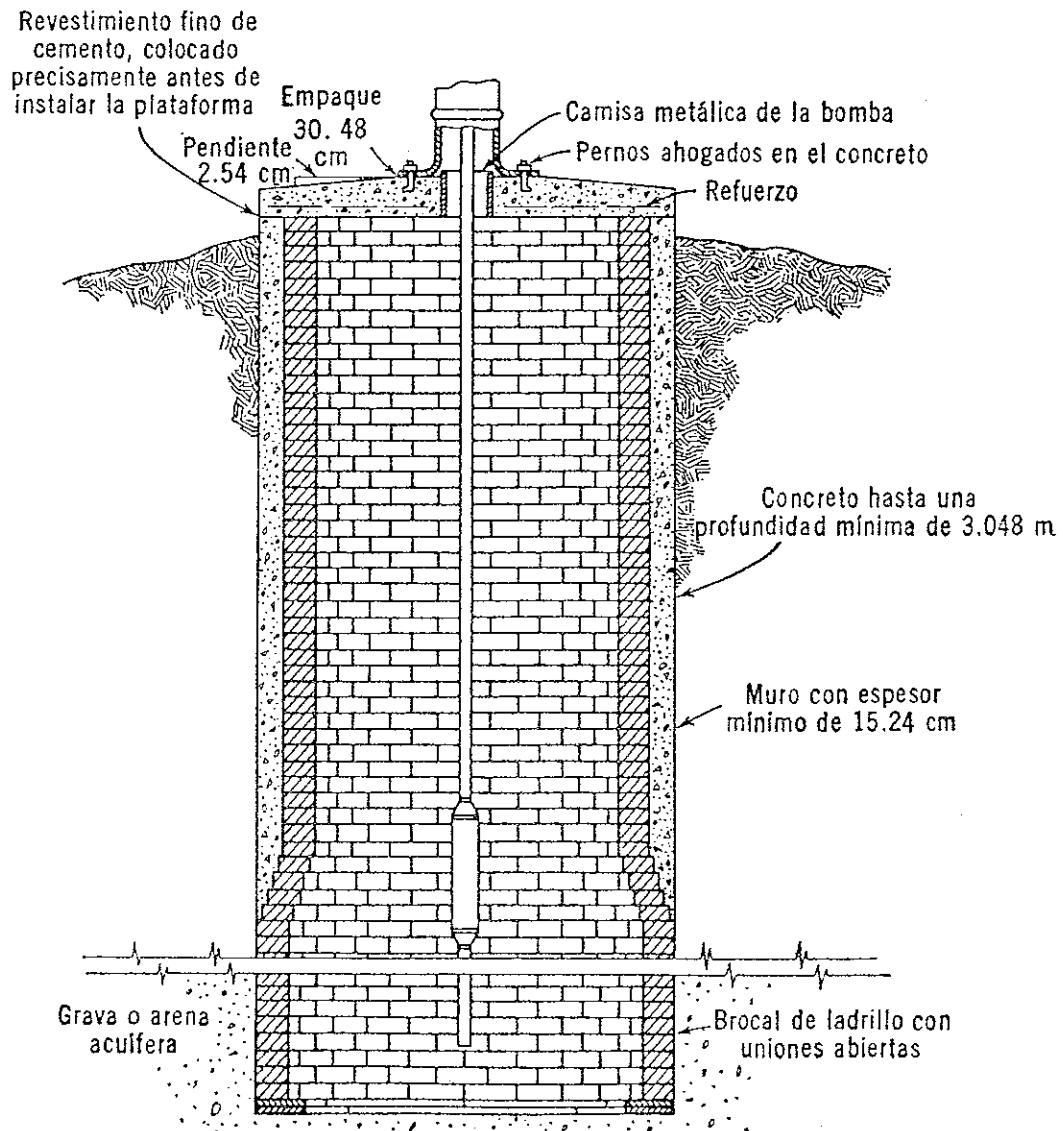
b. Construcción de pozos

Los pozos se perforan generalmente en alguna de las formas que a continuación se detallan:

Pozos cavados. Los pozos cavados pequeños se abren a mano, generalmente. En terrenos o suelos superficiales se les adema con madera, o se les reviste con ladrillo, piedra en bruto, concreto, o bien, se les recubre con tubo vitrificado de barro o tubo de concreto de gran diámetro. (ver fig. 3.6).

Fig. 3.6. Pozo cavado y su protección sanitaria; pozo pequeño de mampostería.

(Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Fair, G; Geyer, J.; Okun, D.. México. 1968.)



La excavación se continúa hasta que el agua fluye al interior con mayor rapidez de la que puede extraerse. Los pozos cavados deberán ser acabados estructuralmente cuando el nivel freático se encuentra a su nivel mínimo o cerca de él. Los pozos excavados grandes y profundos, frecuentemente se contruyen hundiendo sus revestimientos conforme procede la excavación. El anillo de plomo tiene un borde de acero para corte; se agregan nuevos anillos conforme procede la excavación. Las campanas neumáticas permiten a pozo penetrar de 15 a 20 pies (4.57 a 6.1 m) bajo el nivel freático. *Ver fig. 3.6.*

Pozos clavados y abiertos a chorro. Los pozos pueden clavarse en formaciones de arena de poca profundidad.

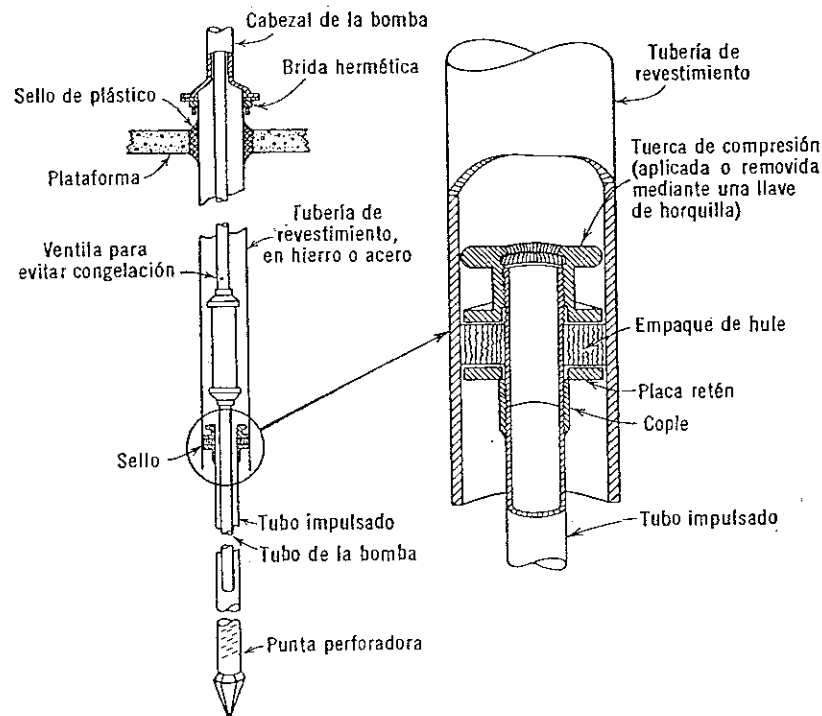


Fig.3.7. Pozo clavado y su protección sanitaria.

(Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Fair,G; Geyer,J; Okun,D.. México. 1968.)

La punta - guía se encuentra conectada a un colador o a una sección de tubo perforada. Para reducir la fricción, la punta es algo mayor que el entubado. El peso para accionar comúnmente se suspende de un bloque conectado a un trípode. En suelo duro, una zapata cilíndrica, equipada con chorros de agua, afloja el suelo y lo arrastra hacia la superficie. Para abastecer una cantidad suficiente de agua, pueden conectarse baterías de pozos clavados a un tubo de succión múltiple. *Ver fig. 3.7.*

Pozos barrenados. Pueden barrenarse pozos manualmente o por medio de barrenas mecánicas en suelos suficientemente coherentes (no derrumbables). Sobre el nivel freático, el suelo se mantiene normalmente en la barrena, la cual debe levantarse de tiempo en tiempo, para limpiarse. Bajo el nivel freático, la arena puede ser arrastrada de la barrena; entonces deberá ser removida del pozo mediante un achicador o bomba de arena. Conforme el pozo aumenta en profundidad, se agregan secciones de varilla al vástago de la barrena. Se han empleado con éxito barrenas hasta de 36 pulg (91.44 cm) de diámetro y los pozos se han ampliado hasta 48 pulg (1.22 m) por rimado. Se inserta una cubierta de concreto, antes de colocar la rejilla.

Pozos perforados. Los pozos perforados se taladran, ya sea por percusión o por perforación rotatoria.

Perforación por percusión. Un grupo de herramientas, incluye una barrena chata o con extremo de cincel, un vástago para barrena, percutores y una conexión para cable, todos ellos conectados mediante uniones roscadas cónicas. Un brazo excéntrico, polea reciprocante o viga de balancín hace subir o bajar las herramientas dentro del pozo húmedo. El cable de perforación debe sufrir una elongación cuando la barrena golpea el fondo. El resorte de retorno en el cable

evita que la barrena se trabe o que las herramientas se aplasten. Como su nombre lo indica, los percusores (dos uniones pesadas y flojas con aspecto de cadenas) ayudan a sacudir y aflojar la barrena en su desplazamiento hacia arriba. El perforador gira la barrena y juzga el funcionamiento de las herramientas por el tacto del cable de perforación.

Perforación rotatoria. En perforación rotatoria, se sujeta una punta de corte a una barrena de perforación hueca, que se hace girar rápidamente mediante una mesa rotatoria operada a motor. Se bombea hacia abajo, ya sea agua o una suspensión de arcilla coloidal a través del tubo de perforación, que fluye por las aberturas de la barrena y transporta el material desprendido a la superficie. Las suspensiones de arcillas están diseñadas para reducir la pérdida de fluido de perforación hacia las formaciones permeables, lubricar el tubo rotatorio de perforación, unir la pared para evitar derrumbamientos y suspender los materiales cortados. Al perforar para extraer agua, la espesa arcilla barrenada puede ser forzada hacia el interior del acuífero y reducir el flujo al pozo.

i.) Muro de grava y pozos colectores

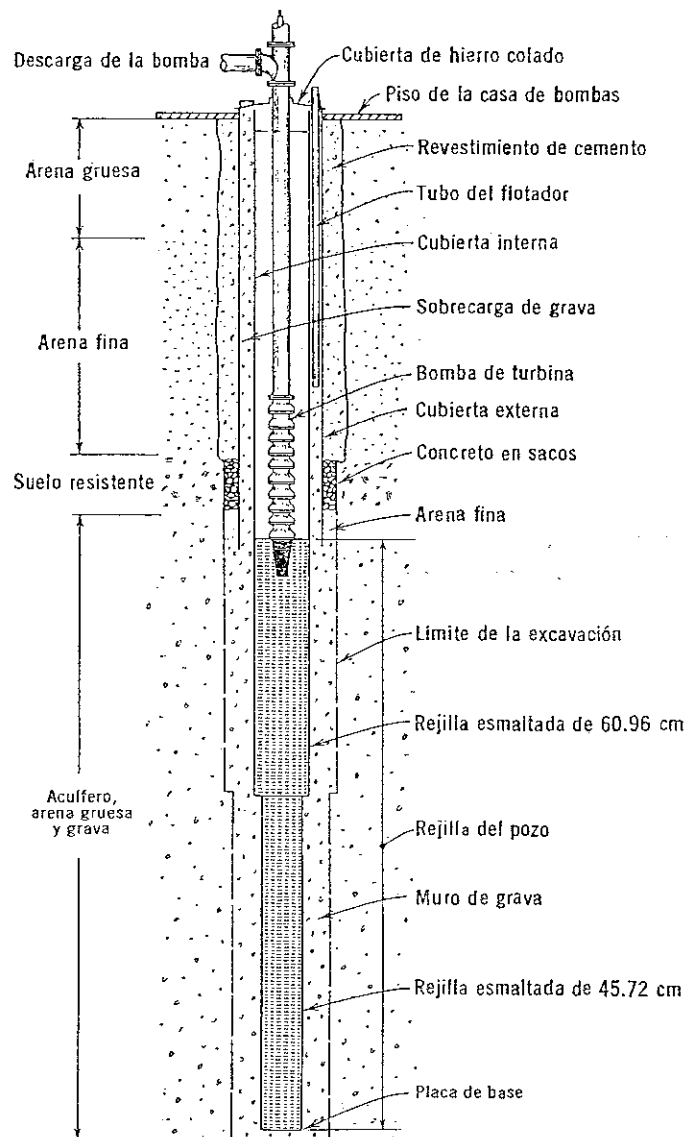
El área de influencia de los pozos puede aumentarse mediante el incremento de su diámetro efectivo. Hacen ésto el muro de grava y los pozos colectores.

Como se muestra en la *fig. 3.8* una cubierta de grava colocada por fuera de la rejilla del pozo, crea un muro de grava y con él, una mayor cubierta para la toma. Esto reduce la velocidad del agua que sale del acuífero y forma un filtro que mantiene la arena fuera del pozo. En primer lugar se perfora y se rima un hoyo del tamaño deseado para el pozo (24 pulg o más) (61 cm o más). A continuación se aplica un revestimiento externo y se

limpia el acuífero antes de insertar una cubierta interna más pequeña, que lleva la rejilla del pozo. Posteriormente, se alimenta grava al anillo colocado entre ambas cubiertas. Un pistón operado con rapidez hacia arriba y hacia abajo dentro de la cubierta, ayuda a compactar la grava. Los pozos con muro de grava pueden succionar arena al ser puestos en operación y también pueden resbalar algo de arena hacia las partes circundantes; esta arena tendrá que reponerse de tiempo en tiempo.

Fig. 3.8. Pozo empacado con arena, dotado de bomba de turbina.

(Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Fair, G; Geyer, J.; Okun, D.. México. 1968.)



Los pozos colectores extraerán suministros relativamente grandes de agua subterránea de rellenos de valles y otros depósitos aluviales de gran permeabilidad y relación de recarga alta. La flecha central de los pozos colectores es una caja de concreto de aproximadamente 15 pies (4.56 m) de diámetro y terminada bajo el nivel freático en un grueso tapón de concreto. Desde esta flecha, se extienden colectores radiales de 6 u 8 pulg (15.2 o 20.3 cm), de diámetro horizontal hacia la formación acuífera a través de aberturas cercanas al fondo de la caja. Puede instalarse y desarrollarse una serie de tubos colectores en la misma forma que los pozos verticales ordinarios.

ii.) Cementación y sellado

El tubo externo o cubierta del pozo deberá sellarse en su lugar mediante llenado del espacio anular entre la cubierta y el hoyo del pozo con lechada de cemento o cualquier otro material impermeable hasta el acuífero o el nivel freático. Esto corta el flujo descendente de aguas cercanas, evita la erosión del hoyo, protege a la cubierta contra corrosión exterior y demora la falla del pozo cuando la cubierta se oxida.

La lechada para sellado se prepara al agregar de 4 a 6 gal (15 a 22.5 lt) de agua a cada saco de cemento de 94 lb (42.6 Kg). La lechada se bombea más fácilmente si se agregan cal, arcilla, mica o fibras de celulosa (u otros lubricantes). Además, se pierde entonces menos lechada a las formaciones sobre el acuífero. El recubrimiento es continuo y uniforme. La inyección es hacia el fondo del ánulo y desplaza agua y lodo de perforación del espacio conforme la lechada sube a la superficie.

El cementado no sólo asegura la extracción de agua confiable de los pozos; también previene la contaminación de valiosos recursos hidrológicos por los pozos profundos destinados a evacuar salmueras y otros desechos industriales. Adicionalmente,

el cementado simplifica el relleno y sellado al final de su vida útil. En la *fig. 3.9* se muestra un pozo apropiadamente cementado.

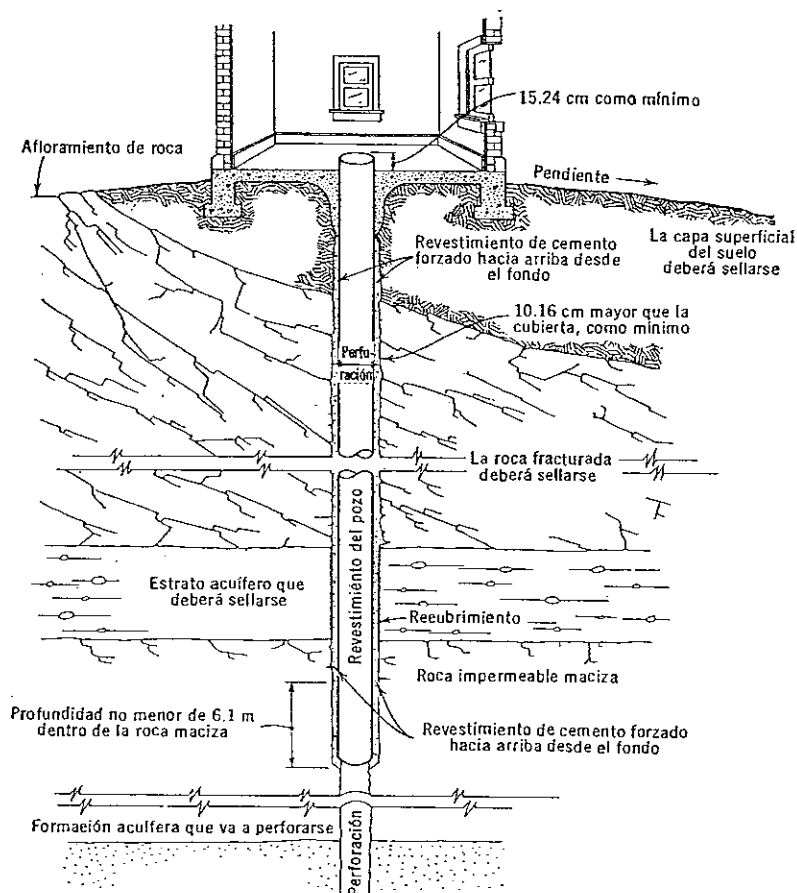


Fig. 3.9. Pozo Perforado y su protección sanitaria.

(Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Fair,G; Geyer,J; Okun,D.. México. 1968.)

iii.) Coladores para pozos

Cuando la lechada de cemento ha fraguado, el hoyo se continúa hacia abajo, hasta que entra un colador o rejilla en línea con el acuífero. Los buenos coladores para pozos

ofrecen escasa resistencia al flujo, pero retienen la arena indeseable. En acuíferos de material fino y uniforme, las aberturas de la rejilla deben ser lo suficientemente cerradas para detener los finos. En acuíferos de partículas que varían ampliamente en tamaño, la capacidad del pozo se aumenta si las aberturas del colador permiten que los finos dejen penetrar al pozo las partículas gruesas que quedan en un mayor espacio hueco. Se genera así un filtro graduado alrededor del pozo. En arena, pueden extraerse finos hasta por 50 a 80 % del total. Las rejillas resistentes a la corrosión son más durables, pero más costosas que las cubiertas ranuradas.

iv.) Desarrollo y prueba de pozos

El lavado, la operación intermitente y la dotación de equipo de los pozos previos a la iniciación de su operación reciben el nombre de desarrollo del pozo. Para limpiar de arcilla el acuífero en las cercanías del pozo, puede agregarse calgon (NaPO_3)₆, o ácido muriático (HCl comercial) al pozo durante la operación intermitente. Puede suministrarse la alta capacidad para bombeo y retrolavado mediante equipo temporal. Cuando ya no entra arena al pozo, se determina la capacidad específica, o rendimiento por pie (0.3048m) de abatimiento de la instalación por bombeo a diferentes gastos durante un lapso suficientemente largo, para obtener niveles de agua relativamente estables. La información obtenida se pone en servicio para seleccionar el equipo permanente y determinar las características hidráulicas del equipo y del pozo. Sin embargo, para encontrar los rendimientos seguros a largo plazo, deberá explorarse completamente la hidrología del acuífero.

4. Equipo de bombeo

En el mercado se encuentran muchos tipos de bombas para satisfacer la amplia variedad de requerimientos de capacidad, profundidades del agua y fuentes de potencia.

Los sistemas domésticos emplean comúnmente alguna de las siguientes bombas: 1) para elevaciones inferiores a 25 pies (7.6 m), una pequeña bomba reciprocante de pistón; para elevaciones hasta de 125 pies (38 m), una bomba centrífuga a la que se eleva el agua mediante recirculación de parte de la descarga a un eyector; y 3) para elevaciones que no pueden manejarse por bombas de chorro, una bomba de cilindro instalada en el pozo y accionada mediante varillas a través de un martinete montado en la cabeza del pozo. Los sistemas a elección incorporan normalmente tanques de depresión, para obtener una operación uniforme con la acción de interruptores de presión. El mismo pozo puede proporcionar suficiente almacenamiento para cubrir las diferencias entre la demanda de gastos de la casa y los flujos del acuífero. Por esta razón los pozos domésticos se hacen rara vez con profundidades menores de 100 pies (30.48 m), aun cuando el nivel freático se encuentre a unos cuantos pies bajo la superficie del suelo. Los pozos profundos y los equipos de bombeo mantienen el suministro cuando los niveles de las aguas subterráneas se abaten durante sequías rigurosas o cuando los pozos cercanos se consumen súbitamente.

Los sistemas de alta capacidad se equipan normalmente con bombas centrífugas o de turbina, accionados mediante motores eléctricos. Se monta un número suficiente de tazonas de bomba, uno sobre otro, que proporcione la presión necesaria para vencer las cargas estáticas o dinámicas a los niveles más bajos de agua. La *fig. 3.8* muestra una bomba de turbina instalada en un pozo. La *fig. 3.10* presenta la instalación de un motor

para accionar una bomba desde la superficie. Para cantidades y elevaciones moderadas, se introducen en el pozo bombas y motores sumergibles, ensamblados en una sola unidad. El agua que se bombea, enfría los motores compactos normalmente usados. Los pozos de alta capacidad deberán dotarse de dispositivos medidores adecuados. Los registros continuos de niveles de agua y gastos de consumo proporcionan medios para comprobar la condición del equipo y el comportamiento de la fuente de suministro. Esta es una información esencial en el estudio y administración del recurso de aguas subterráneas.

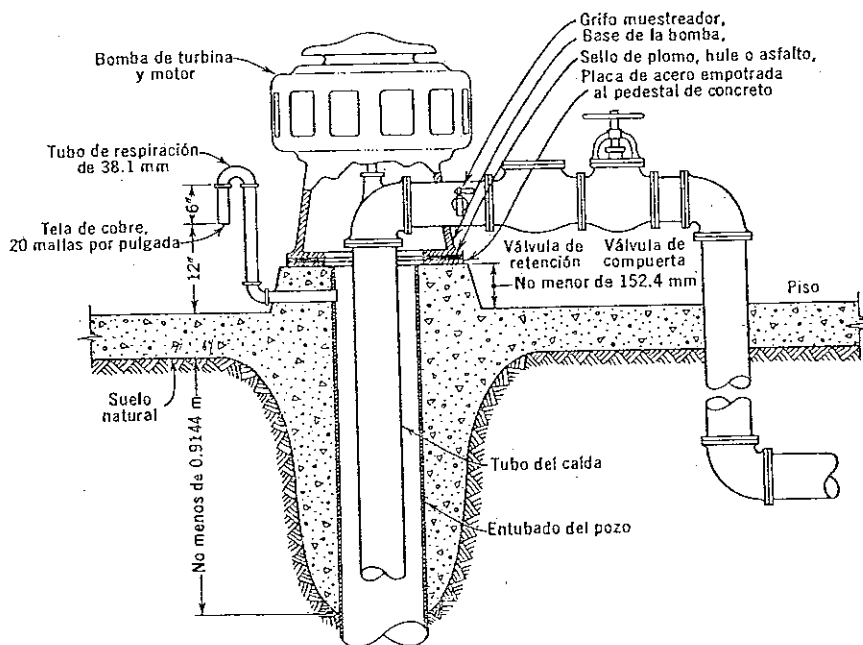


Fig. 3.10 Motor para bomba sumergida.

(Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Fair, G; Geyer, J; Okun, D.. México. 1968.)

a. Bombas de Mano utilizadas en abastecimientos de agua en zonas rurales

i.) Bomba Manual " Maya "

Esta es una bomba de acción directa, es decir la acción sobre el mango se transmite directamente al émbolo o pistón (tipo inflador). La bomba Maya se fabrica en Guatemala con el apoyo de UNICEF, y su diseño está basado en el concepto BOMBO (bomba de operación y mantenimiento a nivel del poblado); bajo este concepto es una bomba que consta de partes bastante sencillas, por lo que su instalación y mantenimiento son bastante fáciles y prácticos.

Su estructura la componen principalmente las siguientes partes:

- Un cabezal de hierro galvanizado
- Un émbolo de 1 1/4" x 1 m. de PVC
- Un cilindro de 2" x 1 m. de PVC con filtro
- Una válvula de pie de PVC de 2"
- Tubería PVC de 2" (160 psi)
- Tubería PVC de 1 1/4" (250 psi)

La Bomba Maya, está diseñada para funcionar en pozos con profundidades comprendidas entre 5 y 14 metros máximo. Con esta bomba pueden beneficiarse un promedio de 10 a 12 familias, y no son capaces de elevar el agua a tanques elevados.

Una gran ventaja sobre las bombas aspirantes, es que la Bomba Maya no necesita cebado, por mantener el cilindro dentro del agua. Otra ventaja es su fácil instalación,

realizándose sólo cortes y uniones en la tubería PVC, según sea la profundidad del pozo.

Estas bombas pueden ser instaladas en pozos de predios comunales, escuelas y puestos de salud, no así en pozos particulares, a menos que se justifique el uso de éstos a nivel comunal mediante un acta de compromiso de uso de los mismos.

Guía de instalación:

Esta guía está preparada para las personas responsables de la instalación, Técnicos en Salud Rural, Inspectores de Saneamiento o Supervisores de Saneamiento Ambiental.

Para realizar la instalación se deberán seguir paso a paso las instrucciones dadas en esta guía; de ninguna manera se deberán improvisar piezas o partes de la bomba en el lugar de la instalación, pues esto anularía la garantía de fábrica. Antes de realizar la instalación de la bomba, se deben verificar sus componentes. Cualquier discrepancia en las dimensiones, acabado, fallas, etc. deberá comunicarse a la División de Saneamiento del Medio.

Verificado de las partes de la bomba

Es de vital importancia que la persona que va a realizar la instalación, se percate de tener todas las partes de la bomba, para ello debe chequear el *cuadro 3.1* y ver la *fig. 3.11*, Componentes de la Bomba Maya.

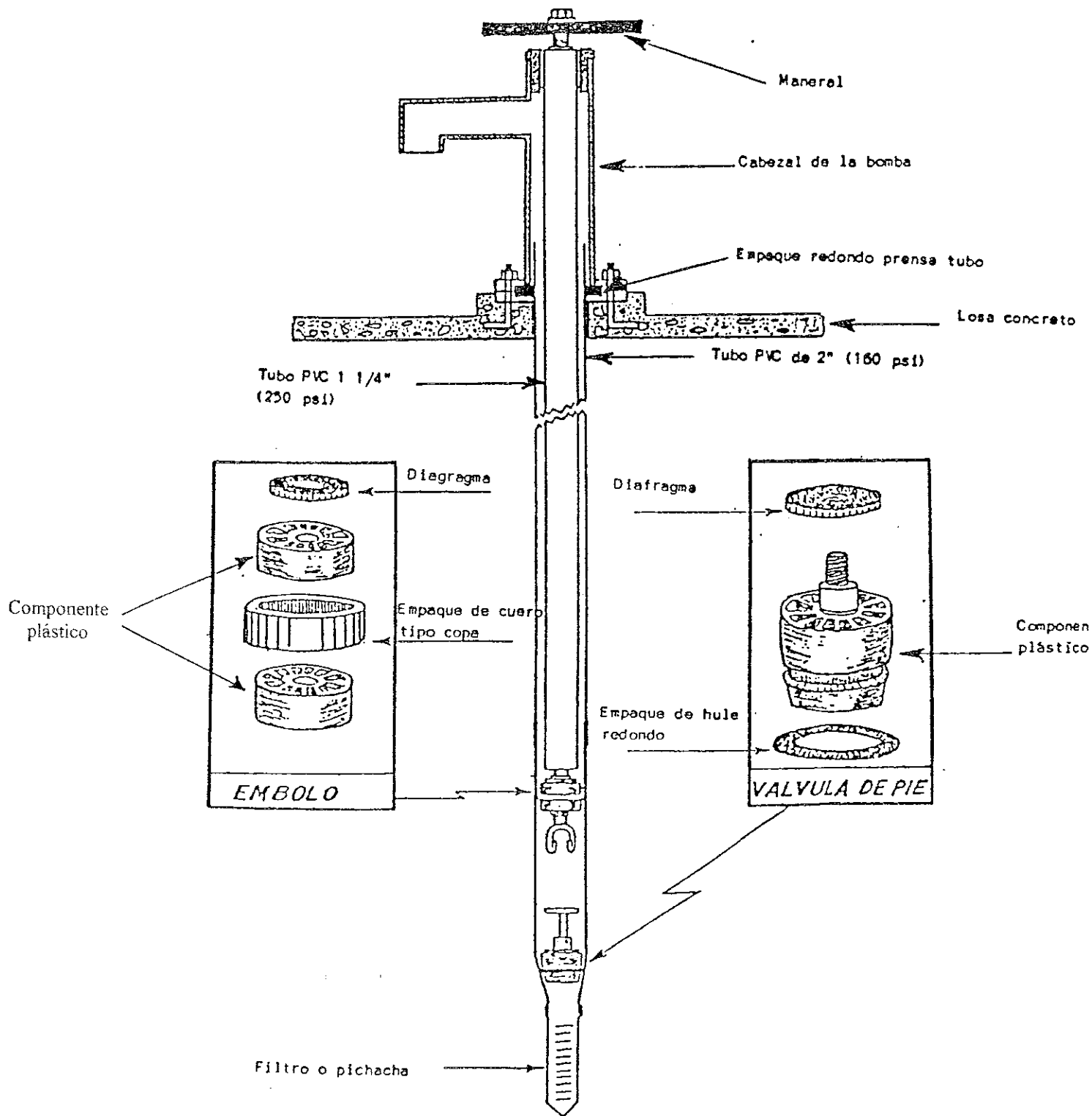


Fig. 3.11. Componentes de la Bomba Maya.

(Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 1,996.)

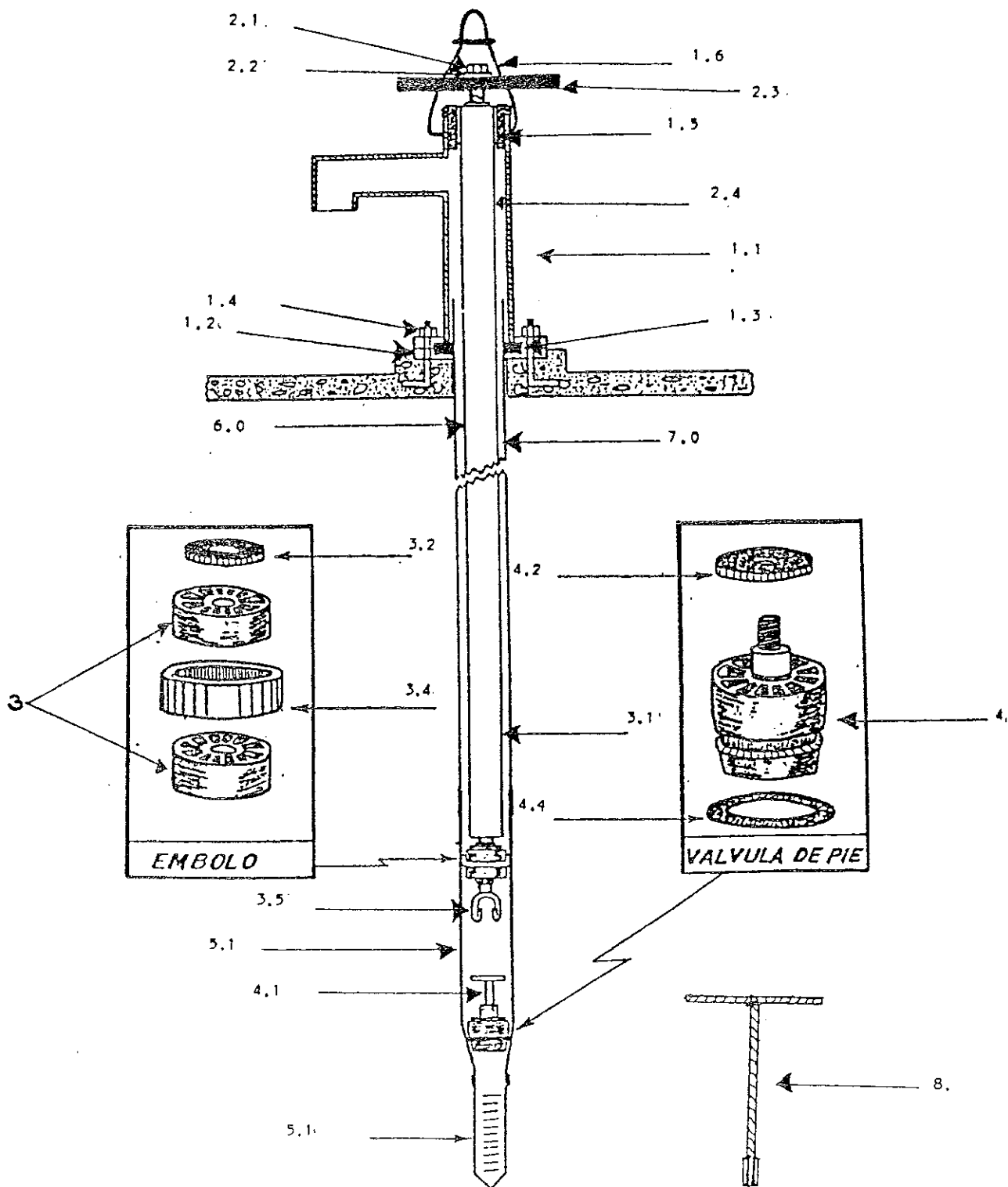


Fig. 3.11. Componentes de la Bomba Maya

(Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 1996.)

NOMBRE	COMPONENTES	No. DE LA PARTE	CANTIDAD	OBSERVACIONES
CABEZAL	Cuerpo de la bomba	1.1	1	
	Platillo base	1.2	1	Fundido en la tapa del pozo Previo a la instalación
	Empaque redondo prensa tubo	1.3	1	
	Tuercas ajustadoras de cabezal	1.4	3	Deben quedar en el platillo a la hora de fundirlo
	Bushing guía (capuchón)	1.5	1	
	Gancho de retención	1.6	1	
MANERAL	Tornillo de maneral	2.1	1	
	Arandela o guasha	2.2	1	
	Mango	2.3	1	
	Barra del maneral	2.4	1	
EMBOLO	Barra de émbolo	3.1	1	
	Diafragma	3.2	1	
	Componentes plásticos	3.3	2	
	Empaque de cuero tipo copa	3.4	1	
	Gancho pescador de válvula	3.5	1	

NOMBRE	COMPONENTES	No. DE LA PARTE	CANTIDAD	OBSERVACIONES
VALVULA DE PIE	Tee de válvula	4.1	1	
	Diafragma	4.2	1	
	Componente plástico con tornillo	4.3	1	
	Anillo retenedor de válvula	4.4	1	
FILTRO O PICHACHA	Tubo PVC de 2" x 1.00 m con reducción y filtro	5.1	1	
	Tubo PVC de 1 ¼"	6.0	Tubos	Según prof. del pozo
	Tubo PVC de 2"	7.0	Tubos	Según prof. del pozo
	Varilla de desarme	8.0	1	Para cambio de empaques de válvula

CUADRO 3.1

Herramientas y material para una buena instalación: la persona que se encargue de realizar la instalación de la Bomba Maya, debe contar con la siguiente herramienta y material:

Herramientas:

- Cangrejo de 10"
- Sierra Mecánica
- Lima mediana o lija mediana

- Desarmador plano de 25 cm
- Martillo
- Alicates.

Materiales:

- Pegamento para PVC
- Pita de nylon de 20 mts. de largo
- Metro de 3 a 5 mts. Mínimo
- Cuchillo o navaja
- Trapos para limpieza
- Cuaderno
- Bolígrafo
- Fósforos.

Preparación para instalar la bomba "Maya"

Primer Paso

Mediciones del Pozo (Ver fig. 3.12)

Se deben realizar tres mediciones importantes del pozo, éstas son:

1. Profundidad total del pozo (P.P.): esta profundidad se obtiene si se amarra una piedra a la pita de nylon dejándola caer en el pozo desde el platillo base hasta que toque el fondo del mismo.
2. Profundidad del agua (P.A.): esta profundidad es la parte mojada de la pita de nylon.
3. El nivel de agua (N.A.): este se obtiene al restar a la profundidad del pozo (P.P.) la profundidad del agua (P.A.), es decir: $N.A. = P.P. - P.A.$

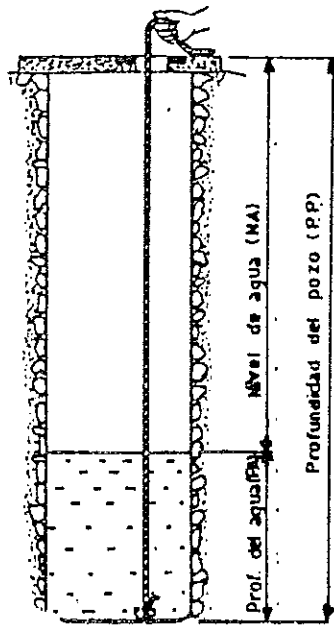


Fig. 3.12. Mediciones del Pozo para Instalación de Bomba Maya

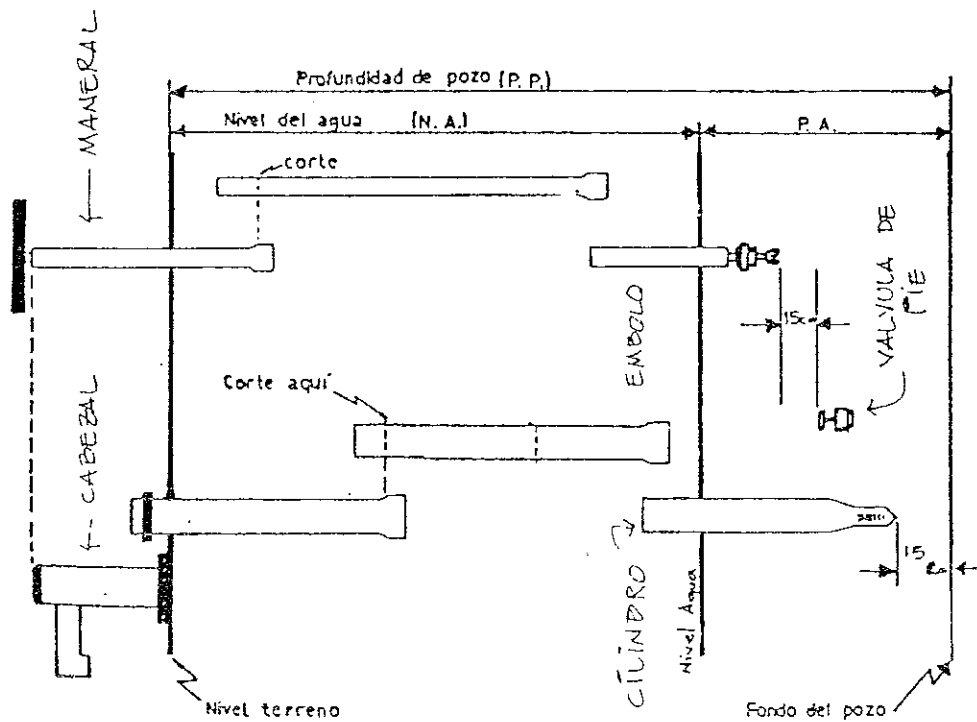


Fig. 3.13. Traslado de las medidas del Pozo al suelo

(Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 1,996.)

Segundo Paso

Traslado de las medidas del pozo al suelo (*Ver fig. 3.13*)

Con las medidas que se obtuvieron anteriormente, se simula el armado de la bomba en posición horizontal (sobre el suelo), rayándolas en el suelo.

- Preparación de las tuberías para el corte. Después de marcar en el suelo las dimensiones del pozo, se deben acomodar las piezas de la bomba de tal forma como sucedería en el mismo pozo al estar instalada, se siguen estos pasos: (*Ver. fig. 3.13*)

1. Colocar el cabezal de la bomba por encima del nivel del terreno.
2. Colocar la punta del filtro del cilindro a 15 centímetros del fondo del pozo.
3. Colocar el mango "T" de forma tal que esté en posición de bajada, es decir, al mismo nivel que el bushing, guía o capuchón.
4. Colocar la válvula de pie junto al cilindro donde se encuentra la reducción del mismo. (*Ver fig. 3.13*).
5. Colocar la parte inferior del émbolo a 15 centímetros de distancia de la "tee" de la válvula de pie y el gancho.
6. Colocar el resto de la tubería de acuerdo a las posiciones anteriores guiándose por la *fig. 3.13*, para realizar los cortes necesarios.
7. Tomar en cuenta que las campanas de la tubería de 2" y 1/4" apunten hacia abajo.

Operación y Mantenimiento de las Bombas de Mano

Para que toda bomba de mano preste un servicio eficiente y continuo, es necesario que la misma tenga un buen mantenimiento. Al igual que todo equipo, las bombas de mano necesitan que se les de un mantenimiento luego de haber trabajado un período de

tiempo. A continuación se presenta el trabajo de mantenimiento que se le debe dar a las unidades luego de que las mismas han trabajado cierto tiempo.

Es el encargado de la bomba o del comité de agua de la comunidad, el maestro en una escuela y el Técnico en Sanidad Rural (TSR) o el Inspector de Saneamiento Ambiental (ISA) en el Puesto o Centro de Salud los encargados de realizar el mantenimiento de las unidades.

Período de Mantenimiento para la Bomba Maya:

- Mensual: revisar el cabezal, las tuercas ajustadoras del cabezal, tornillo de maneral, arandela o guasha, mango (maneral), barra del mango (maneral), gancho de retención.
- Semestral: revisar el bushing guía (capuchón), el empaque redondo prensa - tubo, empaques de pistón, gancho pescador de émbolo, cilindro y filtro, válvula de pie, tubería de 2" y 1 1/4"; limpiar cabezal; chequear la losa y el brocal del pozo.

ii.) Bomba India Mark II

Esta bomba se fabrica en la India. Es una bomba de palanca (o manija) para pozos profundos. Toda la estructura de la bomba es de acero galvanizado (el cabezal y la palanca), se caracteriza por el sistema de cadena que utiliza para unir la palanca con las varillas de la bomba que dan movimiento en el cilindro, también porque utiliza dos cojinetes para que realice este movimiento, lo que permite menos desgaste y fácil operación. Esta bomba por ser para pozo profundo, utiliza un cilindro de hierro fundido revestido de latón con una válvula de cheque o admisión incorporada, tiene un diámetro interno de 2 1/2 " (6.35 cm) y una longitud de 12 " (30.48 cm). En el cilindro está el pistón o émbolo, el cual consta de una canasta de la cual trabaja una válvula que junto a

unos empaques tipo copa tiene la función de llevar el agua, y sobre los mismos se produce el mayor desgaste. El cilindro trabaja dentro del agua, por lo que no necesita cebado; la bomba utiliza tubería de hierro galvanizado de 1 1/4" de diámetro que sirve de subida del agua o tubería principal conectada al cilindro, dentro de ella van las varillas conectadas que son varillas aceradas de 10' (3 m) con copla y tornillo en los extremos de 1/2" de diámetro. Esta bomba lleva en el cabezal 3 patas las cuales se funden sobre la losa del pozo y hace la diferencia de las otras, pues por este medio no permite que las aguas que se desperdician cuando se usa lleguen al pozo y lo contamine, ya que al fundir queda automáticamente sellado el pozo. *(Ver fig. 3.14)*

Esta bomba se recomienda que se instale para que funcione perfectamente en pozos con una profundidad mínima de 20 mts. (entre 20 y 45 mts.), La instalación requiere conocimientos bastante completos, equipo para extraer la tubería y el cilindro, y una caja de herramienta especial; por lo que su mantenimiento es difícil a nivel poblado. Por ser una bomba altamente resistente y eficiente, con ella pueden abastecerse hasta 40 ó 50 familias.

Período de mantenimiento:

- Semanal: engrasar la cadena, engrasar los cojinetes, apretar todos los tornillos del cabezal.
- Mensual: revisar y ajustar: el tornillo de la cadena, la unión de la cadena, la varilla y el pasador.
- Anual: cambiar los empaques de cuero tipo copa del cilindro; limpiar bien el cilindro; revisar la canasta y la válvula de pie del cilindro; revisar las varillas aceradas y ajustar las uniones, apretándolas; revisar la tubería HG y ajustar las uniones apretándolas; limpiar bien el cabezal. (Se puede pintar con pintura a base de aceite.)

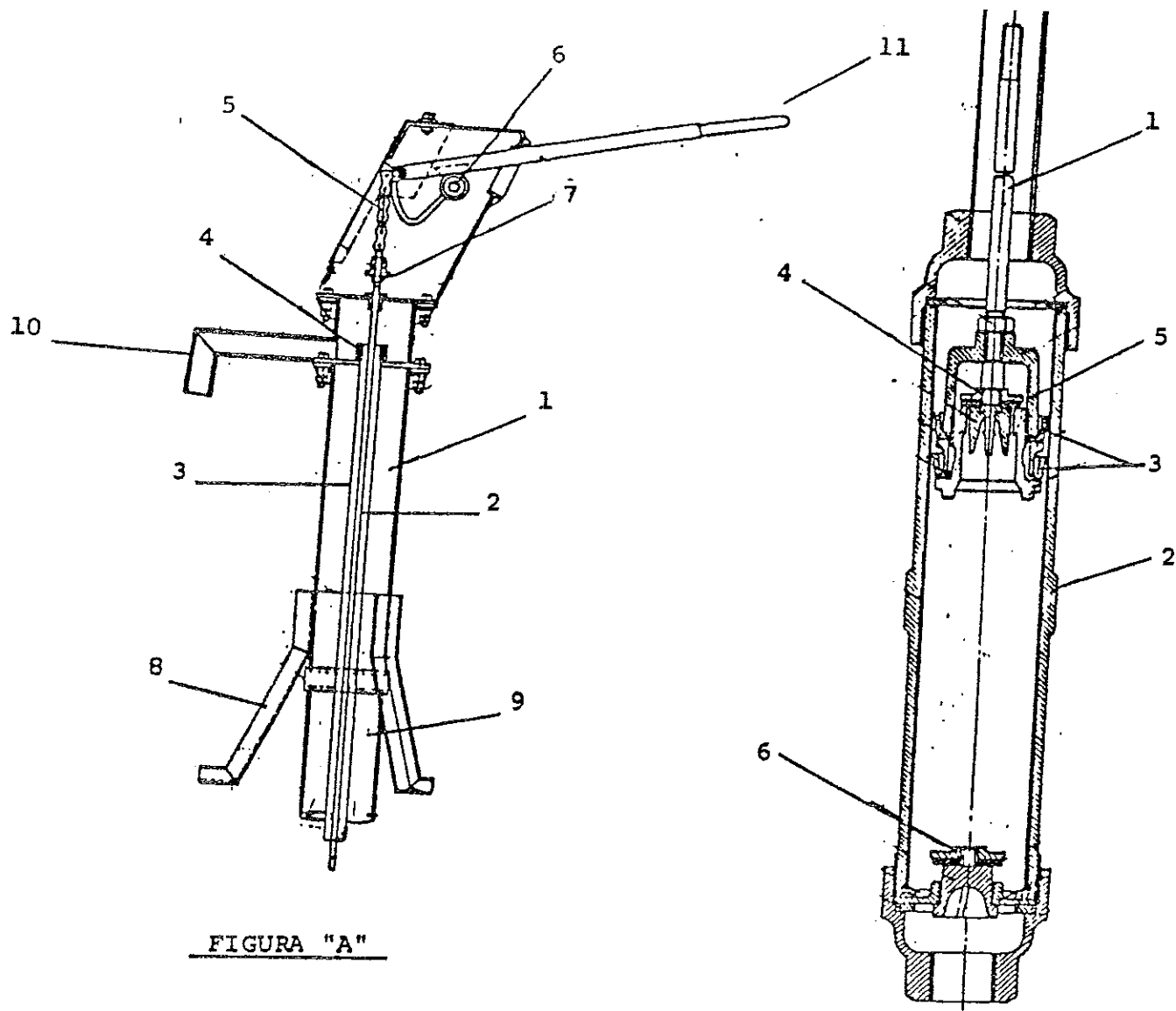


FIGURA "A"

Figura "A"

1. Cuerpo de la Bomba
2. Varilla de acero de ½"
3. Tubo HG de 1 ¼"
4. Unión del tubo con la Bomba
5. Cadena
6. Cojinetes y pasador
7. Unión de la cadena y la varilla
8. Patas de la Bomba
9. Niple PVC de 4" x 0.40 m (para fundición)
10. Surtidor
11. Manija o palanca

Figura "B"

1. Varilla de acero de ½"
2. Cuerpo del cilindro
3. Empaques de cuero tipo copa
4. Émbolo o pistón
5. Canasta
6. Válvula de pie (cheque)

FIGURA "B"

Fig. 3.14. Bomba India Mark II

(Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 1,996.)

F. Sistemas de Conducción

1. Definición

Es un conjunto de tuberías forzadas o a presión que viene desde las obras de captación al tanque de distribución. La localización de la fuente determina si los conductos deben ser cortos o largos, y si el transporte debe hacerse por gravedad o por bombeo.

2. Criterios de diseño

Depende de la topografía y de los materiales disponibles, el que los ductos se diseñen para flujo a canal abierto o bajo presión. Depende de las características topográficas del lugar se puede requerir un levantamiento topográfico con nivel y teodolito para asegurar la calidad del diseño. Si la diferencia de nivel entre la fuente y la comunidad es mayor de 40 metros y la distancia menor de 5 kms., y no hay una topografía muy complicada, un levantamiento taquimétrico es suficiente.

Pueden seguir la línea piezométrica como en zanjas excavadas en el suelo, canales elevados sobre el suelo, acueductos de gradiente tendidos sobre un corte a nivel y con cubierta al nivel del suelo y túneles de gradiente que penetran colinas; o pueden apartarse de la línea piezométrica de nivel hidráulico como en el caso de acueductos a presión tendidos sobre cortes nivelados y con cubierta al nivel del piso, túneles a presión que penetran bajo valles y colinas, y líneas de tubería de materiales fabricados, que siguen la superficie del suelo si es necesario sobre colinas y a través de cañadas, algunas veces levantándose aun sobre la línea piezométrica. El perfil y secciones transversales típicas de un conducto para abastecimiento se muestran en la *fig. 3.15*.

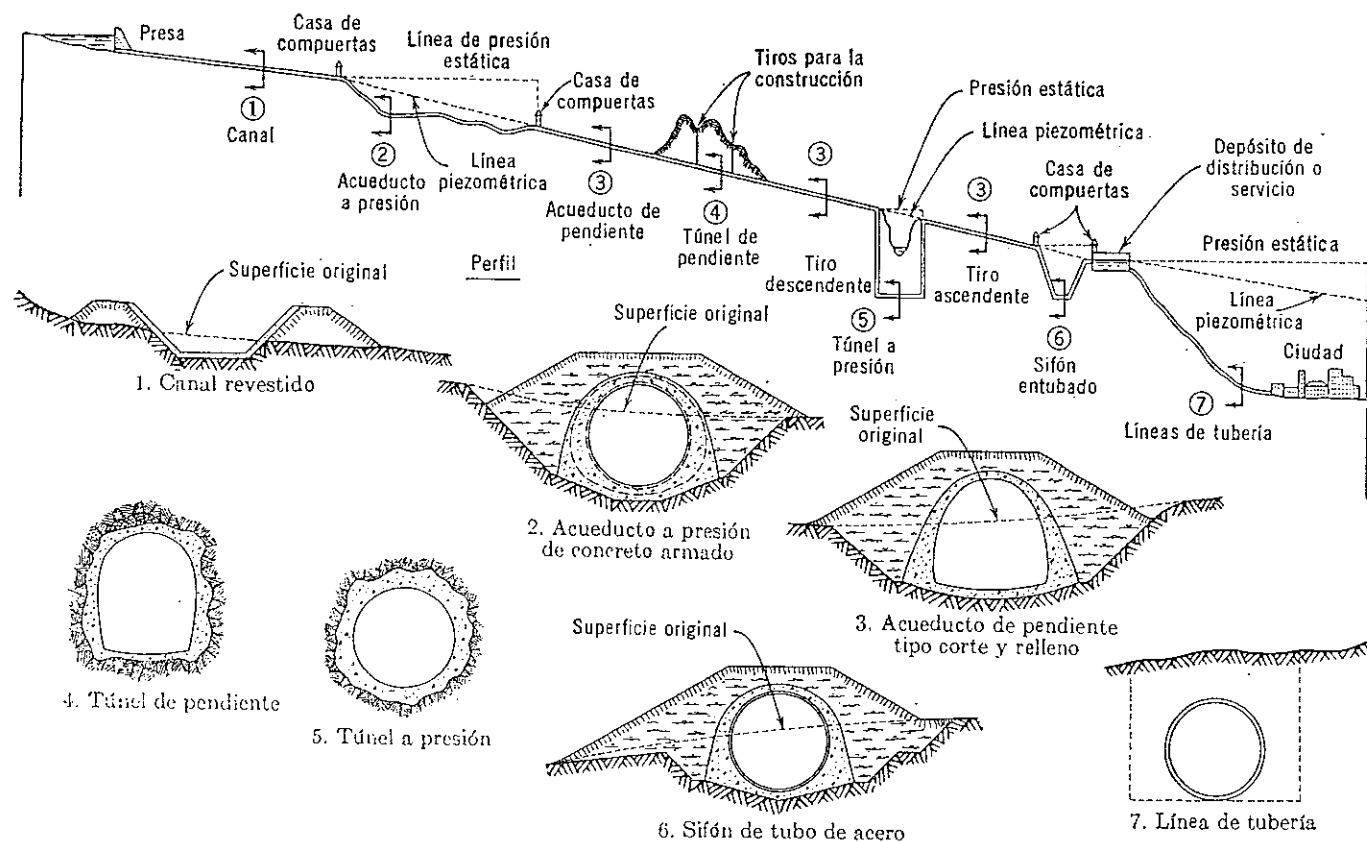


Fig. 3.15. Perfil y secciones transversales típicas de un conducto para abastecimiento de aguas

(Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Fair,G; Geyer,J.; Okun,D. México. 1968.)

Se indican las cargas estáticas y líneas piezométricas para conductos a presión. Cuando el flujo es libre, la línea de gradiente hidráulico coincide con la superficie del agua y es paralela al fondo del conducto. Cuando el flujo es bajo presión, la línea de gradiente hidráulico podría definirse mediante los meniscos de tubos piezométricos insertados a lo largo del conducto mismo, conforme éste sigue la superficie del suelo por encima de colinas o descendiendo a los valles y bajo las montañas. Para conductos tanto de pendiente como a presión, el gradiente hidráulico o pendiente de la línea de grado hidráulico es una función de la resistencia por fricción a fluir a través de una longitud dada de conducto. La línea de pendiente de energía yace sobre la línea de grado hidráulico en una distancia igual a la carga de velocidad o energía cinética media por unidad de peso de agua fluyente.

En términos generales, el agua se transporta de lugar a lugar, más frecuentemente bajo presión, mientras que el flujo en los sistemas de aguas residuales y otros sistemas de drenaje es, frecuentemente, libre.

El tamaño y la forma de los conductos de abastecimiento de agua están determinados por consideraciones hidráulicas, estructurales y económicas. Las velocidades de flujo se encuentran ordinariamente entre 3 y 5 pies/seg (0.91 y 1.52 m/seg); la velocidad máxima no deberá causar erosión o rozamiento, ni poner en peligro el conducto por ariete hidráulico excesivo cuando las compuertas se cierran súbitamente. El ariete hidráulico es el aumento de presión que acompaña a un cambio brusco en velocidad. El límite superior de velocidad de flujo se encuentra entre 10 y 20 pies/seg (3.48 y 6.96 m/seg) para la mayoría de los materiales de los que se contruyen los conductos de abastecimiento. El ariete hidráulico se mantiene dentro de límites en tuberías pequeñas operándolas a velocidades moderadas, porque el aumento de presión en libras por pulgada cuadrada no puede exceder de aproximadamente, cincuenta veces la velocidad expresada en pies por segundo. En las líneas de conducción se deberán mantener presiones estáticas menores de 80 metros columna de agua (m.c.a.), y presiones dinámicas menores de 50 m.c.a.. Las capacidades de requisito dependen de la inclusión y del tamaño de los depósitos de servicio y distribución que los apoyen. Si éstos almacenan agua suficiente para: 1) satisfacer las variaciones por hora en el consumo de agua excedente al influente; 2) permitir el cierre de las líneas de alimentación para su inspección y reparaciones menores, y 3) suministrar agua suficiente para combatir incendios, los ductos del abastecimiento necesitan operar únicamente a la capacidad diaria máxima, alrededor del 50% en exceso sobre la relación diaria promedio. Ordinariamente, el almacenamiento requerido se aproxima al consumo de un día.

El diseño hidráulico de conductos de suministro está relacionado principalmente

1) con la resistencia al flujo en conexión con las columnas o presiones disponibles o necesarias y 2) con las velocidades de flujo requeridas y permisibles en relación al costo, limpieza y transporte de sedimentos. En líneas de suministro largas, la resistencia por fricción o superficial, ofrecida por el interior del tubo es el elemento dominante. La resistencia de forma, responsable de las pérdidas de en las transiciones y accesorios, es frecuentemente despreciable. Por otra parte, en sistemas cortos de transporte, la resistencia de forma puede ser de importancia controlante.

3. Requerimientos estructurales

Estructuralmente, los conductos cerrados deben resistir un número de fuerzas diferentes en combinación o por separado:

1. La presión interna debe ser igual a la carga de agua total a la que el conducto puede ser sometido.
2. Presiones desbalanceadas en las curvas, contracciones y cierres.
3. Ariete hidráulico o presión interna aumentada a causa de una reducción súbita en la velocidad del agua; por el cierre rápido de una compuerta o el paro de una bomba, por ejemplo.
4. Cargas externas en forma de rellenos, tráfico y su propio peso entre los soportes externos (pilares o colgantes).
5. Expansión o contracción inducida por la temperatura.

4. Localización

Los conductos de abastecimiento se localizan en forma muy similar a los de los ferrocarriles y carreteras.

Línea y Pendiente. El fondo de un acueducto de pendiente o de un túnel de pendiente se coloca sobre la misma pendiente que la línea de gradiente hidráulico. El corte y relleno, así como el corte y cubierta, se balancean, para mantener una pendiente uniforme y reducir la distancia del transporte. Los valles y ríos puenteados por las carreteras y ferrocarriles, pueden también serlo por los acueductos. Por supuesto, tal era la práctica antigua; pero los acueductos modernos ya no se extienden sobre valles, corrientes y aldeas, excepto donde se requiere un puente primordialmente, para conducir tráfico de carreteras o ferrocarriles. Los conductos a presión han tomado su lugar. En ocasiones se les tiende en zanjas, en forma de sifones invertidos, para cruzar los valles y pasar bajo las corrientes; otras veces penetran profundamente bajo la superficie de la tierra como túneles a presión, para los que la exploración geológica fija tanto la línea como el grado.

Los acueductos y tuberías a presión se mueven libremente hacia arriba y hacia abajo de las pendientes. Por economía, deberán ceñirse a la línea de pendiente hidráulica en perfil y a una línea recta en planta. El tamaño y espesor del conducto, así como la dificultad de la construcción deben mantenerse en balance con la longitud. La ruta más corta no es necesariamente la más económica.

5. Materiales para construcción

La selección de los materiales para líneas de tuberías debe estar basada sobre las siguientes consideraciones:

1. La capacidad inicial de transporte del tubo y su reducción con el tiempo.

2. La resistencia del tubo, medida por su habilidad para soportar la presión interna y las cargas externas.
3. La vida o durabilidad del tubo, determinada como la resistencia a la corrosión del tubo de hierro colado o acero; del tubo de duelas con bandas de acero a la putridez y corrosión; del tubo de concreto y asbesto cemento a la erosión y desintegración; y del tubo de plástico al agrietamiento y desintegración.
4. La facilidad o dificultad para transportar, manejar y tender el tubo bajo diferentes condiciones de topografía, geología y comunicación.
5. La seguridad, economía y disponibilidad de los tamaños fabricados.
6. La disponibilidad de mano de obra entrenada en la colocación de tuberías de distintas clases.
7. Los requerimientos de mantenimiento y reparación, pérdidas de agua por fugas, y otros asuntos de comportamiento y adaptabilidad del tubo.

a. Tipos de tubería utilizados en la conducción de los Sistemas de Abastecimiento de agua en Zonas Rurales

Generalmente en acueductos rurales se usan:

- Tubería de cloruro de polivinilo rígido (PVC); tubería plástica, económica, fácil de transportar y trabajar. Debe protegerse del sol enterrándola en zanjas.
- Tubería de hierro galvanizado (HG), usada en los lugares donde la tubería no se puede enterrar.
- Otros materiales que son aplicables a los programas de abastecimiento de agua son: concreto, hierro fundido, etc.

6. Accesorios

Para aislar y drenar secciones para la prueba, inspección, limpieza y reparaciones, generalmente se instala una serie de accesorios o auxiliares en la línea.

Compuertas. Las válvulas de compuertas suelen colocarse en las cimas de los conductos de presión 1) porque las partes más altas identifican a las secciones de las líneas que pueden drenarse por gravedad y 2) porque las presiones son mínimas en esos puntos, que ayudan al uso de válvulas de menor costo y con una operación más fácil. Por razones de economía, generalmente se emplean válvulas de menor diámetro que el conducto mismo, junto con las reducciones y ampliaciones necesarias.

Los conductos a gravedad se dotan comúnmente de cámaras de compuertas, 1) en los puntos estratégicos, para la operación del conducto de abastecimiento, 2) en los dos extremos de los sifones invertidos y túneles de presión, y 3) en aquellas partes donde es conveniente drenar las secciones. Normalmente se instalan compuertas para limpieza en los conductos a gravedad, principalmente en los mayores.

Válvulas de purga. En conductos a presión, se proporcionan pequeñas salidas dotadas de compuertas, conocidas como válvulas de purga o limpieza, en los puntos bajos de la línea. Estas descargan en los canales naturales de drenado o vierten hacia una fosa, desde donde el agua puede bombearse al drenaje. No deberá haber conexiones directas a los cauces de aguas poluidas. Por seguridad, se colocan en serie dos válvulas de purga. En esta forma se reduce grandemente la posibilidad de que ambas fallen al cerrarse. Los cálculos se basan en la descarga a través de orificios bajo una columna decreciente; igual a la diferencia en elevación de la superficie del agua en el conducto y la purga, menos la carga por fricción.

Válvulas de aire. Los tubos de hierro fundido, así como otros también rígidos y

los conductos a presión se dotan con válvulas de aire en todos los puntos altos. Las válvulas remueven automáticamente 1) el aire desplazado durante el llenado de la línea y 2) el aire desprendido del agua fluyente cuando la presión disminuye apreciablemente o las cimas se encuentran cercanas a la línea de pendiente hidráulica. Puede sustituirse por una válvula o compuerta manualmente operada, si la presión en la cima es alta. Se acumulará entonces muy poco o ningún aire, y éste necesita escapar solamente cuando la línea está llenando. Existen válvulas de aire automáticas, que también admitirán aire al interior de la línea y evitan su colapso bajo presión negativa.

Registros. Los registros de acero se colocan a espacios de 1000 a 2000 pies (304.8 a 610 m) sobre los conductos grandes. Son útiles durante la construcción y sirven posteriormente para inspección y reparaciones.

Juntas de aislamiento. Las juntas de aislamiento controlan la electrólisis al introducir resistencia al flujo de corrientes eléctricas parásitas a lo largo de las líneas de tubería. Las juntas de aislamiento emplean empaques o anillos de hule y secciones de tubo recubiertas con hule, suficientemente largas para introducir una resistencia apreciable.

Juntas de expansión. El efecto de los cambios de temperatura es pequeño si las juntas de la tubería permiten movimiento. Al tubo de acero tendido con juntas transversales rígidas debe permitírsele expandirse en ciertos puntos definidos o sujetarse firmemente por anclado de la línea.

Anclajes. Se emplean anclajes por una o más de las siguientes razones:

1. Para resistir la tendencia de los tubos a separarse en las curvas u otros puntos de presión desbalanceada cuando la resistencia de sus juntas se exceden a los esfuerzos longitudinales (cortantes).
2. Para resistir la tendencia de los tubos tendidos sobre pendientes propensas a

separarse cuando la resistencia de sus juntas a los esfuerzos longitudinales (cortantes) es inadecuada.

3. Para restringir o dirigir la expansión y contracción de tubos unidos rígidamente bajo la influencia de los cambios de temperatura.

G. Sistemas de Almacenamiento

1. Almacenamiento

Los ingenieros, en la búsqueda de aguas limpias que puedan llevarse y distribuirse a la comunidad por gravedad, han desarrollado abastecimientos procedentes de corrientes de las tierras altas. La mayoría de ellas se captan cerca de sus fuentes, en regiones esparcidas y elevadas. Para que sean útiles, su descarga anual debe ser igual o mayor que la demanda de la comunidad que van a abastecer durante algunos años. Debido a que en tiempo de sequía sus flujos son escasos en relación a los requerimientos de abastecimiento de la comunidad, sus crecientes deberán almacenarse en cantidad que asegure un abastecimiento adecuado. Los depósitos necesarios se logran al construir presas a través del valle de la corriente. En esta forma, puede utilizarse una cantidad de agua equivalente al flujo medio anual. El área que drena hacia los almacenamientos se conoce como área de captación o cuenca hidrológica. Su desarrollo económico depende del valor del agua en la zona, pero es también una función del escurrimiento y de su variación, de la accesibilidad de la cuenca, de la interferencia con derechos existentes sobre aguas y de los costos de construcción.

Las construcciones para la toma se incorporan a las presas de almacenamiento o se mantienen separadas. Otros componentes importantes de los depósitos de almacenamiento son: 1) vertedores de seguridad que facilitan el paso de flujos en exceso

a la capacidad del depósito y 2) ductos desviadores que permiten el paso seguro de la corriente fuera del sitio de la construcción hasta que el depósito quede terminado y su vertedor entre en acción. El análisis de los registros de crecientes forma parte del diseño de estas construcciones auxiliares.

2. Tanques de Almacenamiento o Distribución

Todos los tanques de almacenamiento o distribución de concreto ciclópeo o de concreto reforzado deberán cubrirse con losa de concreto reforzado provista de boca de inspección con tapa sanitaria para efectos de reparación. Dicha tapa debe ser de preferencia metálica, hermética y tener cierre de seguridad. *Ver fig. 3.16.*

Los materiales usados para la construcción, deben ser apropiados y duraderos. Los más recomendables son concreto, mampostería o de metal. En lo posible se deben aprovechar al máximo los materiales y la mano de obra disponible en la región.

Tanques enterrados, semienterrados o simplemente apoyados en el suelo

a. Requerimientos de construcción

1. El área donde se localicen deberá aislarse para evitar la entrada de personas o animales, o ser usada para disposición de desechos.
2. El tanque debe localizarse a una altura y distancia conveniente de cualquier posible fuente de contaminación.
3. La distancia mínima horizontal a cualquier fuente de contaminación será de 30 metros.
4. La superficie del terreno alrededor del tanque debe tener una pendiente que

permita drenar hacia afuera el agua superficial.

5. El fondo del tanque debe estar siempre por encima del nivel freático.
6. En caso necesario debe instalarse un sistema de drenaje adecuado para las aguas de infiltración.
7. Las paredes de los tanques enterrados deben sobresalir por lo menos 30 cms. de la superficie del terreno.

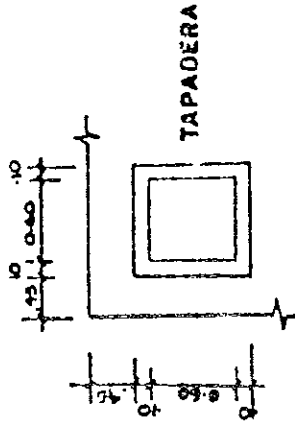
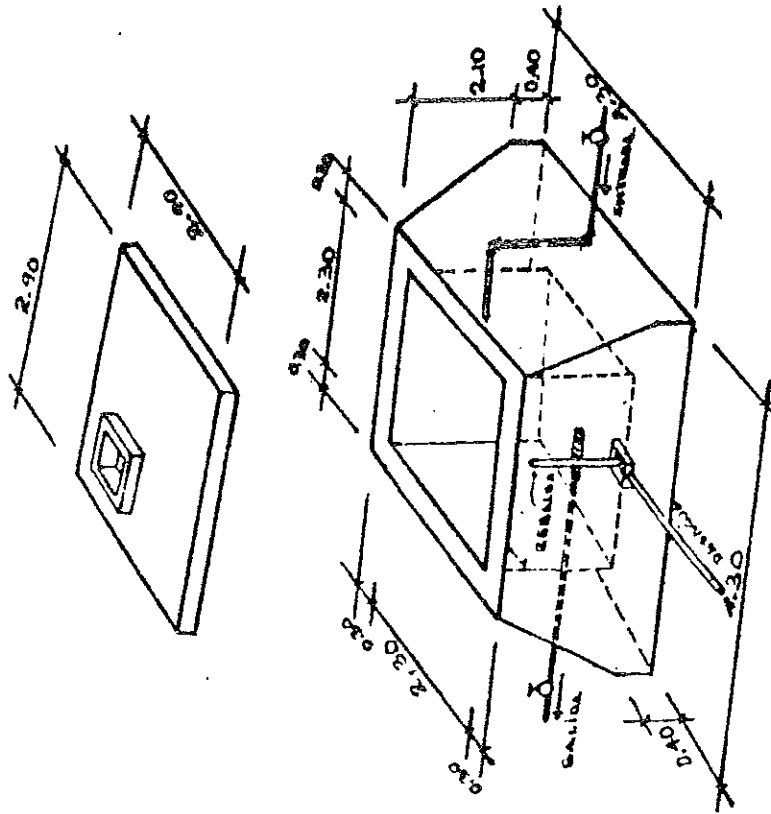
b. Requisitos Sanitarios de los Tanques de Distribución

1. Estar cerrado para evitar la entrada de contaminación.
2. No dejar entrar la luz para evitar el crecimiento de algas.
3. Tener sistema de limpieza.
4. Escotilla de visita para inspección de limpieza.

c. Funciones del Tanque de Distribución

1. Compensar variaciones de consumo diario.
2. Almacenar agua en horas de poco consumo.
3. Regular presiones en la red de distribución.
4. Almacenar agua para no interrumpir el servicio, si se hacen reparaciones en la línea de conducción.

TANQUE DE DISTRIBUCION DE 10 M³



MATERIALES A UTILIZAR

DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
CEMENTO	SACO	50
HIERRO Ø 1/4"	VAR.	2
HIERRO Ø 5/8" - 1/2"	VAR.	10-10
ALAMBRE DE AMARRE	LIBRA	2
ACCESORIOS DE ENTRADA		
ADAPTADOR MACHO Ø de entrada	UNIDAD	2
Tubería PVC Ø 2"	Tubo	1
VALVULA DE COMPUERTA Ø	UNIDAD	1
CODO PVC A 90° Ø de entrada	UNIDAD	2
ACCESORIOS DE SALIDA		
VALVULA DE COMPUERTA Ø	UNIDAD	1
ADAPTADOR MACHO Ø de salida	UNIDAD	2
REBALSE/DESAQUE		
CODO A 90° PVC Ø 2"	UNIDAD	1

Fig. 3.16. Tanque de Distribución de 10 m³.

(Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 1,996.)

d. Accesorios y dispositivos

Todos los tanques deberán proveerse de los siguientes dispositivos: Tubo de entrada al tanque; Tubo de salida, preferiblemente colocado al otro extremo con respecto al tubo de entrada, de tal forma que haya circulación de agua en el tanque; Tubo de rebose de capacidad igual a la máxima entrada; Tubo de desagüe; Dispositivos para ventilación convenientemente protegidos; Escaleras interiores y exteriores, en caso de que las dimensiones excedan 1.20 metros de alto; Caja común o cámara seca, para facilitar la operación de las llaves y válvulas del tanque.

i.) Tuberías de rebose y desagüe

Dichas tuberías no se conectarán directamente a los alcantarillados, deberán tener una descarga libre de 1.00 m como mínimo y siempre se buscará un desfogue adecuado.

Los extremos de las tuberías de rebose y desagüe deben protegerse para impedir el paso de insectos y otros animales.

H. Sistemas de Distribución

Los conductos de abastecimiento alimentan sus aguas a los sistemas de distribución que, a su vez, distribuyen adecuadamente los caudales a cada propiedad individual. El trazo de las calles, la topografía, y la localización de las obras de abastecimiento y almacenamiento para servicio establecen el tipo de sistema de distribución y el carácter de su flujo. De acuerdo con el trazo de las calles, emergen dos modelos de distribución: 1) un sistema de ramales en las orillas de la comunidad, y 2) un modelo emparrillado

dentro de las partes edificadas de la comunidad, donde las calles se cruzan y las líneas se encuentran interconectadas. Hidráulicamente el sistema emparrillado presenta la ventaja de alimentar agua a cualquier punto desde más de una dirección y de eliminar los extremos muertos. Los sistemas emparrillados se refuerzan si se sustituye el alimentador central por una horquilla o una banda de alimentadores que suministran agua al distrito congestionado o de elevado valor, cuando menos, desde dos direcciones. Esto duplica más o menos el aporte del emparrillado. En comunidades pequeñas, todo el sistema de distribución puede consistir en tubos de hierro galvanizado (HG), y los plásticos (PVC) son también importantes.

Servicios a nivel alto y bajo. En secciones de la comunidad demasiado elevadas para ser abastecidas desde el servicio de bajo nivel o principal, generalmente se incorporan obras de distribución en sistemas separados que cuentan con tuberías y almacenamientos de servicio independientes. Los servicios a alto nivel resultantes se alimentan normalmente por medio de bombas que toman el agua del suministro principal y elevan su presión conforme se requiera. Las áreas que varían ampliamente en elevación pueden agruparse en zonas intermedias. Las conexiones cerradas mediante válvulas entre los diferentes sistemas se abren manualmente durante emergencias o se operan automáticamente mediante válvulas reguladoras de presión.

Presiones. En redes de distribución deberán mantenerse presiones dinámicas no menores de 10 metros columna de agua (m.c.a.) y no mayores de 40 m.c.a.. Así mismo la presión estática no debe ser mayor de 60 m.c.a.. La presión dinámica a la llegada de cualquier estructura no debe ser mayor de 5 m.c.a..

Las presiones reducidas de operación ocasionan menos fugas en las tuberías y reducen la cantidad de agua no contabilizada.

Requisitos técnicos de la red de distribución. Que el agua llegue a todos los puntos de distribución con buena presión y en cantidad suficiente.

1. Caja Distribuidora de Caudales

a. Descripción. Es la estructura que por medio de vertederos distribuye adecuadamente los caudales que demandan diferentes núcleos de consumo. Estas estructuras pueden ser de mampostería o de concreto reforzado asegurada por medio de candado.

b. Requisitos de Construcción. Se deberá construir de acuerdo a lo indicado en planos. Deberá procurarse construir las cajas completamente terminadas para incluir el suministro y colocación de él o los candados que correspondan a la estructura.

I. Métodos de desinfección más adecuados al medio guatemalteco

El Tratamiento de la desinfección del agua produce un costo adicional en la operación del sistema, por lo que debe buscarse una solución que permita obtener el rendimiento esperado al menor costo posible; además debe contar con otras características necesarias, tales como: tener elementos fáciles de almacenar, de transportar y de utilizar; que tenga acción residual y que la concentración del mismo sea fácil y rápidamente detectable.

Lo anteriormente señalado nos permite indicar que uno de los mejores elementos que pueden utilizarse para purificar el agua es el Cloro, ya sea en estado gaseoso o bien por medio de alguno de sus compuestos, de los cuales el más utilizado es el Hipoclorito de Calcio al 65% ó 70%.

En los abastecimientos de agua potable de las grandes ciudades y poblaciones importantes, se emplea el gas cloro mientras que para abastecimientos medianos o pequeños se utilizan los hipocloritos. El manejo del gas cloro debe estar encomendado exclusivamente a personas entrenadas para ello.

1. Métodos de desinfección

Se pueden establecer dos métodos para la desinfección del agua:

1. Mediante la utilización de sustancias tóxicas a los microorganismos patógenos. (Ejemplo: cloro, yodo, cal).
2. Mediante procesos indirectos que provocan la destrucción de los organismos al romper el equilibrio favorable del medio en que ellos viven (Ejemplo: ozonización, ultravioleta, procesos unitarios, etc.).

a. Conceptos y definiciones

- **Desinfección.** Es la destrucción de los organismos transmisores de enfermedades patógenas existentes en el agua.
- **Esterilización.** El proceso de destruir todos los organismos y sus formas de resistencia (esporas), por medio de agentes físicos y raramente químicos.
- **Potabilización.** Se define este término como los procesos aplicados a un agua cruda, con el objeto de hacerla apta para el consumo.
- **Purificación.** Se define este término como el proceso mediante el cual se obtiene agua químicamente pura.

- **Cloración.** Es el nombre que se da al procedimiento para desinfectar el agua, al utilizar el cloro o alguno de sus derivados y además lograr ciertos resultados químicos o biológicos complementarios (Coagulación, olor, sabor, etc.).

b. Condiciones del desinfectante ideal

1. Tener capacidad para destruir totalmente, en género y número, los organismos patógenos posiblemente existentes en el agua.
2. Tener capacidad de actuar en tiempo razonable y disponible, y dentro de las condiciones de temperatura y demás características normales de las aguas (Ejemplo: PH).
3. No conferir al agua características tóxicas, no criar ni agravar las condiciones de impalatibilidad, como sean: olor, sabor, color, etc.
4. Ofrecer facilidad de obtención, bajo costo y simplicidad de operación.
5. Ofrecer facilidad de control de la dosificación y de la determinación de su eficiencia.
6. Poseer acción residual que se manifieste hasta los puntos de consumo.

c. Factores que influyen en la desinfección

1. Naturaleza de los organismos a ser eliminados.
2. Características del agua (Ej.: PH).
3. Naturaleza de la agente desinfectante.
4. Condiciones de operación (difusión, tiempo de contacto, temperatura).

d. Agentes desinfectantes

- Físicos:
 1. Calor
 2. Rayos ultravioleta
 3. Ultrasonido, etc.

- Químicos:
 4. Ozono
 5. Yodo
 6. Plata
 7. Cloro, etc.

e. Compuestos utilizados en la cloración

Cloro: es un elemento químico, gaseoso en las condiciones ambientales, de olor fuerte y penetrante, de color amarillo - verdoso y más pesado que el aire.

Aplicación:

- Inyección directa
- En solución

Hipocloritos: bajo este nombre son englobados tres productos manufacturados a partir de la fijación del cloro por hidróxidos de sodio y calcio.

- Cal clorada

- Hipoclorito de Calcio $\text{Ca}(\text{OCl})_2$
- Hipoclorito de Sodio NaOCl

f. Hipocloradores

Hipocloradores: son aparatos utilizados para la desinfección de hipocloritos en solución.

Características del Hipoclorador:

- Costo reducido
- Exactitud
- Fácil construcción en cualquier lugar
- Sencilla Operación y Mantenimiento

" HIPOCLORADOR "
TIPO " W "

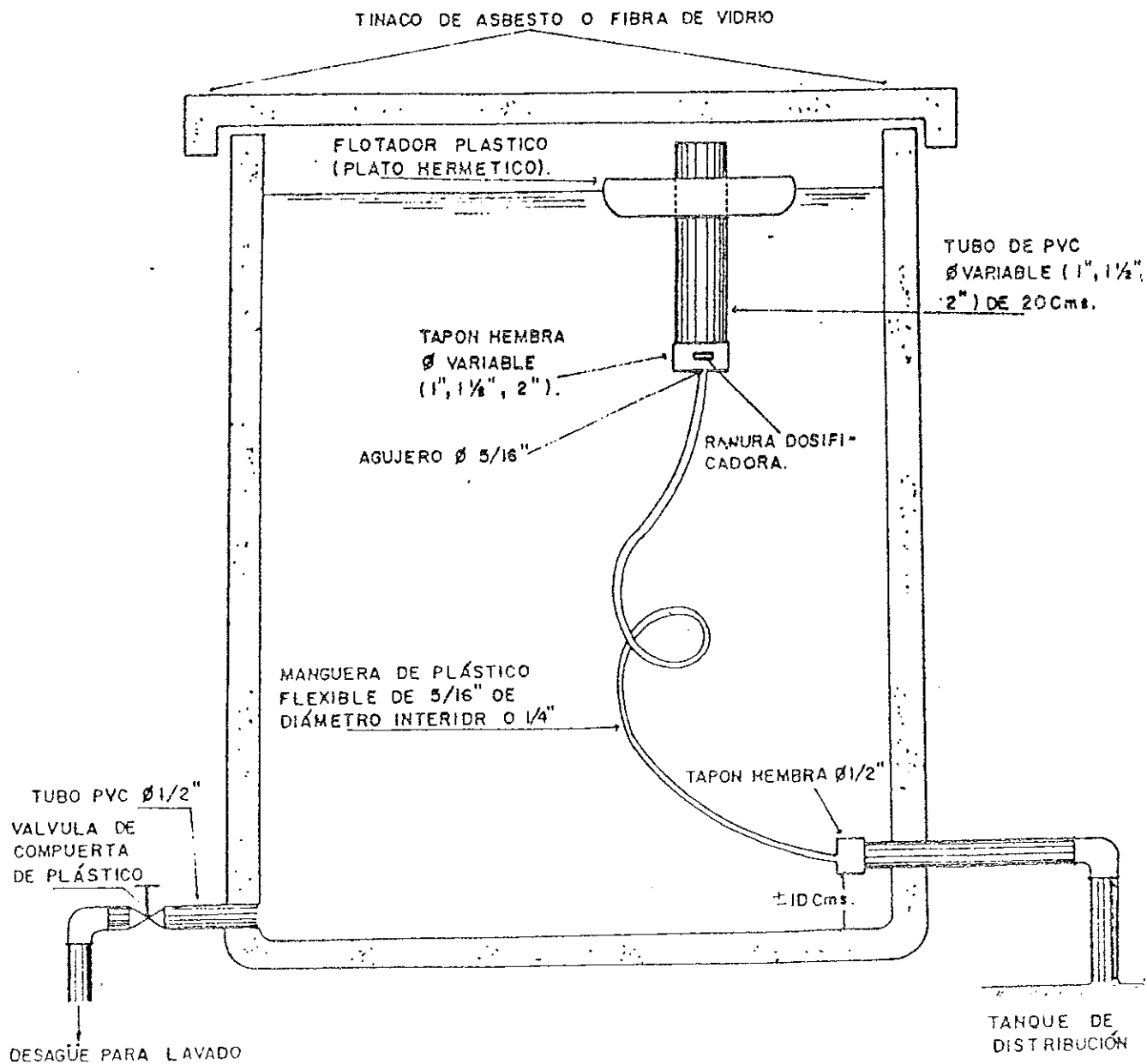


Fig. 3.17.

Dosificador para solución de hipoclorito

Hipoclorador tipo " W "

(Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y

saneamiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 1,996.)

PLANTA DE LOCALIZACION DEL HIPOCLORADOR

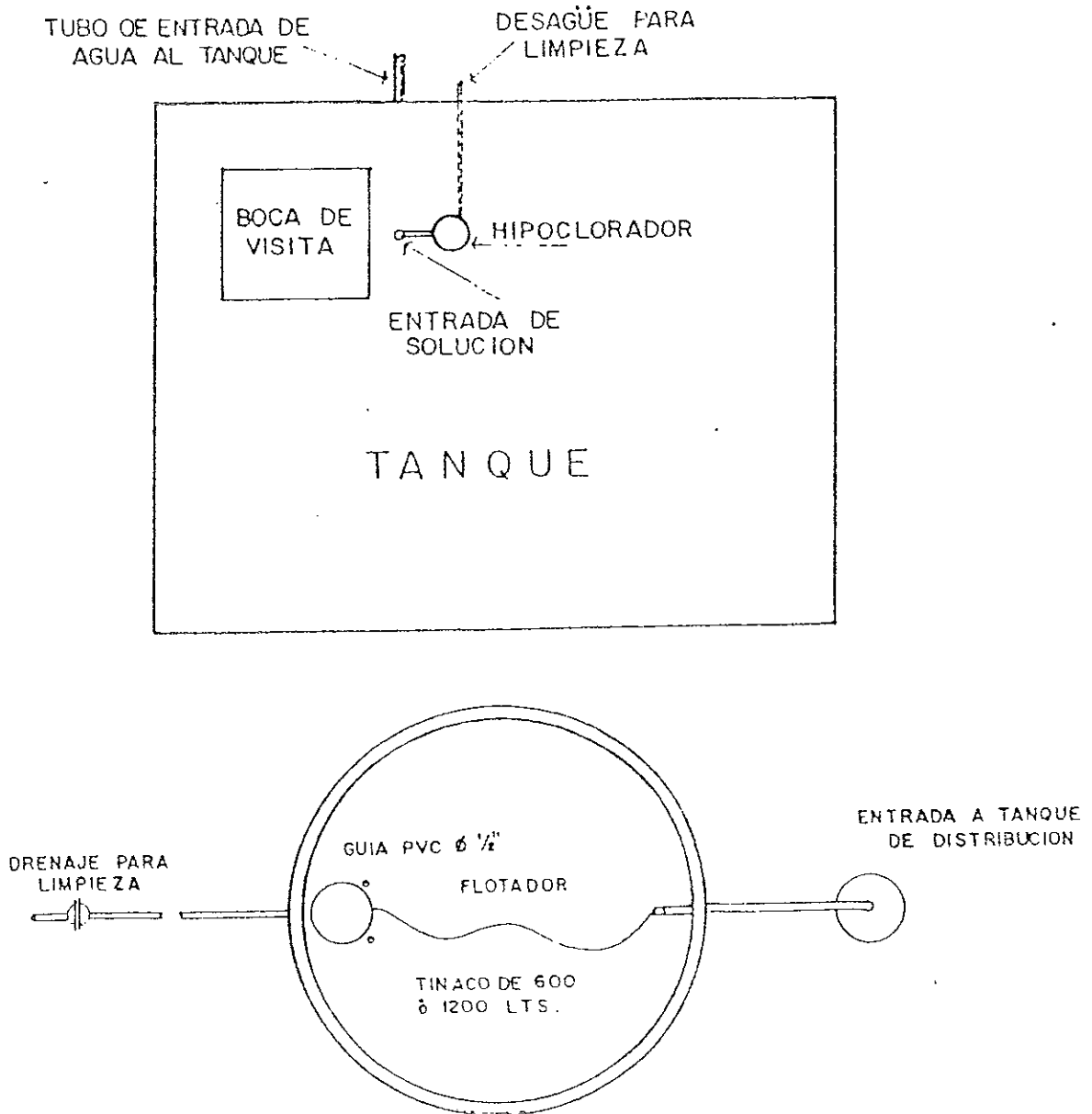


Fig. 3.18.

Planta de localización del Hipoclorador

(Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 1,996.)

2. Procesos Unitarios de Tratamiento que ayudan a la desinfección del agua

a. Desarenador

Los sólidos pesados que puedan afectar el normal funcionamiento y conservación de las instalaciones, deberán ser removidos mediante la construcción de desarenadores, ubicados lo más cerca posible del sitio de captación de aguas superficiales.

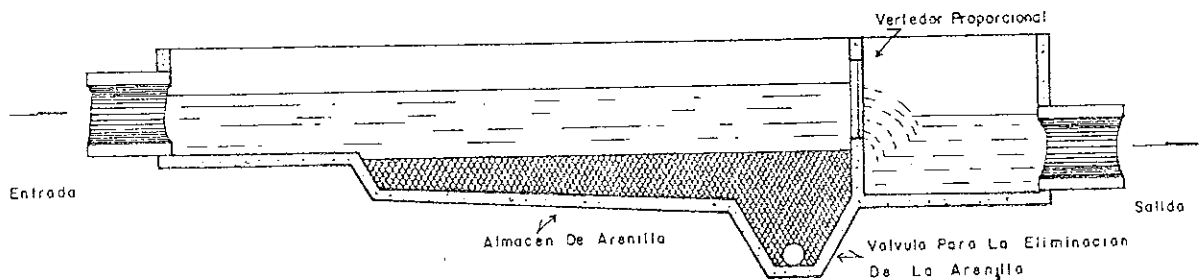
Las unidades desarenadoras deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Los dispositivos de entrada y salida se deberán proyectar en tal forma que aseguren una buena distribución del flujo para reducir a un mínimo la posibilidad de cortos circuitos. En caso de bocatomas a cielo abierto, deberá proveérseles de rejilla en la entrada.
- b) El período de retención para el caudal máximo que llegue al desarenador será de 3 minutos como mínimo, diseñándose con una carga por unidad de superficie (CUS) entre 600 y 1,200 m³/m²/d., o bien según el inciso i.
- c) Se recomienda diseñar los desarenadores con una profundidad efectiva de tanque de 1.50 a 1.80 metros. La relación entre la longitud y el ancho puede estar comprendida entre 3:1 y 6:1. Debe aumentarse la capacidad del tanque en al menos el 15% del volumen del agua retenida, para que se depositen los sedimentos. El ancho mínimo será de 0.60 metros a fin de facilitar la limpieza.
- d) La tubería o canal de entrada debe quedar localizada en el eje longitudinal del tanque para evitar posibles cortos circuitos.
- e) A la entrada se instalará un tabique a fin de hacer uniforme el flujo dentro del desarenador, cuya altura será por lo menos las dos terceras partes de la profundidad

efectiva del tanque.

- f) El dispositivo de salida del desarenador puede consistir en un canal con vertedero a todo lo ancho del tanque, o una batería de tubos de 2" de diámetro, inclinados 45 grados, que descarguen al canal de salida.
- g) El tanque irá previsto de un rebalse colocado lateralmente cerca de la entrada. También contará con un dispositivo para evacuación de lodos.
- h) Los desarenadores deberán garantizar la remoción de partículas mayores de 0.1 mm. de diámetro en un porcentaje no menor de 75%.
- i) La velocidad horizontal deberá fijarse en función del asentamiento vertical de la partícula, que no debe exceder de 30 cm/seg. La velocidad de asentamiento vertical se calculará de acuerdo a la temperatura del líquido y el peso específico de la partícula.

Desarenador



Sección longitudinal

Fig. 3.19

(Revista de Ingeniería. Vol. No.2. Colegio de Ingenieros de Guatemala. 1981.)

b. Sedimentación

a) Sedimentadores convencionales. Se emplearán para sedimentación simple (sin coagulación previa), antes de los filtros lentos, con el fin de rebajar la turbiedad a límites que permitan la operación de dichos filtros, sin necesidad de limpiarlos frecuentemente. Las características generales de los sedimentadores del tipo convencional son semejantes a las indicadas para los desarenadores, con las siguientes modificaciones:

- El período de retención para el gasto máximo será de 2 horas como mínimo y 12 horas como máximo.
- La profundidad no será menor de 2.50 metros.
- La carga superficial será de 5 a 20 m³/m²/d para el caudal máximo.
- Se proveerá de pantalla difusora.
- El sistema de salida asegurará que los lodos no resuspendan.

b) Sedimentadores de alta velocidad (alta tasa).

Se dará preferencia a sedimentadores laminares por su elevada eficiencia remocional.

Sus principales características son:

- Carga superficial de 5 a 20 m³/m²/d.
- Uno o dos módulos.
- Láminas de plástico o asbesto - cemento inclinadas 60 grados y separadas 6 cms.

c) Presedimentación. Para cargas altas de turbiedad que se presenten por tiempos breves, que exceden la capacidad de la planta, se empleará presedimentación en depósitos a

cargas superficiales menores de $5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$. Estos depósitos podrán construirse en depresiones naturales, con estructuras simples y antes de los sedimentadores.

c. Filtración

i.) Filtración gruesa de flujo horizontal. FGFH

La filtración gruesa de flujo horizontal se emplea como proceso de pretratamiento previo a la filtración lenta en arena, con el fin de reducir la turbiedad del agua cruda. Este tratamiento combinado se basa en procesos de purificación natural y en consecuencia no depende de ninguna sustancia química. El filtro está compuesto por una caja simple de tres compartimentos llenos de grava de diferente tamaño, (de gruesa a fina). Sus longitudes varían de 6 a 12 metros, su ancho de 2 a 5 metros y su altura de 1 a 1.5 metros. Debe tenerse en cuenta los siguientes criterios: calidad requerida del afluente, el rendimiento diario requerido, la carrera de filtración y la resistencia del filtro. A estos criterios deben conjugarse cuatro variables de diseño: velocidad de filtración, granulometría del material filtrante, el largo de cada sección del filtro y el área transversal del mismo.

ii.) Filtración lenta

La filtración lenta es conocida por su gran eficiencia bacteriológica y es un sistema bastante adecuado para zonas en donde no se dispone de mano de obra capacitada. Sin embargo, este proceso tiene poca capacidad para absorber altas turbiedades. Sus principales características son las siguientes:

a) **Lecho filtrante**

Estará constituido generalmente por arena sola, y su área se diseñará para trabajar a cargas superficiales de 3 a 7 m³/m²/d.

1) Espesor.

El espesor inicial del lecho filtrante será de 1.20 metros. Sucesivas operaciones de lavado reducirán el espesor hasta un mínimo de 0.60 metros. El proyecto especificará el lavado de arena.

2) Tamaño efectivo de la arena.

Rango usual = 0.15 - 0.35 mm.

Rango máximo = 0.10 - 0.45 mm.

El límite de tamaño de arena (0.45 mm), es aplicable a las aguas turbias; el límite mínimo (0.10 mm), a las aguas muy claras con problemas de contaminación bacteriológica.

3) Coeficiente de uniformidad (C.U.) de la arena.

Ideal = 1.5

Usual = 1.8 - 2.0

Recomendable = 2

Máximo = 3

4) Tanque de lavado de arena.

Deberá preverse una unidad para lavar arena que se ha retirado de los filtros. Podría utilizarse para este fin un cono de metal o de concreto, dotado de rebalse, descarga de fondo y entrada de agua clara.

5) Depósito de arena.

La arena retirada de los filtros, deberá acumularse apropiadamente en un local, con capacidad mínima para 0.50 metros de altura de arena proveniente de las

unidades en funcionamiento.

- 6) Dentro de la etapa de diseño, se efectuará análisis granulométrico del material de posibles bancos para determinar el porcentaje utilizable, el porcentaje despreciable por grueso y el porcentaje despreciable por fino, la pérdida de carga en filtro limpio y la velocidad de lavado de la arena.

b) Capa soporte

- 1) Estará constituida por una altura mínima de 0.20 m de grava, colocada sobre el sistema de drenaje. Se dispondrá por estratos de granulometría decreciente en el sentido ascendente.
- 2) La capa inmediata al sistema de drenaje deberá tener una granulometría superior a los orificios de los drenes, o a las ranuras de los ladrillos. La capa superior deberá tener una granulometría capaz de impedir el paso de los granos más finos del lecho filtrante.

c) Drenaje

- 1) La recolección del agua filtrada se efectúa mediante el sistema de drenaje, el cual puede estar conformado por tubos o drenes como también por ladrillos perforados o tubulares, bloques "U" o de fabricación especial; los ladrillos y bloques deben ser probados estructuralmente.
- 2) Los tubos de drenaje están compuestos de un dren principal y ramificaciones o drenes laterales a partir de la salida del agua filtrada.
- 3) Los drenes laterales se unirán al principal mediante tees o cruces y podrán ser de concreto, cerámica o PVC.
- 4) Se instalarán los drenes laterales, dejando juntas abiertas de 2 cm o se perforarán orificios de 6 a 12 mm de diámetro, separados entre sí de 0.15 a 0.30 m y dispuestos en la parte inferior de los drenes.

- 5) La separación entre drenes laterales será como máximo de 2.5 m. Respecto de las paredes se considerará una separación como máximo de 1.25 m.
- 6) El dimensionamiento de los drenes se efectuará con el criterio de que la velocidad límite en cualquier punto de éstos no sobrepase los 0.30 m/seg.
- 7) Al diseñar drenajes de ladrillo de construcción, se deberán asentar éstos con mortero de cemento-arena, o cemento-cal-arena, cuando los filtros estén localizados en zonas sísmicas.
- 8) Los ladrillos que techan los canales, en todos los casos, irán simplemente superpuestos para dejar ranuras de 2 cm y que pase el agua filtrada.

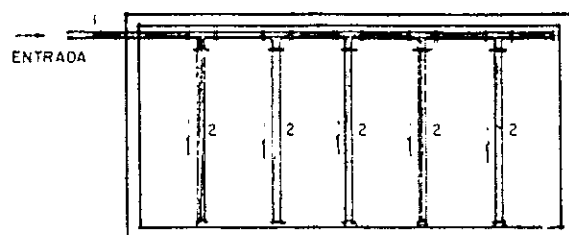
d) Caja del filtro y conexiones accesorias

- 1) Se deberán diseñar por lo menos dos unidades que funcionen en paralelo.
- 2) La superficie de cada unidad está en función del caudal que va a tratar y de la velocidad de filtración adoptada.
- 3) Si la carga superficial es adoptada mediante ensayos en filtros piloto, se considerará de 3 a 7 m³/m²/d.
- 4) El ingreso de agua cruda deberá efectuarse mediante un vertedero tan largo como sea factible considerarlo. Se debe evitar en lo posible el ingreso mediante tuberías; en caso contrario, se deberá diseñar un mandil de concreto apropiado o una capa de grava para evitar la escoriación del lecho filtrante.
- 5) El ingreso a los filtros, deberá considerar un dispositivo para controlar el caudal afluente.
- 6) Deberá considerarse un ingreso adicional a través del drenaje de la unidad, para efectuar el llenado inicial del filtro, o sea que éste ingreso estará conectado con la cámara de agua filtrada.
- 7) Las paredes interiores de la caja, en el tramo ocupado por el lecho filtrante,

deberán presentar un acabado rugoso que impida la producción de corto circuitos. Con fines de economía, la caja podrá sustituirse por una depresión natural con taludes protegidos.

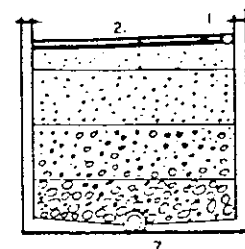
- 8) La salida puede hacerse mediante canales o tuberías y válvulas o compuertas para regular la velocidad, cierre y descarga del agua filtrada.
- 9) Se recomienda preferentemente (para evitar complicaciones de mantenimiento) una salida libre hacia una caja, en la cual se ubicará un vertedero para mantener el nivel del agua filtrada a una altura de 0.10 a 0.20 m sobre la superficie de la arena. Este vertedero descargará a una caja de recolección de agua tratada.
- 10) Se ventilará la caja del vertedero mediante orificios o ranuras convenientemente dispuestas, que eviten la contaminación.
- 11) En la caja del vertedero se considerará un accesorio de interconexión con otras unidades y un punto de descarga.
- 12) Se recomienda considerar a la salida del filtro, un dispositivo para eliminar el filtrado inicial, en tanto se completa el periodo de maduración.
- 13) La altura de agua sobre el lecho filtrante podrá variar entre 1.00 y 1.50 m, siendo la altura máxima admisible de 2.00 m.
- 14) La pérdida de carga total admisible podrá ser del orden del 60 % de la altura del lecho filtrante.
- 15) Las pérdidas de carga en el drenaje no deberán ser mayores de un 5 a 10 % de las pérdidas conjuntas de la arena y la grava.
- 16) Por razones económicas, la altura total de la caja del filtro no deben exceder de 4.00 m.
- 17) Se deberán proteger las instalaciones para evitar el ingreso de animales o personas ajenas a la operación o manejo de la planta.

Filtro Percolador

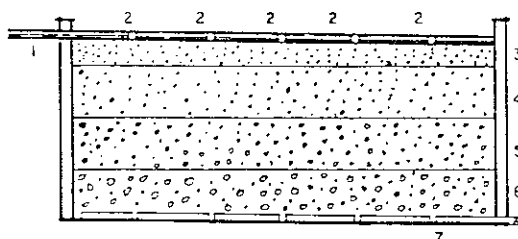


PLANTA

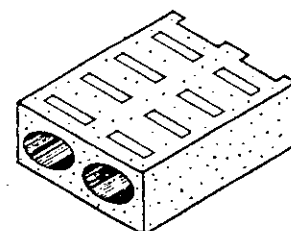
- 1) CANAL O TUBERIA DIFUSORA
- 2) TUBOS ASPERSORES PERFORADOS
- 3) CAPA 10 cms. APROX. ARENA GRUESA ϕ 5 mm.
- 4) CAPA 20 cms. APROX. GRAVA ϕ 5 cms.
- 5) CAPA 20 cms. APROX. GRAVA ϕ 3-6 cms.
- 6) CAPA 30 cms. APROX. GRAVA ϕ 8-10 cms.
- 7) TUBO RECOLECTOR CON JUNTAS SEPARADAS.



CORTE TRANSVERSAL



CORTE LONGITUDINAL



SEGUNDA ALTERNATIVA DE TUBO RECOLECTOR

Fig. 3.20.

(Revista de Ingeniería. Vol. No.2. Colegio de Ingenieros de Guatemala. 1981.)

iii.) Filtros de taludes protegidos

Como alternativa pueden aceptarse filtros de nueva tecnología, para dar preferencia al filtro de taludes protegidos, que podrá construirse en depresiones naturales o excavadas, que eviten al máximo la infiltración o erosión. Los dispositivos de entrada y salida serán simplificados al máximo. Las especificaciones para el lecho filtrante son las mismas que para cualquier filtro lento.

Para asegurar la calidad del agua, en todos los casos el agua debe someterse a tratamiento de desinfección, preferiblemente a base de cloro o compuestos clorados. El punto de aplicación del compuesto clorado deberá seleccionarse en forma tal que se garantice una mezcla efectiva con el agua y asegure un período de contacto de 20 minutos como mínimo, antes de que llegue el agua al consumidor. La desinfección debe ser tal que asegure un residual de 0.2 a 0.5 mg/L en el punto más lejano de la red.

IV. SISTEMAS DE SANEAMIENTO

A. Evacuación de excretas por el Sistema de Letrinas

Factores que influyen en la construcción de letrinas

La recogida y evacuación de excretas humanas en las zonas rurales plantea problemas de ingeniería que no pueden ignorarse si se hace un estudio racional de la cuestión. Varios son los factores que influyen en la elección y construcción de un sistema aplicable a una colectividad determinada. Unos son de carácter biológico, otros de índole técnica y otros, en fin no menos importantes, exigen tener muy en cuenta el comportamiento humano.

Descomposición de las excretas

Dondequiera que se depositen, las excretas empiezan inmediatamente a descomponerse y acaban convirtiéndose en un producto inodoro, inofensivo y estable. Cuando haya que construir instalaciones para la evacuación de excretas, conviene que el técnico sanitario sepa y comprenda cómo se desarrolla ese proceso y qué acción ejerce sobre esas materias y sobre los organismos nocivos que puedan contener. El técnico de saneamiento, sobre todo, ha de explicar muchas veces en términos sencillos las transformaciones que experimentan las heces y los riesgos que suponen para la salud los sistemas inadecuados de evacuación.

Los efectos principales de la descomposición son los siguientes: demolición de los compuestos orgánicos complejos, como las proteínas y la urea, en productos más

simples y estables; reducción del volumen y de la masa (a veces hasta el 80 %) de la materia en descomposición, mediante la producción de ciertos gases como metano, anhídrido carbónico, amoníaco y nitrógeno, que se disipan en la atmósfera, así como de materias solubles que en algunos casos se infiltran en el suelo; y destrucción de los organismos patógenos, que a veces no sobreviven el proceso de descomposición o al ataque de la rica vida biológica de la masa en descomposición.

Las bacterias son el elemento más importante en el proceso de la descomposición. La acción bacteriana puede ser aerobia - o sea, que se ejerce en presencia del aire - o anaerobia - es decir, en ausencia de oxígeno y por lo común en un medio líquido o saturado. El proceso puede ser completamente anaerobio, como ocurre en las letrinas de pozo anegado, en los fosos sépticos y en el fondo de los pozos profundos, o enteramente aerobio, como en algunas operaciones de preparación de fertilizantes. En otras ocasiones la descomposición puede tener varias fases, unas anaerobias y otras aerobias, según sean las condiciones físicas.

Las condiciones reinantes en las heces en descomposición suelen ser desfavorables a la supervivencia de los organismos patógenos, no sólo porque las condiciones de temperatura y de humedad inhiben su desarrollo, sino también por la actividad consuntiva y destructora de la flora bacteriana competitiva y de los protozoos. Los agentes patógenos suelen morir rápidamente cuando se extiende y se seca el producto final de la descomposición, que tiene un aspecto parecido al mantillo. Las bacterias patógenas no sobreviven probablemente más de dos meses en las letrinas cuyo contenido no se remueve.

Cantidades de heces humanas

Al ingeniero o inspector sanitario le interesa saber la cantidad de materias en bruto que deben ser tratadas. Es sabido que las cantidades de excretas humanas pueden depender de las condiciones locales, no sólo de carácter fisiológico, sino también de orden cultural y religioso.

H.B. Gotaas ¹³ en un resumen mundial, da los siguientes datos de distintas procedencias:

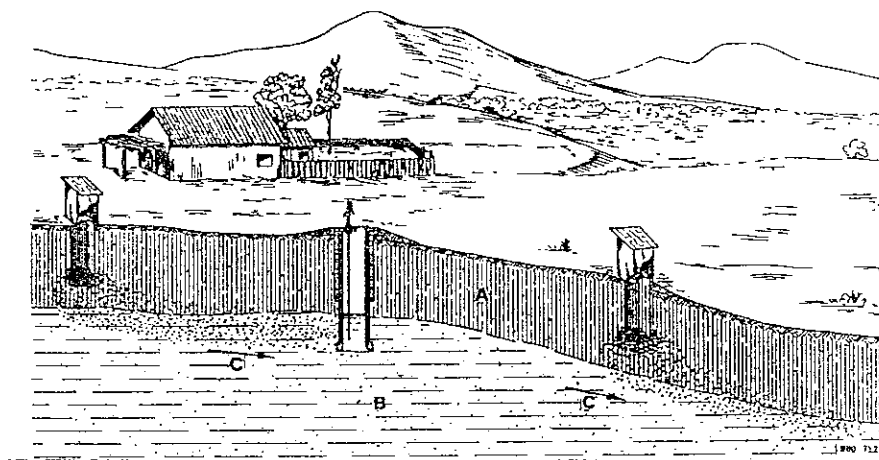
	Gramos/persona/día	
	Peso en humedo	Peso en seco
Heces	135 - 270	35 - 70
Orina	1000 - 1300	50 - 70
Total	1135 - 1570	85 - 140

Teniendo en cuenta la insuficiencia de los datos disponibles, se ha sugerido que a los efectos de la construcción de letrinas se fije 1 kg. (Peso húmedo) la cantidad total de excretas producidas por persona al día.

¹³ Composting: sanitary disposal and reclamation of organic wastes. OMS. Gotaas, H.B. (1956).

Contaminación del suelo y las aguas subterráneas

El estudio de los procesos de contaminación del suelo y del agua por las excretas proporciona también útiles informaciones acerca de la construcción de instalaciones sanitarias y especialmente en lo que se refiere a su emplazamiento en relación con las fuentes de abastecimiento de agua potable. Una vez depositadas las excretas en el suelo o en pozos, las bacterias, que son incapaces de moverse sensiblemente por sí mismas, pueden ser transportadas en dirección horizontal o vertical por los líquidos o la orina que se infiltra en la tierra o por el agua de lluvia. La distancia que recorren así las bacterias depende de diversos factores de los cuales el más importante es la porosidad del suelo. (véanse las figuras 4.1, 4.2) De esta manera, el recorrido a través del suelo no suele llegar a 90 cm y a 3 metros en profundidad en los pozos expuestos a intensa lluvia, y no más de 60 cm en los suelos porosos.¹⁴



A = Mantillo B = Formación acuífera C = Dirección de la corriente de agua subterránea

Fig. 4.1. Movimiento de la Contaminación en el Agua Subterránea.

(Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J.. 1960)

¹⁴ Monogr. Rockefeller Inst. Med. Kligler, I. (1951).

La contaminación procedente de los sistemas de evacuación de excretas tiende a avanzar en profundidad hasta llegar a la capa de aguas freáticas, desde donde se mueve con la corriente subterránea a lo largo de un cauce cuya anchura aumenta hasta cierto límite antes de desaparecer gradualmente. En los Países Bajos, Baars¹⁵ observó que la contaminación bacteriana, si no iba acompañada de una considerable cantidad de agua, no recorría a través de la arena fina una distancia mayor de 7.5 mts.

Las aguas subterráneas que no están separadas de una fuente de infección por una distancia mayor que las indicadas anteriormente pueden contaminarse con bacterias nocivas y por sustancias químicas putrefactas procedentes de la descomposición fecal. Pueden ser fuentes de infección las excretas depositadas en el suelo a poca distancia, un pozo letrina, un pozo negro o un colector o tubería de alcantarilla que dejen escapar aguas residuales. Las aguas subterráneas contaminadas, que suelen ser poco profundas, pueden comunicarse con las de un pozo cuya agua se destina al consumo o a otros usos domésticos y provocar así infecciones y enfermedades humanas como diarreas, fiebre tifoidea y paratífica, cólera y disenterías.

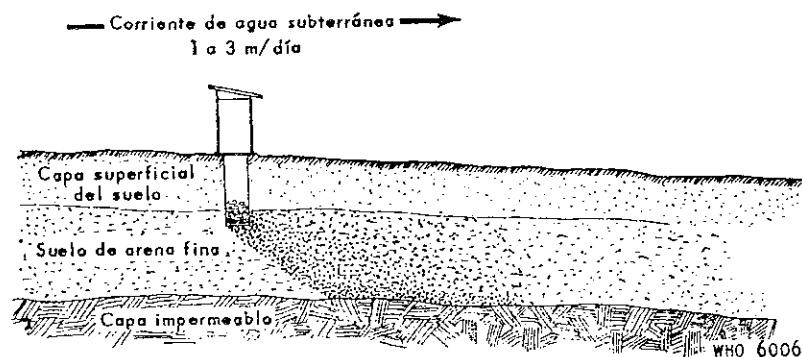


Fig.4.2. Esquemas de la Contaminación Bacteriana y Química del Suelo y Distancias máximas de migración.

(Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J.. 1960)

¹⁵ Bull. World Health Organization. Baars, J.K. (1957).

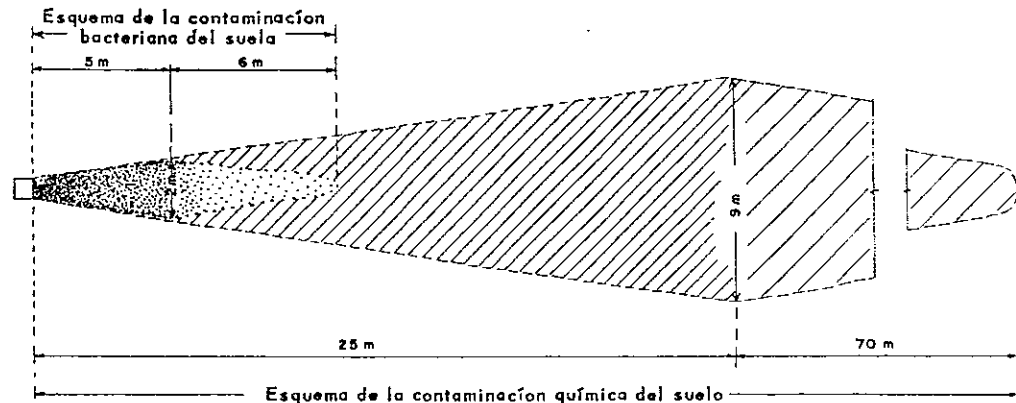


Fig.4.2. Esquemas de la Contaminación Bacteriana y Química del Suelo y Distancias máximas de migración.

(Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J. 1960)

Emplazamiento de letrinas y demás instalaciones para la evacuación de excretas

Las informaciones más recientes permiten formular sobre el emplazamiento de las letrinas, respecto de las fuentes de abastecimiento de agua, las siguientes conclusiones:

1. La distancia que debe separar una letrina de una fuente de suministro de agua, para evitar todo peligro de contaminación, no puede determinarse por normas fijas. En el arrastre de las bacterias por las aguas subterráneas intervienen muchos factores, como la inclinación del terreno, el nivel de las aguas subterráneas y la permeabilidad del suelo. Es en extremo importante instalar la letrina o el pozo negro a un nivel más bajo que un pozo de agua o al menos a la misma altura, y evitar, si ello es posible, instalarlo directamente encima. Si no puede evitarse este último emplazamiento, se impedirá la contaminación bacteriana del pozo de agua si la instalación se hace a quince metros de distancia. Si la letrina se instala a la derecha o la izquierda de la

línea de máxima pendiente que pasa por el pozo disminuirá considerablemente la posibilidad de que llegue a éste la contaminación de las agua subterráneas. En suelos arenosos puede instalarse una letrina hasta 7.5 m. de un pozo casero construido adecuadamente, si es imposible emplazarla a mayor distancia. Si se trata de un pozo de agua de mayor producción, deberá estar separado de la letrina por una distancia de 15 m. (50 pies) cuando menos.

2. En los suelos homogéneos la posibilidad de que se contaminen las aguas subterráneas es prácticamente nula si el fondo del pozo de la letrina está a más de 1.5 m. por encima de la capa de agua freáticas. Lo mismo puede decirse de un pozo negro si el fondo está a más de 3m. sobre el nivel de las aguas subterráneas.
3. Antes de construir letrinas de pozo, letrinas de orificio perforado, pozos negros o pozos de filtración en zonas donde haya rocas agrietadas o formaciones calcáreas, conviene hacer un estudio detenido del terreno, ya que las aguas contaminadas pueden pasar directamente por las hendiduras y sin filtración natural hasta los pozos u otras fuentes de agua potable situados a bastante distancia.

Conviene tener en cuenta también las siguientes consideraciones:

1. La Letrina debe instalarse en terreno seco, con buenos desagües y por encima del nivel de las inundaciones.
2. Los alrededores inmediatos de la letrina - por ejemplo, una zona de 2 m. de ancho alrededor de la construcción - deben estar limpios de toda vegetación, así como de toda clase de desechos y escombros.

Proliferación de las moscas en las excretas

La mosca doméstica pone de preferencia los huevos en el estiércol de las cuadras y los establos, pero también lo hace en los excrementos humanos y en cualquiera otra materia en descomposición. La mosca circula y se alimenta sobre esas materias, y recoge en su cuerpo vellosos inmundicias y organismos vivos, así como bacterias que pasan indemnes por su tubo digestivo y se depositan luego a menudo en los alimentos humanos. En los climas templados, las enfermedades transmitidas por las excretas suelen ser más frecuentes durante los meses cálidos, cuando las moscas son más numerosas y activas.

Al construir una letrina, hay que preocuparse de impedir que proliferen las moscas. Para ello, se puede aprovechar la circunstancia de que las moscas manifiestan un fototropismo positivo y, por consiguiente, son atraídas por la luz y rehuyen la oscuridad y las superficies oscuras. La letrina perfecta es aquella en que las excretas son evacuadas rápidamente a un pozo cerrado o a una fosa subterránea. Otros tipos de letrina serían también eficaces a este respecto sí - cosa que no suele ocurrir - todas las aberturas que dan al depósito de las excretas, incluso el asiento, se mantuvieran limpias y cerradas cuando no se utilizan.

Factores técnicos

La elección, el planeamiento, el emplazamiento y la construcción de instalaciones para la evacuación de excretas requiere de la aplicación de ciertos conocimientos de ingeniería. Estos conocimientos pueden ser de importancia fundamental en ciertas zonas debido a factores y dificultades físicas peculiares. La naturaleza de las formaciones geológicas es a menudo el factor determinante en la selección de un tipo particular de

instalación. En los terrenos rocosos, en los pedregosos y en los formados por calizas fisuradas, así como en los que el nivel de agua sea alto o se produzcan derrumbamientos en los pozos, el médico de sanidad y el técnico de saneamiento necesitarán acaso la ayuda del ingeniero para encontrar soluciones adecuadas y económicas a esos problemas de ingeniería.

La selección y el empleo adecuado de materiales existentes en la localidad son también factores importantes desde el punto de vista técnico para construir letrinas en gran cantidad y con poco gasto.

Pot último, la determinación de los trabajos de construcción que pueden confiarse a la mano de obra local es un factor importante de ingeniería. Conviene utilizar técnicos locales en la mayor medida posible.

Factores humanos

En todas las cuestiones relacionadas con la evacuación de excretas, los factores humanos son tan importantes como los de orden técnico. La población, y en particular en las zonas rurales, no utilizará una letrina de un tipo que le desagrade o que no permita un aislamiento adecuado o, en fin, que no pueda conservarse limpia.

En cuanto al tipo de letrina que debe elegirse, la encuesta sanitaria y sociológica preliminar permitirá conocer los sistemas que se utilizan en la región si es que hay alguno. Se procurará, pues, como primera providencia, mejorar el sistema existente, al conservar en lo posible sus características << sociológicas >>.

Otros factores humanos que deben tenerse en cuenta son los relacionados con el aislamiento y la separación de las mujeres y los hombres.

Factores económicos

El tipo de letrina recomendable a una colectividad o a una familia debe ser sencillo, aceptable y de construcción, conservación y sustitución, cuando sea necesario, económicas. Hay tipos sencillos y aceptables de letrina que reúnen los tres requisitos mencionados, pero no hay ninguno que sea al mismo tiempo barato de construir, conservar y reemplazar. Singularmente, los sistemas más costosos (las letrinas con depósito de agua) son los que en definitiva resultan más baratos, por su larga duración, y son además los más fáciles y los más económicos desde el punto de vista de conservación.

La experiencia general pone de manifiesto la necesidad de tener en cuenta un hecho muy importante; al seleccionar o construir un tipo determinado de letrina, el costo no ha de ser el factor dominante. Después de estudiar detenidamente todos los elementos que entran en juego, hay que encontrar un término medio y dar preferencia a los factores que procuren un medio higiénico y merezcan la aprobación de la familia.

Evaluación y selección de los diversos sistemas de evacuación de excretas

Criterios de selección

Los problemas que plantea la selección de un tipo de instalación sanitaria para una determinada colectividad rural son múltiples y no pueden recibir una respuesta clara y sencilla. Al seleccionar el tipo de instalación que responda mejor a las necesidades locales, hay que tener en cuenta el costo. Los sistemas de alcantarillado con retretes de depósito de agua son muy costosos y exceden con mucho las posibilidades económicas de las zonas rurales. Entre este sistema y el extremo opuesto, o sea, el de no disponer de instalaciones sanitarias de ningún género, lo cual, si bien no cuesta nada de momento,

resulta desastroso por las enfermedades y defunciones que provoca y por las consiguientes pérdidas económicas que acarrea, es preciso encontrar una solución que ofrezca a la vez la máxima protección sanitaria y cuya construcción y mantenimiento entren dentro de las posibilidades económicas de la población. Todo técnico de saneamiento debe tener muy en cuenta este aspecto del problema, no sólo por lo que se refiere a las letrinas, sino a cualquier otro tipo de mejora sanitaria.

Las características de las letrinas son a menudo muy distintas. Sin embargo, desde el punto de vista puramente técnico, se admite generalmente que una letrina o cualquier otro método de evacuación de excretas debe reunir los siete requisitos siguientes (adaptado de Ehlers y Steel ¹⁶) :

1. La capa superficial del suelo no debe contaminarse.
2. No deben contaminarse las aguas subterráneas que puedan entrar en los manantiales o pozos.
3. No deben contaminarse las aguas superficiales.
4. Las excretas no deben ser accesibles a las moscas o a otros animales.
5. No deben manipularse las excretas recientes; y si la manipulación es indispensable, deberá reducirse al mínimo.
6. Las instalaciones deben estar exentas de olores y de detalles repugnantes.
7. El método utilizado debe ser sencillo y de construcción y funcionamiento poco costosos.

¹⁶ Municipal and rural sanitation, 4th ed. Ehlers, V.; Steel, E. W. New York. (1950).

Principales tipos de instalación

Los dos tipos de instalación que reúnen mejor los siete requisitos antes citados son las letrinas de pozo y las letrinas de pozo anegado.

La letrina de pozo sin requerir de mucho cuidado en su emplazamiento y construcción, no se producirá la menor contaminación del suelo ni de las aguas superficiales o subterráneas. Las excretas no serán accesibles a las moscas si se mantiene tapado el orificio, pero, aunque se deje abierto, el problema de las moscas no es muy importante, porque esos insectos rehuyen los hoyos y superficies oscuras. Una buena garita contribuye a impedir que los rayos del Sol y la luz entren en el pozo. No se manipulan las excretas. Los olores son insignificantes y las heces no están por lo general a la vista. La letrina de pozo es de construcción sencilla y de fácil utilización y no requiere ningún trabajo de conservación. Su duración oscila entre cinco y quince años, según sea la capacidad del pozo y el uso o el abuso que se haga de él. Su principal ventaja consiste en que en cualquier país del mundo una familia puede construirlo con pocos gastos, con muy poca o ninguna ayuda ajena y con utilización de materiales locales. Tiene pocos inconvenientes y puede contribuir decisivamente a prevenir las enfermedades transmitidas por las inmundicias.

La letrina de pozo anegado es una variante de la " letrina séptica ", que se introdujo por primera vez en los Estados Unidos de América hace unos 90 años. Si el depósito es impermeable, no pueden contaminarse el suelo ni las aguas de superficie o subterráneas. Las moscas no son atraídas por el contenido del depósito y no hay olores ni detalles repugnantes. Puede instalarse cerca de la casa. Las heces y el fango, así como las piedras, palos, trapos y demás desechos que puedan arrojarse, se acumulan en el depósito y deben, por supuesto, retirarse a intervalos. Si la capacidad del depósito es suficiente, la manipulación de su contenido puede reducirse al mínimo. Para que la

letrina funcione satisfactoriamente es necesario agregar agua cada día; la que procede normalmente de la utilizada para el lavado anal y para limpiar la losa y el tubo o embudo de bajada. Su tipo de instalación es permanente, y su construcción resulta más cara que la letrina de pozo.

Cabe mencionar aquí la losa de cierre hidráulico que da origen a la letrina del mismo nombre, llamada también a veces letrina de sifón. En realidad no se trata de una letrina de tipo distinto sino más bien de una variante interesante de la losa o piso corriente de la letrina. La losa de cierre hidráulico puede instalarse encima de un pozo (como el de una letrina de pozo) o de un depósito de agua (como el de letrina de pozo anegado). Si se utiliza y conserva debidamente, el cierre hidráulico elimina las moscas y los malos olores. Por esta razón puede instalarse muy bien como parte de la vivienda, de preferencia en la parte trasera y con una entrada exterior. Es evidente que su pequeño sifón no soportará los abusos.

Tipos de instalaciones menos convenientes

La letrina de pozo perforado es una variante de la letrina de pozo. El pozo es de menor diámetro pero más profundo. Su capacidad es sin embargo muy inferior a la del pozo seco normal y, en consecuencia, su duración es menor. A causa de su profundidad - que llega a ser de 6 metros - el pozo penetra a menudo en las aguas subterráneas, a las que contamina fácilmente. No se contaminan, en cambio, el suelo ni las aguas de superficie, ni es preciso manipular los excrementos. El peligro de las moscas es mayor por la probabilidad de que se contamine la parte superior de la pared del orificio, inmediatamente debajo de la abertura. El derrumbamiento de las paredes del pozo representa a menudo un gran inconveniente. Este tipo de letrina es de construcción sencilla y barata si se dispone de los útiles necesarios.

La letrina de Cubo movable aunque teóricamente y con una vigilancia excepcionalmente severa, un sistema de letrina de cubo movable pueda instalarse y funcionar con entera satisfacción desde el punto de vista higiénico, en la práctica no ocurre así, como lo demuestra la experiencia adquirida en todas partes. Tal como suele funcionar, el sistema de letrina de cubo movable atrae moscas en gran número, no ya sólo al emplazamiento de la letrina, sino a todo lo largo del trayecto que conduce al vertedero. La manipulación de las excretas es considerable. De este sistema puede afirmarse hoy, sin temor a equivocarse, que la manipulación antihigiénica de los cubos y de las excretas constituye la regla y que son excepcionales los casos en que esas instalaciones se utilizan e inspeccionan adecuadamente. Los riesgos de contaminación del suelo y de las aguas de la superficie y subterráneas son constantes, y el olor y la suciedad suelen ser considerables. El costo de la letrina de cubo movable no es elevado, pero los gastos que ocasiona su funcionamiento la convierte al cabo de unos años en el tipo de instalación más caro. Este tipo de letrina no es recomendable en nuestro país por la poca educación sanitaria para utilizarlas.

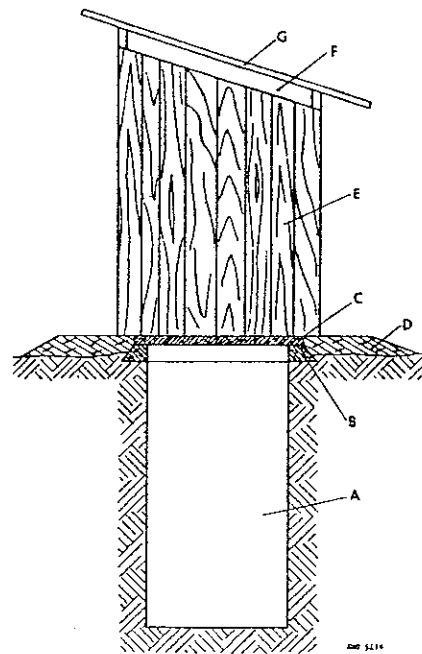
Las letrinas de zanja son instalaciones que pueden ser relativamente satisfactorias o sumamente antihigiénicas, según la escrupulosidad o la negligencia con que se observen ciertas precauciones, las cuales dependen del usuario y en la mayoría de los casos no se observan en la práctica. El sistema permite por lo tanto que se violen con frecuencia las normas de saneamiento más fundamentales, violaciones que en el caso particular que nos ocupa son sobre todo la contaminación del suelo y el fácil acceso de las moscas y otros animales. Por todo ello, no se recomienda su empleo.

La letrina colgante se usa a menudo en zonas limitadas que quedan frecuente o periódicamente cubiertas por el agua, sobre todo por el agua del mar. Los factores más importantes en este caso son el grado de salinidad de las aguas receptoras, la profundidad

de las mismas y el grado de la dilución posible. Este tipo de instalación debe considerarse solamente como el último recurso a que puede acudirse en circunstancias excepcionales.

1. Letrina de Pozo

La letrina de pozo (*figs. 4.3 y 4.4*) consiste en un hoyo cavado a mano, cubierto con una losa a la turca o con un piso provisto de una tasa con asiento y alrededor del cual se construye después una garita.



- | | |
|---------------|-----------------------|
| A = Pozo | E = Garita con puerta |
| B = Base | F = Ventilación |
| C = Piso | G = Techo |
| D = Terraplén | |

Fig. 4.3. Partes de una Letrina Higiénica.

(*Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J. 1960*)

Descripción y función de las diversas partes

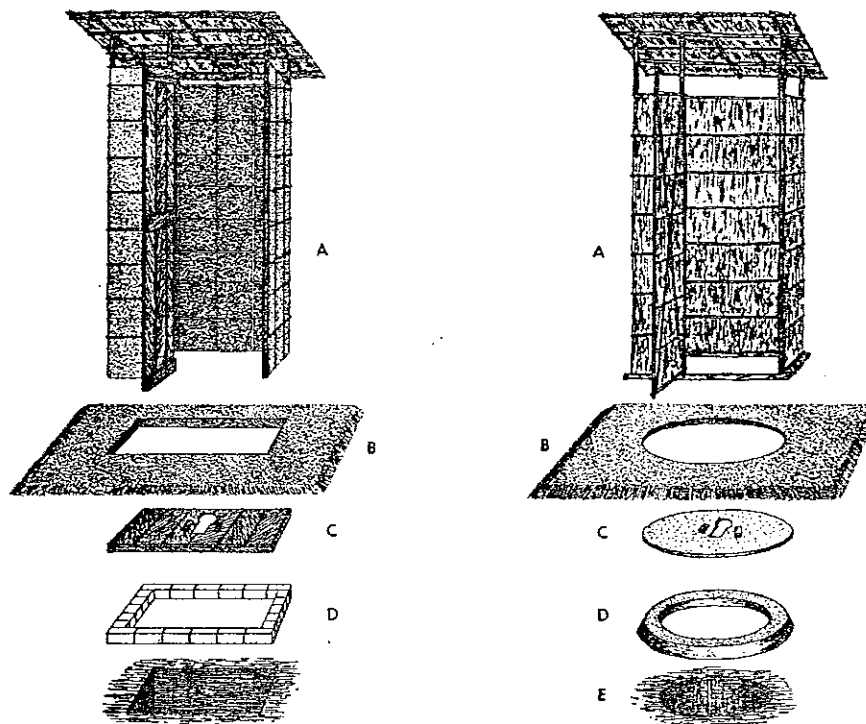
El pozo

La función del pozo consiste en aislar y almacenar las excretas humanas de tal manera que las bacterias nocivas no puedan transmitirse desde ellas a un nuevo huésped. El pozo suele ser redondo o cuadrado, si se destina a una familia, y rectangular si sirve de letrina pública. Sus dimensiones varían de 90 a 120 cm de diámetro o de lado. Por lo común, las letrinas familiares tienen 90 cm de diámetro o 1.06 m de lado. En las instalaciones públicas, la anchura del pozo será de 90 a 100 cm y su longitud dependerá del número de orificios de entrada previstos. La profundidad suele ser de 2.50 m, pero puede variar de 1.80 a 5 m; si se toma en cuenta la estabilidad del suelo en donde se instala la letrina.

Cuanto más tiempo sirva un pozo seco a una familia sin ser desplazado ni reconstruido, más eficaz será la protección sanitaria que proporciona y, por consiguiente, mayor utilidad tendrá para la familia y la colectividad. Conviene aumentar la capacidad y la eficiencia de las letrinas de pozo a fin de prolongar su duración útil y reducir así su costo anual por persona. La duración de una letrina depende del cuidado con que se construya, de los materiales empleados en ella y del tiempo que el pozo necesite para llenarse. El factor fundamental suele ser el tiempo que el pozo tarde en llenarse, lo que a su vez depende del método de limpieza anal, de la capacidad del pozo y de las condiciones que en él existan.

Al decidir la capacidad que haya de tener un pozo, hay que tomar en cuenta si el pozo será húmedo o seco, es decir si penetrará o no en la capa de aguas freáticas. En cualquier caso, no hay que olvidar que el proceso de descomposición empieza tan pronto las excretas se depositan en el pozo y que, a causa de la descomposición y del

apelmazamiento, el volumen del fango que se acumula lentamente es menor que el de la totalidad de las excretas depositadas. Para decirlo con precisión, el ritmo de acumulación de fango digerido y de excretas parcialmente digeridas no es directamente proporcional a la cantidad de excretas añadidas cada año. El volumen que ocupa el contenido de un pozo húmedo puede, con el tiempo, quedar reducido al 10% aproximadamente de la cantidad total de excrementos (heces y orina) depositados.



A = Garita B = Terraplén C = Piso D = Base E = Pozo

Fig. 4.4. Partes principales de dos tipos de Letrina Higiénica

(Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J. 1960)

En los pozos húmedos, se supone que la producción diaria de un litro de excrementos contenga 100 g de sólidos secos y que durante un año la digestión de los fangos en las condiciones propias de un pozo húmedo reduzca esta masa en un 80%, quedará un total de 20 g de materia seca. Admitiendo, por otra parte, que el contenido de humedad de fango digerido sea del 80%, se llega, después de un período de digestión de un año, a la cifra de 100 g de fango húmedo, lo que representa 36.5 litros por persona y año. Así, pues, para una familia compuesta por 5 personas se necesita un depósito de fangos con una capacidad de 184 litros por año.

Para determinar la capacidad efectiva de las letrinas de pozo húmedo, conviene prever una acumulación de 37 litros por persona y por año, y de 57 litros (alrededor de un 50% más) por persona y año si se utilizan hierbas, piedras, bolas de barro, cáscaras de coco o materiales análogos para las operaciones de limpieza.

Sabido es que la digestión de los sólidos es menos rápida y menos completa en las letrinas de pozo seco que en las de pozo húmedo. Las observaciones efectivas efectuadas en áreas rurales indican que en los pozos secos el volumen disminuye en un 50% por año a causa de la digestión. A falta de datos más precisos, se puede aceptar provisionalmente ese porcentaje. En las zonas rurales, un pozo de una capacidad efectiva de 1 m^3 sirve durante 4 años para una familia compuesta por término medio de 5 personas, lo que representa una capacidad de 0.05 m^3 por persona y año.

Se recomienda además que, siempre que sea posible, los pozos húmedos tengan como mínimo una profundidad de 3 m. Respecto de la capacidad de almacenaje del pozo, conviene proyectarlo para que dure el mayor tiempo posible, por ejemplo de 10 a 15 años. En todo caso, se recomienda encarecidamente que los pozos se proyecten para durar por lo menos 4 años.

Revestimiento del pozo

Muchas veces es indispensable colocar un revestimiento en el pozo para impedir que se derrumben las paredes. Esta precaución es sobre todo necesaria durante las estaciones lluviosas cuando los pozos se excavan en suelos aluviales de grano fino, en suelos arenosos y en formaciones análogas, o cuando penetran profundamente en la capa de las aguas subterráneas. Incluso en suelos estables conviene revestir los primeros 40 ó 60 cm de la pared del pozo con objeto de consolidarlo y de impedir que se hunda bajo el peso del piso y de la garita. Para ese fin se emplean corrientemente ladrillos, piedras, bloques de concreto o de laterita, adobes, madera de construcción, troncos devastados, cañas seccionadas longitudinalmente y bambú.

La base

La base sirve de cimiento sólido e impermeable sobre el que puede colocarse el piso. También contribuye a impedir que salgan las larvas de anquilostoma. Construida convenientemente con un material resistente y duradero, ayuda a impedir que entren en el pozo roedores cavadores y aguas superficiales. La mayoría de las veces, el revestimiento del pozo sirve también de base, aunque en ese caso quizá haya que reforzarlo a la altura de la superficie del terreno.

Para que el piso pueda asentarse sobre una buena superficie, el cimiento debe tener una anchura mínima de 10 cm en la parte superior y de 15 cm o más en la parte inferior a fin de permitir un contacto estable con el suelo. Tendrá una forma que se ajuste bien al pozo. La base debe ser lo bastante alta para elevar el piso 15 cm por encima del nivel del suelo circundante para que junto con el terraplén, proteja al pozo contra las inundaciones.

Para construir la base pueden emplearse los siguientes materiales:

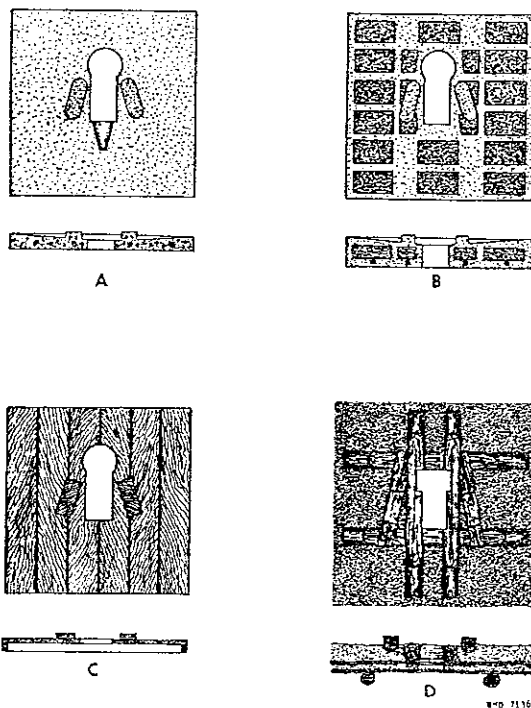
- a) concreto común o armado, prefabricado; la misma mezcla que para los pisos;
- b) tierra y cemento: 5 - 6% de cemento mezclado con arcilla arenosa y apisonado con el contenido óptimo de agua;
- c) arcilla espesa y apisonada con el contenido óptimo de agua;
- d) ladrillo: barro seco, cocido, adobe, y otros;
- e) mampostería de piedra;
- f) troncos sin desbastar: madera dura y resistente a los termes.

El piso (fig. 4.5)

El piso sostiene al usuario y cubre el pozo. Debe construirse de manera que encaje perfectamente en la base y con un mínimo de grietas y aberturas en la superficie. El piso sin asiento o losa de letrina a la turca, ha resultado, en casi todo el mundo, el más conveniente para las zonas rurales, pero en muchos países se prefiere el piso provisto de asiento. Un eminente educador sanitario y especialista en antropología social ha dicho que la postura habitual en la defecación es quizá el factor que por sí solo más influye en que la población acepte o rechace las letrinas.

Normalmente el piso o la losa deben extenderse hasta las paredes de la garita, ya que de otro modo quedaría una faja periférica de tierra que puede ensuciarse y convertirse en un medio propicio para la infestación por anquilostomas. Debe estar hecho de un material duradero e impermeable y de superficie dura para facilitar la limpieza; si puede construirse de concreto armado, se evitará muchos problemas, primero porque el concreto forma una superficie impermeable que facilita la limpieza, y segundo porque si se prepara bien, durará indefinidamente.

Fig. 4.5. Diversos Tipos de Pisos.
(Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J., 1960)



- A = Hormigón armado
 B = Mortero armado con ladrillo
 C = Madera
 D = Ensamblado de troncos de árbol y tierra

Los materiales más corrientemente empleados son los siguientes:

- a) concreto armado;
- b) concreto armado con relleno de ladrillo;
- c) madera;
- d) piso ensamblado formado por maderos de pequeño diámetro y con las juntas rellenas de barro ó de una mezcla de tierra y cemento.

Todas las opiniones coinciden en que el concreto es a la larga el material más práctico, satisfactorio y barato para el piso del pozo. Vienen luego por orden de preferencia los pisos de madera.

La forma y el tamaño de los orificios para pisos con asiento son prácticamente uniformes en las zonas rurales. En cambio, por lo que se refiere a las losas a la turca, la literatura muestra una gran variedad de dimensiones del orificio, a menudo con argumentos contradictorios acerca de sus cualidades respectivas. Los requisitos más importantes son los siguientes:

1. La abertura debe ser bastante grande y poseer un contorno que reduzca al mínimo, o mejor aún, que impida, las posibilidades de que se ensucie el piso. Una abertura con una longitud efectiva de unos 38 cm, y si es posible más, reunirá esas condiciones.
2. No debe ser tan grande que los niños puedan caerse al pozo. Una abertura con una anchura o diámetro efectivo de 18 cm o menos será suficiente.

Se recomienda con frecuencia que las losas a la turca estén provistas de resalte inclinados en los pies, con objeto de reducir al mínimo la posibilidad de que se ensucie el piso. Los resaltes para los pies suelen formar parte integrante de la losa sin asiento y deben servir tanto para los adultos como para los niños. Si tales resaltes no están bien contruidos - por ejemplo, si forman con el suelo un ángulo agudo o son excesivamente largos - será difícil limpiar y fregar el piso.

Otro factor que influye mucho en que una letrina sea aceptada o rechazada por las personas a que se destina es la distancia que media entre el orificio y la pared trasera de la letrina. Si la distancia es demasiado pequeña, la espalda del usuario tocará la pared, la cual quizá no siempre esté muy limpia ni exenta de hormigas y otros insectos. Además, cabe la posibilidad de que las excretas ensucien la parte superior de la pared del pozo. Aún así esa distancia no debe ser demasiado grande, pues de lo contrario es probable que ensucie la parte trasera del piso. La distancia mínima entre el borde posterior del orificio y la pared de la garita debe ser de 10 cm - o mejor aún, de 15 cm- y la máxima de 18 cm.

El terraplén

La función del terraplén consiste en proteger al pozo y la base contra las corrientes superficiales que de otro modo podrían penetrar en el pozo y destruirlo. Debe elevarse hasta el nivel del piso de la letrina, estar muy bien apisonado y medir por todos los lados 50 cm más que la base. En casos excepcionales, por ejemplo en llanos expuestos a inundaciones y cerca del litoral, el terraplén puede construirse muy por encima del suelo, a fin de que proteja la instalación contra las crecidas y las mareas. Normalmente se construirá con la tierra extraída del pozo o de los alrededores y podrá reforzarse con un revestimiento de piedra para impedir que lo arrastren las lluvias intensas. Delante de la puerta de entrada acaso convenga completar el terraplén con un peldaño de mampostería o ladrillo, con lo cual se facilitará la limpieza del piso de la letrina.

La garita o superestructura (figs. 4.6 y 4.7)

La garita permite el aislamiento y protege al usuario y a la instalación contra la intemperie. Desde el punto de vista sanitario, la garita es menos importante que el pozo o la losa. Por ello, cuando se emprende una campaña de construcción de letrinas, se deja muchas veces a la población que construya las garitas en la forma que prefieran y el inspector sanitario se limita a dar orientaciones de carácter general.

Para que esté bien construida, una garita debe reunir ciertos requisitos, de los cuales los más importantes son:

1. Tamaño. De preferencia se ajustará a las dimensiones del piso o de la losa y nunca será demasiado grande para evitar la tentación de defecar en cualquier parte del piso cuando los alrededores de la abertura hayan sido ensuciados por

anteriores usuarios. La altura del techo con relación a la losa cerca de la puerta de entrada será de dos metros o más.

2. Ventilación. Conviene practicar unas aberturas de 10 a 15 cm de diámetro en la parte superior de las paredes de la garita, con el objeto de facilitar una ventilación constante.
3. Iluminación. La garita deberá recibir la luz natural siempre que sea posible, pero se procurará que proyecte una sombra suficiente sobre el asiento o el orificio para que aún al estar destapado no acudan a él las moscas.
4. La limpieza. Una garita sucia y en constante estado de deterioro no tardará en ser abandonada y en dejar de utilizarse como letrina. Es, pues sumamente importante que la garita esté limpia en todo momento, tanto por dentro como por fuera, y que no entren en ella aves de corral ni otros animales. El techo debe cubrir completamente la garita y tener un gran alero que proteja el terraplén y las paredes contra la lluvia y el desagüe.

Para construir la garita se utilizan entre otros los siguientes materiales:

- a) madera: las tablas de madera de construcción pueden resultar caras en algunas regiones;
- b) láminas de fibro cemento: son caras, pero duraderas y portátiles;
- c) metal : caro pero dura mucho tiempo;
- d) hojas de palmera o de paja: fácil de conseguir en muchos lugares, es además un material barato y muy duradero. La garita puede transportarse si ese material se coloca sobre una armazón bien construida;
- e) ladrillo- barro seco, cocido, adobes - : instalación permanente, pero de difícil transporte;

- f) barro: si se coloca en debida forma y está protegido contra la lluvia, permite construir una garita duradera, no se transporta fácilmente;
- g) cerca de protección: en algunas zonas donde las lluvias son escasas, en lugar de una garita se construye alrededor de la letrina una cerca o valla de aislamiento.
- h) Block Pomez Tipo Liviano, con una resistencia no menor de 50 Kilogramos por centímetro cuadrado, calculada por el área bruta del block; instalación permanente, pero de difícil transporte.

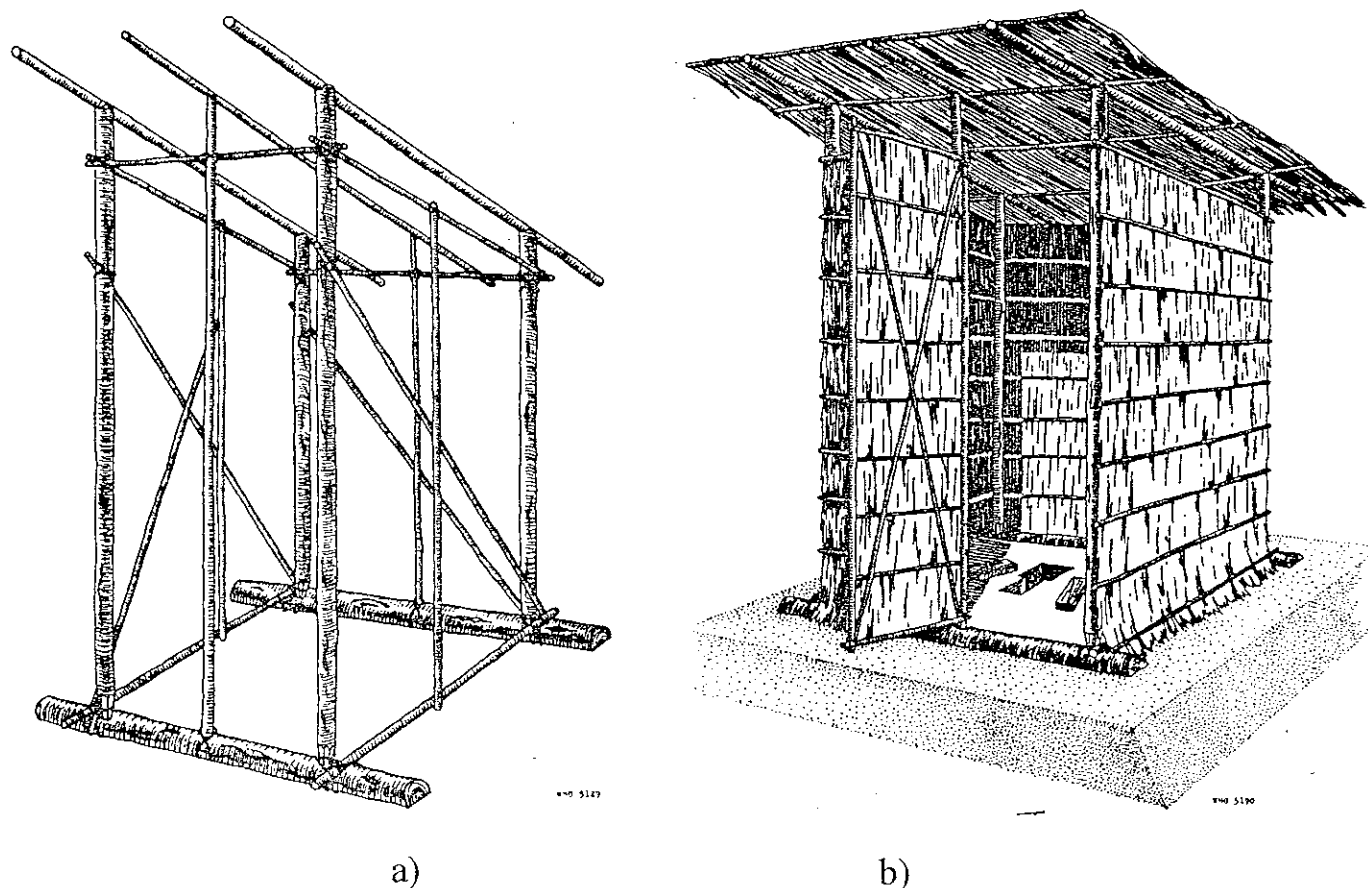


Fig. 4.6. a) Armazón de Garita Portátil (formada por ramas y troncos sin debastar).

b) Letrina Completa con paredes y techo de hojas de palmera.

(Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J., 1960)

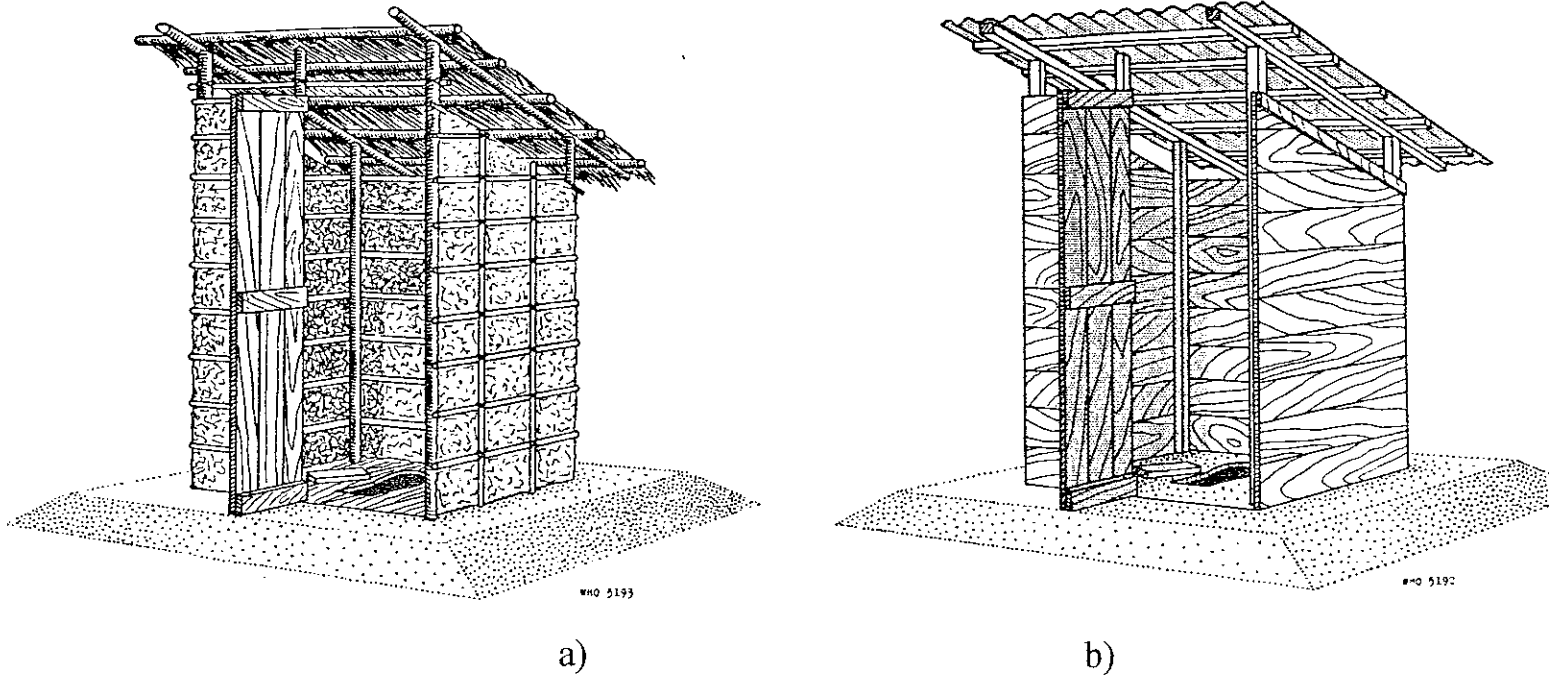


Fig. 4.7. a) Garita de Zarco con techo de hojas de palmera
b) Garita de madera con Techo Ondulado de Metal o de Asbesto Cemento
(Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J. 1960)

Ventilación del pozo

En algunas circunstancias puede ser conveniente instalar respiradero para el pozo o el asiento. En los climas templados o en tiempo frío existe a menudo una diferencia considerable de temperatura entre el aire del pozo y el aire exterior. Esa diferencia de temperatura provoca una condensación en la parte inferior de la tapa del asiento (ó del orificio). Se estima además que el respiradero produce una corriente de aire que contribuye a mantener seco el contenido del pozo y a reducir su volumen (terminación de la fase aerobia de la descomposición).

En las zonas tropicales, sin embargo, todo parece indicar que la ventilación es inútil. La mencionada diferencia de temperatura es insignificante en la mayor parte de los casos, y los orificios están destapados.

Emplazamiento de la Letrina de Pozo

Las letrinas de pozo deben construirse de preferencia a unos 6 m o más de distancia de la vivienda.

Ventajas de la fabricación en serie

- a) se economizan tiempo y materiales en la construcción;
- b) se uniformizan las características del proyecto, es decir, se limitan considerablemente las variantes que un personal inexperto podría introducir en la construcción si los planos no se hubieran preparado con detalle;
- c) se facilita la adquisición de materiales;
- d) se facilita enormemente el adiestramiento de los obreros para construir las instalaciones.

2. Letrina de Pozo Anegado

Esta letrina consiste en un depósito lleno de agua en el que penetra un tubo de caída que desciende desde el piso de la letrina (*véase la fig. 4.8*). Las heces y la orina caen al depósito por el tubo de caída y allí sufren la descomposición anaerobia, lo mismo que un foso séptico. El fango digerido, que se reduce a la cuarta parte aproximadamente del volumen de excretas depositadas, se acumula en el depósito y debe retirarse regularmente.

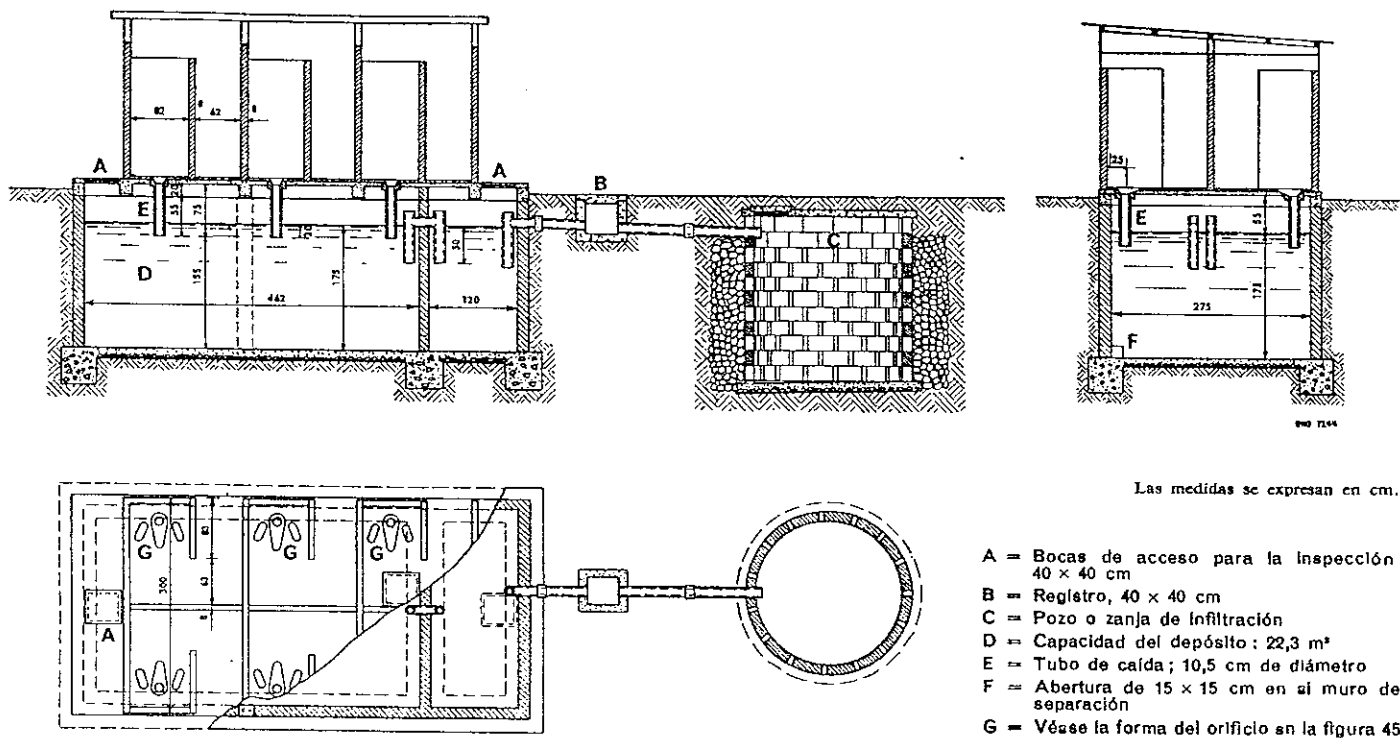


Fig. 4.8. Letrina Pública de Pozo Anegado

(Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J., 1960)

Descripción y función de las diversas partes

El depósito

La función del depósito consiste en recibir, almacenar y digerir las excretas, al abrigo de las moscas y otras sabandijas, y hacerlas inocuas. La forma del depósito depende de los medios y materiales locales de construcción, puede ser redonda cuadrada o rectangular. Los depósitos de concreto construidos sobre el terreno suelen ser cuadrados o rectangulares, toda vez que los moldes para esas formas son más fáciles de construir. Los depósitos redondos pueden construirse con tuberías de concreto de 36 pulg o 48 pulg de diámetro colocadas verticalmente en un pozo y tapadas en el fondo con concreto.

Las dimensiones del depósito varían según el número de personas a que está destinado y según el intervalo que se deje transcurrir entre dos operaciones de evacuación de fangos. De los datos reunidos y analizados, se desprende que la letrina de pozo anegado de tipo familiar debe tener de preferencia una capacidad no inferior a 1 m^3 , lo que permite efectuar operaciones de limpieza cada seis años o más.¹⁷ Sin embargo, otros datos indican que un depósito más pequeño puede funcionar también perfectamente si se toma la precaución de añadirle agua todos los días, pero ese depósito exige que se retiren con más frecuencia los fangos y residuos no digeridos que se hayan arrojado en él. Para la letrinas públicas de ese tipo, la experiencia aconseja calcular una capacidad de 115 litros por persona, basándose en el número máximo de personas que hayan de utilizarlas.

Los depósitos anegados no necesitan ser muy profundos, lo cual es una ventaja evidente desde el punto de vista de la construcción, sobre todo en las zonas donde el nivel de aguas subterráneas o el subsuelo rocoso es alto. Lo corriente es preveer una profundidad de 1 a 1.5 m (se considera como mínimo 1 m).

Para el buen funcionamiento de este tipo de letrina importa que el depósito sea hermético, ya que si hay la menor fuga el nivel de agua del depósito no llegará a la abertura inferior del tubo de caída y, como consecuencia, las moscas y mosquitos tendrán acceso al depósito, los gases malolientes de la descomposición se escaparán directamente a la garita y, por último, se contaminarán el suelo y las aguas subterráneas.

Para construir el depósito suelen emplearse los siguientes materiales:

- a) concreto común o armado,
- b) mampostería de Block pomez Tipo liviano, ladrillos o de piedras enlucida con una capa de yeso. El concreto es, sin duda, el mejor material para asegurar una

¹⁷ Small sewage disposal systems. Macdonald, O. London. (1952).

completa impermeabilidad; es de gran duración y relativamente fácil de manipular. Los Blocks pomez, ladrillos y las piedras pueden resultar más baratos en las zonas donde abunden, pero para hacerlos impermeables hay que revestirlos de una buena capa de cemento, aplicar el alisado de cemento.

El piso o losa

El piso o losa de las letrinas de pozo anegado suele ser del tipo a la turca y está provisto de un tubo de poca longitud. Según sea su diseño, puede comprender o no una taza.

El piso y la losa pueden ser de concreto, madera u otro material. Como la letrina de pozo anegado es de carácter permanente, el piso suele construirse con un material duradero, como el concreto. Este material se presta a los métodos de fabricación en serie. La superficie de la losa está ligeramente inclinada desde los bordes hacia el orificio o la taza con objeto de facilitar la evacuación al depósito del agua que se usa para limpiar y fregar las losas, así como del agua que en algunas regiones se utiliza normalmente para abluciones o la limpieza personal.

La taza suele ser de cemento y se funde previamente con la losa, pero el tubo de caída es de concreto o de arcilla vitrificada. También puede utilizarse tubería PVC en el tubo de caída. El diámetro del tubo varía de 10 a 20 cm, según el uso que vaya a hacerse de la letrina y de los procedimientos que se apliquen en su conservación. Si el pozo se usa adecuadamente, bastará con el tubo de menor diámetro, pero en los lugares donde es probable que se utilicen piedras, pelotas de barro o palos para la limpieza personal, el mayor diámetro permitirá reducir la obstrucción del tubo. El tubo de menor diámetro evita las salpicaduras del agua, y por lo común, la formación de costras de heces cuando la letrina se usa constantemente. Los tubos de más de 20 cm de diámetro dejan al

descubierto una superficie excesiva de agua, sobre la que los mosquitos pueden poner huevos; y además es mayor la molestia de las salpicaduras de agua.

En cuanto a la profundidad de inmersión del tubo de caída, la práctica varía considerablemente. Los mejores resultados se obtienen con un tubo de 10 cm y un cierre de 10 cm, ya que un tubo estrecho y un cierre corto aumentan la eficacia de la descarga.¹⁸ En la mayoría de los casos será suficiente una inmersión de 10 a 15 cm, a condición de que se tenga la certeza de que el depósito es completamente hermético y de que no bajará el nivel del líquido.

En esas letrinas, acaso más que en las letrinas de pozo, son muy necesarios los resaltes para los pies, pues es muy fácil que el piso de la letrina del pozo anegado se moje al salpicar el agua utilizada para la limpieza y el lavado personal. Al igual que en las letrinas de pozo, conviene construir adecuadamente los resaltes para los pies con objeto de que esa agua vierta con prontitud y facilidad hacia el orificio.

La garita o superestructura

El propósito y el modelo de la garita o superestructura de las letrinas de pozo anegado son idénticos a los de las letrinas de pozo.

Ventilación del depósito

En las letrinas de pozo anegado, como la descomposición de las excretas es enteramente anaerobio, hay que adoptar disposiciones para permitir el escape del gran volumen de gas que normalmente se produce por la fermentación. Para eso se instalará un respiradero. La abertura de ese tubo en el depósito debe estar inmediatamente debajo de la losa y lejos de las heces que pudieran obstruirla. Su abertura exterior debe estar

¹⁸ Small sewage disposal systems. Macdonald, O. London. (1952).

encima del techo de la garita y lejos de las puertas y ventanas de las casas vecinas, con objeto de evitar olores. Un tubo de 7.5 cm (3 pulg) dará buen resultado en la mayoría de los casos.

Evacuación del efluente

Por cada litro de agua añadida a un depósito hermético de una letrina de pozo anegado habrá que evacuar una cantidad correspondiente de agua residual como efluente. Este último tiene un carácter séptico, está cargado de partículas de materia fecal en suspensión y está en plena descomposición.

Puede también transportar bacteria nocivas, así como huevos de parásitos. Además, y debido a las pequeñas dimensiones del depósito, la posibilidad de que el agua pase directamente desde el tubo de caída al tubo de salida es evidente. Por todo ello no debe permitirse nunca que el efluente, aunque sea de poco volumen, corra libremente por el suelo o por zanjas abiertas, ni debe utilizarse tampoco para regar las hortalizas destinadas al consumo en crudo.

El promedio de agua que ha de evacuarse de una letrina de pozo anegado se ha calculado en 4.5 litros aproximadamente por persona y día, pero se recomienda una capacidad de 9 litros para la construcción del sistema de evacuación. Esta cifra variará según el sistema de agua que se utilice para la limpieza y ha de modificarse basándose en observaciones prácticas. Por ejemplo, si una letrina de pozo anegado está provista de un grifo instalado dentro de la garita, hay que suponer que el depósito recibirá una cantidad de agua muy superior a la indicada anteriormente, e incluso que su funcionamiento será menos eficaz. En esas circunstancias, un sistema de evacuación de efluente previsto para una cantidad de 9 litros de agua por persona y día se recargará y dejará de funcionar al poco tiempo.

El efluente sale por un tubo de 10 cm insertado a un lado del depósito de agua al nivel conveniente. Para impedir que las heces entren en el tubo de evacuación, la salida está provista de un empalme en forma de T o de un tubo acodado. En las instalaciones pequeñas, el efluente suele evacuarse por medio de pozos de infiltración o por irrigación subterránea.

Emplazamiento de la letrina de pozo anegado

Una letrina de pozo anegado adecuadamente utilizada es una instalación limpia e inodora que puede construirse cerca de una vivienda. Si no puede garantizarse una utilización y un funcionamiento adecuados, habrá que situarla a mayor distancia de la vivienda. Los demás factores que influyen sobre el emplazamiento de las letrinas en general han sido examinados anteriormente.

Funcionamiento y conservación

La primera operación para que empiece a funcionar una letrina de pozo anegado es llenar de agua el depósito hasta el nivel inferior del tubo de evacuación del efluente. Con objeto de sembrar en el agua bacterias y los microorganismos convenientes para que se lleve a cabo el proceso de descomposición, se pueden agregar algunos fangos digeridos sacados de otra letrina. Esto no es absolutamente necesario, pero si no se contamina así el agua del depósito, tendrá que pasar cierto tiempo (de 6 a 8 semanas) antes de que la letrina funcione satisfactoriamente. Una vez puesta en marcha, la letrina seguirá funcionando por sí misma a condición de que se use a diario. En las regiones en donde no se practica la limpieza anal con agua, el depósito recibirá la pequeña cantidad de agua necesaria para su buen funcionamiento si la losa y la taza se friegan diariamente con 2 ó 4 botes de agua (de 25 a 40 litros aproximadamente).

Al igual que en la letrina de pozo húmedo, el volumen de los residuos humanos acumulados en el depósito se reducirá considerablemente, una vez digeridos. Al cabo de varios años de funcionamiento (de 6 a 8 aproximadamente), el fango digerido de una instalación de tipo familiar ocupará del 40 al 50% de la capacidad del depósito de agua y será necesario extraerlo. Los palos, las piedras, las pelotas de barro, las cáscaras de coco y objetos análogos utilizados para la limpieza no se desintegran y hacen que el depósito se llene con mayor rapidez, por lo cual es preciso limpiarlo más a menudo. Por consiguiente, al construir una letrina de pozo anegado conviene instalar una boca de acceso para la eliminación periódica del fango. Esa boca de acceso puede estar dentro o fuera de la garita y debe permitir un fácil acceso al fango así como al empalme de salida en T y al respiradero, los cuales habrá que limpiar de todas las heces y demás sólidos que hayan podido alojarse en ellos. La boca de acceso debe cerrar herméticamente para impedir que entren moscas y mosquitos, ha de ser fácilmente utilizable y no quedar cubierta y olvidada bajo una capa de tierra.

El fango extraído contendrá, naturalmente, algunas materias no digeridas, que son todavía nocivas y que deberán enterrarse en zanjas de 40 cm de profundidad.

En las letrinas de pozo anegado mal cuidadas se tropieza a menudo con la dificultad de que el tubo de caída se obstruye con las heces recientes, en las que las moscas ponen sus huevos de los que nacen luego las cresas que emigran a las paredes y al techo de la garita y ocasionan grandes molestias a los usuarios. Se ha intentado atenuar ese inconveniente, al parecer con éxito, por medio de un dispositivo para levantar 20 cm el tubo de caída antes y durante la descarga de agua. Por ese procedimiento la obstrucción desaparece durante un breve período de tiempo. Otro método consiste en utilizar un palo para empujar las heces a través del tubo de caída.

Ventajas e inconvenientes

Ventajas:

1. Si se utiliza y conserva bien, la letrina de pozo anegado reúne los siete requisitos enumerados en la página 143, en cuanto a las condiciones sanitarias y a las consideraciones estéticas.
2. La letrina de pozo anegado es un tipo de instalación permanente relativamente sencilla y barata.
3. Puede instalarse cerca de una vivienda.
4. Soporta bien los abusos.

Inconvenientes:

1. Su costo inicial, más bien elevado, puede impedir que se generalice su empleo en las zonas rurales de ciertas partes del país.
2. Puede no dar resultado en las zonas rurales donde no haya servicios organizados de saneamiento y educación sanitaria.
3. Para funcionar necesita agua (aunque no sea más que en pequeña cantidad).
4. Es preciso utilizarla y cuidarla cada día.
5. No puede utilizarse en climas fríos.

Entre los diversos tipos de letrinas, las de pozo anegado ocupa un lugar preferente, junto con la letrina de pozo, como sistema conveniente de evacuación de excretas en las regiones donde el abastecimiento de agua es limitado.

Procedimiento de Construcción

Las fases esenciales de la construcción del depósito son las siguientes:

1. Cavar un pozo de las dimensiones del depósito y echar una capa de grava de 10 cm de espesor, que se apisonará bien para conseguir un cimiento firme.
2. Vaciar de una vez el fondo de concreto de un espesor de 10 cm como mínimo, junto con 20 cm de pared, se utiliza una mezcla de cemento (una parte), arena (dos partes) y grava (cuatro partes), con 23 litros de agua como máximo por cada saco de cemento.
3. Al continuar la pared, se inserta el empalme en T de salida y el respiradero a los niveles adecuados. Revestir después la superficie interior del depósito con una capa de 1.25 cm de una mezcla rica en cemento (una parte de cemento y tres de arena), poniendo especial cuidado en las juntas de las paredes de concreto.
4. Una vez fraguado el concreto, ensayar la impermeabilidad del depósito llenándolo de agua durante 24 horas.
5. Colocar el piso y terminar la garita.
6. Cavar el pozo de infiltración o las zanjas de evacuación con arreglo al plan trazado.

La construcción de las losas de concreto en las letrinas de pozo anegado se moldean siempre en posición invertida para facilitar el vaciado de la taza y la colocación adecuada del tubo de caída.

3. Letrina de Cierre Hidráulico

La letrina de cierre hidráulico, también llamada letrina de sifón, consiste en una losa de concreto ordinario provista de una taza de construcción especial. En la práctica se requiere un cierre a 1.25 - 3.75 cm de profundidad. Dicha losa se puede instalar directamente sobre un pozo ordinario, un agujero perforado o un foso séptico, o en sus proximidades. En el caso del foso séptico, la taza se conecta al mismo por una tubería de poca longitud. Para arrastrar el contenido de la taza hasta el pozo basta emplear de 1 a 3 litros de agua. Gracias al cierre hidráulico, las moscas no tienen acceso al contenido del pozo ni pueden desprenderse los malos olores.

Diseño y Construcción

La losa a la turca

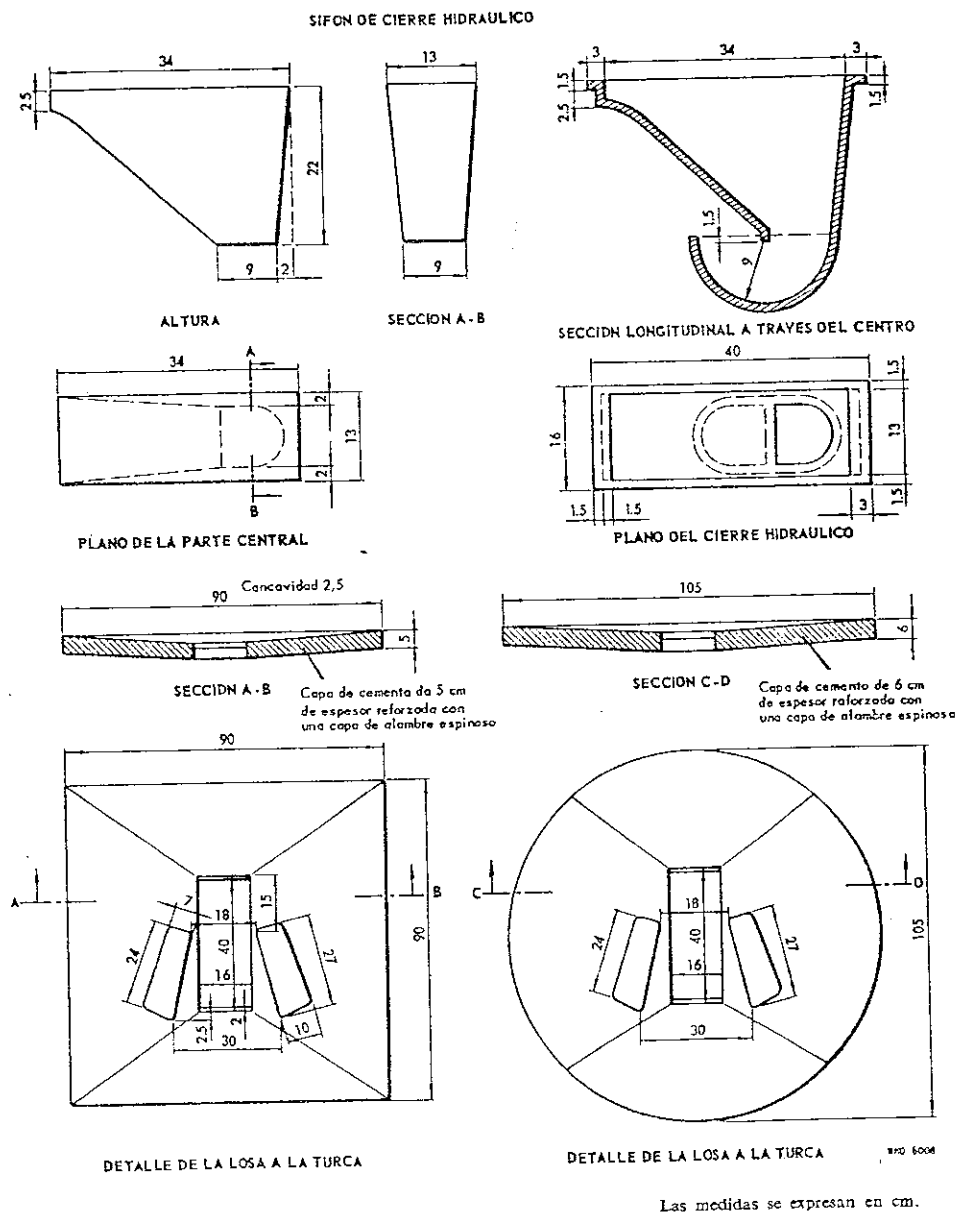
Se han adoptado diversos métodos para moldear el piso y la taza (*véase fig. 4.9*). En ocasiones el sifón tiene la forma de una P o de una S, según sea la situación del piso con respecto al pozo.

El método general de fabricación es el siguiente: se prepara un molde con la forma interior de la taza y su sifón; se recubre de una mezcla de cemento Portland y de arena de río y se deja que la taza así obtenida se fragüe y se consolide en el lugar donde se ha fabricado. La taza terminada se transporta luego al emplazamiento de la letrina; la losa se moldea con la taza como parte integrante, y, una vez fraguado el concreto, se coloca el piso completo sobre el pozo de la letrina. Cada molde consta de dos partes: una pieza principal hecha de mortero rico en cemento (dos partes de cemento por una de arena de río), o de madera dura, cuidadosamente pulida y lubricada, y otra pieza accesoria, de arcilla, para el interior del sifón.

La arcilla destinada a la construcción del molde para el interior del sifón se mantiene sumergida en agua hasta el momento de su empleo. Una vez que ha adquirido la consistencia conveniente por adición de ceniza, se moldea con ella un tubo en forma de U, y se utiliza como molde un tubo encorvado. Una parte esencial del molde es una tabla que sirve para sostener un extremo del tubo de arcilla en forma de U; el otro extremo descansa sobre la pieza principal del molde de la taza. La tabla se coloca a 20 cm por encima de la base del molde principal. Después de colocar el tubo en forma de U, se alisa cuidadosamente con una paleta la zona de unión con la pieza principal, a fin de que no quede ninguna irregularidad en la superficie interior de la taza terminada. Entonces se engrasa la totalidad de la pieza.

A continuación se aplica a mano sobre el molde una fina capa de lechada de cemento y arena de río sobre la que se espolvorea cemento seco para que la superficie interior de la taza quede compacta y lisa. Por último, se aplica a mano una capa de mortero espeso, formado por una parte de cemento y tres de arena de río, y se alisa con una paleta hasta lograr un espesor uniforme de 1.25 cm. Se deja la taza en reposo durante 24 horas como mínimo y luego se separa del molde que lleva consigo el núcleo de arcilla. La operación de preparar el molde y de construir la taza requiere unos 25 minutos. Una vez que la taza se ha endurecido, se extrae del sifón el núcleo de arcilla con una paleta, se lava toda la superficie con una lechada de cemento, y la taza terminada se conserva húmeda durante una semana para que se consolide. Con un saco de cemento Portland de 42.5 Kg., se pueden construir de 15 a 20 tazas.

Se recomienda que el sifón descargue hacia adelante, por debajo de la sección media de la taza. La experiencia adquirida con sifones que descargan hacia atrás demuestra que la pared posterior del pozo puede deteriorarse por erosión, riesgo que es mínimo cuando la descarga se efectúa cerca del centro del pozo.



Los sifones se fabrican con una mezcla de cemento y arena (1 parte de cemento por 1 parte de arena). Las porciones superiores y los bordes tienen 1 cm de espesor; la porción inferior, 0,9 cm de espesor. Peso de la pieza terminada 26 kg. Vaciado invertido en una sola operación mediante enlucido de la parte central y molde de arcilla ensanchable (para el sifón).

Fig. 4.9. Sifón Hidráulico y Losa a la Turca.
(Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J., 1960)

El tamaño de la losa debe coincidir con las dimensiones del pozo. Cuando la naturaleza del suelo lo exija, habrá que construir unos cimientos especiales para sostener los bordes de la losa. La taza terminada se transporta al emplazamiento de la letrina y se recibe en la losa a la turca. Se cava un hoyo en el que se introduce la taza de modo que su borde quede horizontal y sobresalga 5 cm de la superficie del suelo. Luego se afianza la taza y se apisona tierra a su alrededor, y se coloca sobre el suelo un marco de madera de 5 cm de altura con su borde superior horizontal y a 2.5 cm por encima del borde de la taza. El suelo delimitado por el marco se alisa, se apisona, y se procura darle una inclinación regular desde la periferia hasta la taza, a fin de que la losa de la letrina tenga un espesor uniforme. Después se coloca un material de refuerzo, que puede ser tela metálica de 2.5 cm de malla, y se extiende una capa de 5 cm de concreto, formado por una parte de cemento, dos de arena de río y cuatro de pedrín (de 2 cm de diámetro como máximo), que se alisa cuidadosamente con una paleta que parte del borde superior del marco hacia el de la taza. Es necesario que la losa quede perfectamente lisa para facilitar el desagüe hacia la taza. Si se necesitan resaltes para los pies, pueden utilizarse pequeños moldes de madera independientes. Debe señalarse que el vaciado directo sobre el suelo permite prescindir de las pesadas y costosas cajas de moldeo con refuerzos que se utilizan corrientemente. Una vez consolidada la losa, se prepara el pozo, y la taza a la turca se coloca a mano sobre la abertura del mismo.

El sistema de evacuación

Cuando la losa de la letrina se coloca directamente sobre el pozo de evacuación, este último se proyecta y construye de la misma manera que en las letrinas de pozo ordinarias (*véase fig. 4.3*). Si la losa de la letrina se instala dentro de la vivienda, la fosa se excava fuera y toma la forma y la disposición de un pozo negro permeable o de un

pozo perforado. En ese caso la distancia entre la losa de la letrina y el pozo negro o perforado debe ser tan pequeña como lo permitan los cimientos del edificio; de lo contrario, la tubería de desagüe sería demasiado larga y se obstruiría al poco tiempo, debido a la pequeña cantidad de agua que se utiliza para arrastrar las excretas desde la taza (*véase fig. 4.10*). La tubería de desagüe, que mide por lo general de 10 a 15 cm de diámetro, puede ser de hierro fundido o de tubería de concreto, y debe presentar una pendiente del 5 % como mínimo. Debido a los gastos suplementarios y a las dificultades que encierra la instalación de esa tubería, suele ser preferible colocar la losa de la letrina directamente sobre el pozo o agujero perforado.

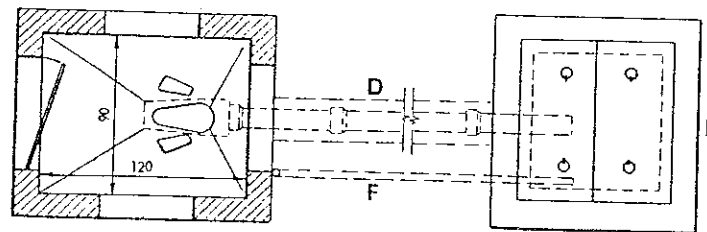
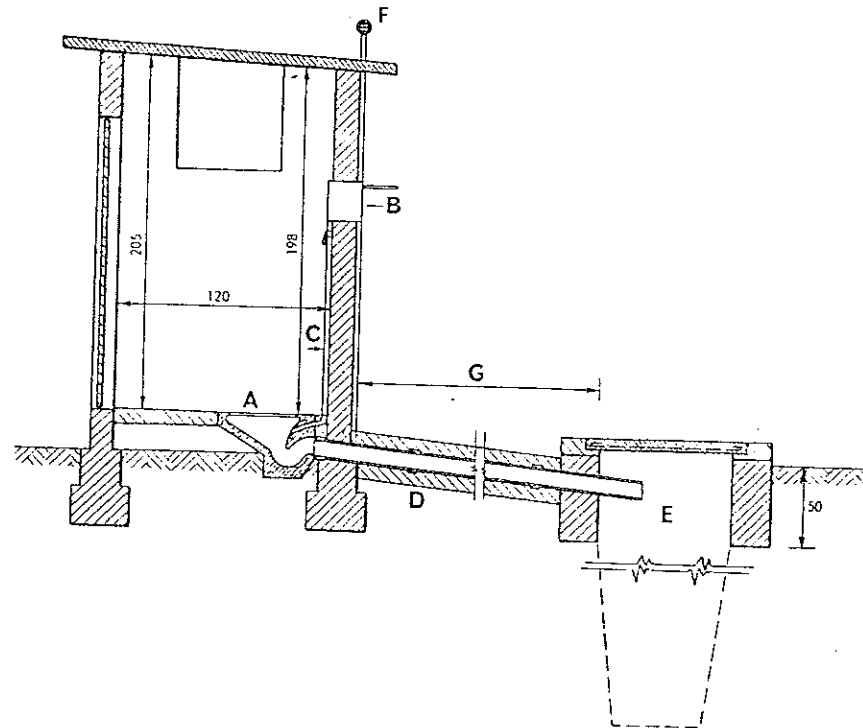
En las regiones donde el nivel de las aguas subterráneas es elevado e impide el buen funcionamiento de los pozos profundos, se puede sustituir el pozo por un foso séptico. Este sistema es por supuesto muy caro para casi todas las zonas y colectividades rurales. Hay que advertir que con ese sistema se necesita además una zona de evacuación subterránea para el efluente del foso séptico.

Emplazamiento

Cuando se utilizan correctamente, las letrinas provistas de losas con cierre hidráulico reúnen todas las condiciones sanitarias y pueden instalarse dentro de la propia vivienda. Ciertos factores técnicos relativos al emplazamiento del sistema de evacuación impiden a veces esa disposición tan favorable. Sin embargo, incluso en ese caso es posible situar dichas letrinas muy cerca de las casas a las que prestan servicio, circunstancia que permite su utilización regular haga bueno o mal tiempo.¹⁹

¹⁹ Bull. Hyg. Carter, J.C. London. (1953).

Fig. 4.10. Letrina de Cierre Hidráulico.
 (Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J.. 1960)



ENC 7458

Las medidas se expresan en cm.

- A = Taza de cierre hidráulico con sifón en S*
B = Depósito de agua, llenado a mano y provisto de llave de mano y tubo de rebose
C = Tubería de agua que comunica el depósito con la taza para limpiarla por inundación
D = Tubería de desagüe empotrada en cemento que conduce al pozo de filtración
E = Pozo de filtración
F = Tubería de ventilación para el pozo
G = La distancia entre la taza y el pozo debe ser tan corta como sea posible

Ventajas e Inconvenientes

Ventajas:

1. La letrina de cierre hidráulico (de sifón), si se utiliza y se conserva convenientemente, cumple todos los requisitos sanitarios y estéticos.
2. Se puede instalar cerca o en el interior de la vivienda.
3. Las moscas y otras sabandijas entran raramente en contacto con las excretas.
4. Apenas se producen molestias debidas a los malos olores.
5. No se presenta ningún peligro para los niños.
6. Si se mejoran los métodos de construcción, su instalación es fácil y su funcionamiento económico en las zonas rurales.

Inconvenientes:

1. Sólo se pueden utilizar en las zonas donde se dispone de agua durante todo el año (aunque basta con una pequeña cantidad).
2. Exige un período de educación intensiva para que los usuarios aprendan a utilizar y limpiar debidamente la letrina, así como una vigilancia permanente por parte de las autoridades sanitarias.
3. Su costo es ligeramente mayor que el de las letrinas de pozo ordinario, pero es menor que el de las de pozo anegado.
4. En muchas regiones rurales del mundo su empleo exigiría el abandono de ciertos materiales de limpieza habituales.
5. No es fácil de utilizar en las regiones con suelos impermeables.

6. No se puede emplear en los climas donde hiela.

Las letrinas de cierre hidráulico sólo se recomienda que se utilicen en instalaciones familiares, no son adecuadas para los retretes públicos.

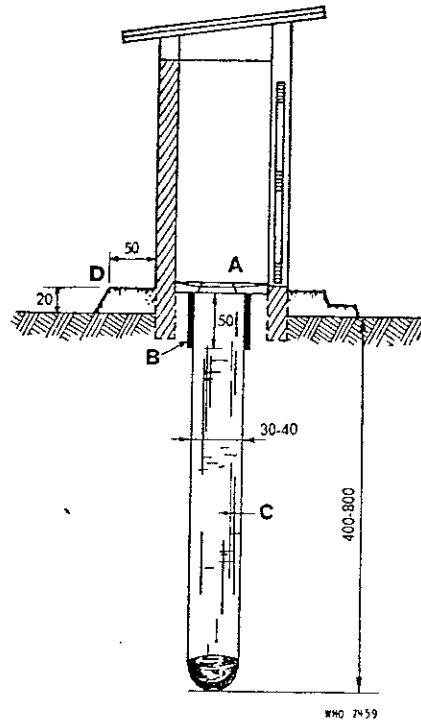
4. Letrina de Pozo Perforado

La letrina de pozo perforado no es más que una variante de la de pozo ordinario, de la que difiere en que el pozo tiene una sección mucho menor. El piso o losa y la garita de la letrina son las mismas en ambos tipos de instalación.

Descripción y función de sus partes

El pozo perforado

Consiste en un pozo circular por lo general de 40 cm de diámetro, perforado verticalmente en el suelo por medio de una barrena terrera o perforadora adecuada, hasta una profundidad de 4 a 8 m y más corrientemente de 6 m (*véase fig. 4.11*). También se han utilizado en muchas ocasiones pozos de 30 cm y de 35 cm que son más fáciles de perforar que los de 40 cm, pero la experiencia demuestra que su capacidad es demasiado pequeña. En efecto, la capacidad de un pozo de 40 cm de diámetro es ya mucho menor que la de un pozo ordinario de la misma profundidad, siendo la relación de 1 a 6.5 en favor del pozo de 90 cm de lado. El mismo pozo de 90 cm de lado es 11.5 veces mayor que un pozo perforado de 30 cm de diámetro y de la misma profundidad.



Las medidas se indican en cm.

A = Losa a la turca. Las caras laterales vierten hacia el orificio. B = Revestimiento de arcilla cocida impermeable. C = Revestimiento de varas de bambú entrelazadas. D = terraplén de tierra bien apisonada.

Fig. 4.11. Letrina de Pozo Perforado Típica
(Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J. 1960)

Por su escasa capacidad una letrina de pozo perforado, instalada en terreno seco y utilizada únicamente por una familia de 5 ó 6 personas, no dura la mayoría de las veces más de año y medio o dos años, e incluso menos cuando se utilizan materiales de limpieza voluminosos. En ese caso la solución consiste en perforar dos pozos relativamente próximos para usarlos alternativamente. Una vez lleno el primer pozo se recubre con una capa de tierra bien apisonada de 50 cm de espesor, y la losa y la garita se trasladan sobre rodillos al otro pozo. Al cabo de un año aproximadamente, se extrae el contenido bien digerido del primer pozo, con lo que éste queda en condiciones de volver a utilizarse. La duración de un pozo perforado (lo mismo que de un pozo ordinario) aumenta considerablemente cuando penetra de uno a dos metros en la capa de aguas subterráneas, por las razones que ya se han expuesto anteriormente. Principalmente por su escasa capacidad, la letrina de pozo perforado es un tipo de instalación familiar inadecuado para los servicios públicos.

La principal dificultad técnica con que se tropieza el planeamiento y construcción de las letrinas de pozo perforado es el derrumbamiento o socavación de las paredes del pozo. Los derrumbamientos son bastante frecuentes en este tipo de letrinas, sobre todo en los terrenos arenosos o de aluvión, y a veces son tan graves que obstruyen por completo el pozo. En algunos casos, los pozos perforados en terreno seco y firme, que no requerían ningún revestimiento, se han hundido durante la siguiente estación de las lluvias al inundarse por la subida del nivel de las aguas subterráneas. A fin de evitar esas contingencias, se deben emplear revestimientos o entibados para sostener las paredes de los pozos. Al proyectar instalaciones de letrinas de pozo perforado, se deben estudiar atentamente las formaciones del suelo y las fluctuaciones del nivel de las aguas subterráneas en la zona de que se trate.

Debido a las pequeñas dimensiones del pozo perforado, su parte superior corre el riesgo de ensuciarse con excrementos sólidos y orina, lo que además de ser desagradable, puede atraer a las moscas que se reproducirán en la tierra bajo la losa de la letrina. Para remediar este inconveniente, es aconsejable revestir los 30 - 60 cm superiores de la pared del pozo perforado con un material compacto e impermeable (concreto o arcilla cocida, por ejemplo).

El piso o losa de la letrina

El piso de la letrina de pozo perforado tiene la misma forma y tamaño que el de la letrina de pozo ordinario. Cuando el piso es de concreto, necesita muy poco o ningún refuerzo debido a que la porción del mismo que queda en el aire es muy pequeña (0.20 m² aproximadamente). El espesor de la losa de concreto se puede reducir sin inconveniente a 5 cm en el borde de la misma y a 4 cm en su centro. Es conveniente utilizar como refuerzo hierro de 1/4" ó electromalla, principalmente para impedir que se

agriete por las diferencias de temperatura o por golpes durante el transporte. Conviene que el piso sobresalga de 15 a 20 cm del nivel normal del suelo, pero no suele ser necesario construir una base especial.

El terraplén

Alrededor del pozo debe construirse un terraplén para protegerlo contra las corrientes de agua. El terraplén debe tener como mínimo 50 cm de ancho y estar bien apisonado. En las planicies que sufren inundaciones y en zonas que son invadidas por las mareas, el piso tiene que estar más alto que el nivel máximo del agua, y el terraplén sólidamente construido. Puede construirse con tierra húmeda, bien apisonada en pequeñas capas de 15 cm; pero cuando sea necesario, deberá recubrirse con piedras planas.

La garita y la ventilación

La garita de la letrina de pozo taladrado es idéntica a la recomendada para las letrinas ordinarias. Si bien la garita debe estar ventilada a fin de reducir al mínimo las molestias debidas a los malos olores, la ventilación del pozo perforado suele considerarse innecesaria.

Emplazamiento

En lo que respecta a la letrina de pozo perforado, es evidente el peligro de contaminación del agua subterránea, ya que, en general, es conveniente que el pozo penetre profundamente para que su funcionamiento sea más eficaz y duradero. Sin embargo, las normas que regulan el emplazamiento de las letrinas de pozo perforado son las mismas que se aplican a los pozos de letrina ordinaria.

Ventajas e inconvenientes

Las ventajas e inconvenientes de las letrinas de pozo perforado son en muchos aspectos los mismos que los de las letrinas de pozo ordinario. En particular, la letrina de pozo perforado es barata y fácil de construir en terrenos de consistencia ordinaria.

La letrina de pozo perforado se ha clasificado entre otros tipos no muy recomendables de instalaciones de evacuación de excretas por las siguientes razones:

1. Su construcción exige un equipo especial;
2. Si no penetra en la capa de agua subterránea aproximadamente un tercio de su profundidad, su duración es sumamente corta, factor sumamente importante para el éxito ó el fracaso de un programa de evacuación de excretas.
3. En muchas zonas rurales es difícil conseguir materiales baratos, pero fuertes y duraderos, para proteger las paredes del pozo perforado contra los derrumbamientos.

Construcción

Materiales

Los materiales que se emplean más corrientemente para la construcción de los revestimientos o entibados son los listones de madera, el bambú, las cañas cortadas a lo largo y la arcilla cocida. Además, con frecuencia es posible encontrar en las zonas rurales otros materiales que tejidos o preparados por los propios artesanos locales pueden servir para la construcción de los revestimientos. Cualquiera que sea el material que se utilice, debe recordarse que la finalidad del revestimiento es únicamente impedir los derrumbamientos. Las perforaciones u orificios del revestimiento deben ser tan grandes como lo permita la naturaleza del terreno con el objeto de que los residuos

líquidos y los sólidos disueltos puedan infiltrarse rápidamente en el terreno.

Perforación del Pozo

Equipo

Una barrena de 40 cm, un eje para acoplar el taladro, un mango, un trípode, un aparejo y una guía para el taladro. Un buen taladro para terrenos de consistencia ordinaria (que no contengan cantos rodados ni rocas y cuyo subsuelo no sea duro) debe reunir los siguientes requisitos: barrena terrera de dos cuchillas accionadas a mano, con un diámetro de 40 cm capaz de perforar suelos de consistencia media hasta una profundidad de 6 m. Las cuchillas deben ser de acero al carbono de primera calidad, de 5mm de grosor y con las puntas trabadas para impedir que se separen. La cruceta y el eje deben ser de hierro maleable y de una sola pieza; el diámetro externo del eje debe ser de 37.5mm para que pueda entrar en un tubo de hierro de 40 mm de diámetro. El eje debe estar atravesado por orificios transversales de 10 mm con los pernos correspondientes. Para su empleo, el árbol de transmisión, que consiste en un tubo de hierro normal de 40 mm, se acopla al eje del taladro y se sujeta con los pernos a través de los orificios correspondientes. El taladro se suministra totalmente montado, con exclusión del árbol de transmisión. Para la perforación de suelos arcillosos o de poca consistencia y sin piedras se pueden utilizar taladros de disco, de hélice o de tornillo sin fin. El árbol de transmisión puede ser redondo o cuadrado para que ajuste en la cruceta del taladro elegido. El trípode puede ser también de tubería de hierro de 37.5 mm de diámetro de pértigas de madera o de bambú. Por lo general, basta con un aparejo de una sola polea para una cuerda de 20 mm.

Método de Perforación

1. Se coloca el trípode sobre el lugar elegido para la perforación y se monta el aparejo.
2. Exactamente debajo del aparejo, se cava un hoyo de 15 cm de profundidad y del mismo diámetro que el taladro.
3. Se introduce en el hoyo el taladro provisto del árbol de transmisión y del mango sujeto a la altura conveniente por medio del tornillo de la abrazadera o de una clavija de acero si el eje es redondo.
4. Se pasa la cuerda por la polea y se ata uno de sus extremos al taladro o al árbol del mismo.
5. Se hace girar el taladro en el sentido de las agujas de un reloj hasta que se llene de tierra. Debe procurarse que el eje se mantenga en posición vertical hasta que el agujero tenga la suficiente profundidad para que se pueda emplear la guía del taladro.
6. Una vez lleno el taladro, se extrae del agujero izándolo por medio de la cuerda, se aparta a un lado y se vacía. Luego se vuelve a colocar sobre el agujero, se hace descender hasta el fondo del pozo y se repite la misma operación.
7. Cuando el agujero ha alcanzado una profundidad de 1 metro aproximadamente, se coloca la guía del taladro y se fija por medio de un piqueta de madera o de hierro en cada esquina. Una vez instalada la guía se sigue sin dificultad la dirección vertical.
8. Cuando se alcanza la profundidad deseada, se extrae el taladro del monto y se desmonta el trípode. Se coloca el revestimiento (si es necesario).

5. Letrina de Zanja

Descripción

El pozo suele ser de sección cuadrada de 40 x 40 cm, y 60 cm de profundidad. La tierra extraída se amontona sin apisonar alrededor del agujero (*véase fig. 4.12*). Cada usuario debe arrojar una paletada de tierra suelta sobre las heces depositadas. La orina cae fuera del pozo y se esparce por el suelo. Se ha calculado que un pozo de ese tamaño puede recibir de 100 a 150 deposiciones, después de lo cual queda totalmente cubierto con una cantidad equivalente de tierra. Las excretas se depositan en la capa superior del suelo, donde las bacterias aerobias saprofitas son más numerosas y activas, y digieren la materia fecal en el menor tiempo posible. En el caso de que sea una zanja, ésta deberá tener 60 cm de profundidad, que es aceptable desde el punto de vista biológico, y su longitud varía de 1 a 3 metros. Este tipo de letrinas son instalaciones provisionales, que generalmente se utilizan en los campamentos de soldados y exploradores; en los sitios en donde se efectúan temporalmente trabajos de edificación o minería; o en caso de emergencias, como por ejemplo un terremoto.

La instalación de este tipo de letrina contará también con una losa a la turca que se coloca sobre el pozo y que posee dos resaltes para los pies, un orificio y un canal para dirigir la orina hacia un pequeño pozo o sumidero; una garita sencilla; y un cajón u otro recipiente llenos de tierra suelta.

Una vez lleno el pozo, se tapa con una chapa de hierro sujeta con cuatro estacas (para impedir el acceso de los animales, la entrada del agua de lluvia y la contaminación del suelo con larvas de vermes), y la losa y la garita se trasladan a otra fosa. Al cabo de 6 u 8 semanas, tiempo necesario para que las heces se transformen en humus y se destruyan los organismos patógenos, se retira la chapa de hierro. Las losas a la turca se pueden construir de madera, metal o concreto

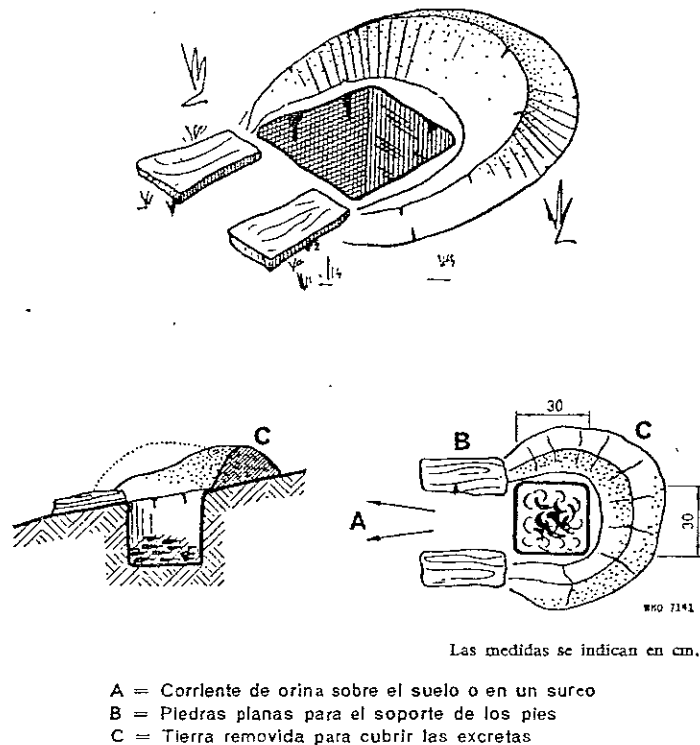


Fig. 4.12. Letrina de Zanja.
 (Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J., 1960)

Ventajas e inconvenientes

Los peligros más importantes que presentan estas letrinas son:

- La inevitable contaminación del suelo alrededor, ya que prácticamente no existe ninguna protección contra el acceso de larvas de vermes (en especial anquilostomas) a la superficie del suelo;
- La proliferación de las moscas en enormes cantidades y el acceso de las mismas y de otros animales al contenido de los pozos destapados o mal tapados;
- El riesgo de contaminación tanto de las aguas superficiales como de las subterráneas;

- d) El fácil acceso de los roedores y otros animales que pueden diseminar la materia fecal.

A esos inconvenientes pueden añadirse las molestias por malos olores, y desde el punto de vista estético, el sucio aspecto que suelen presentar este tipo de letrinas. En su favor, quizá puede alegarse que esas letrinas son fáciles y baratas de construir y cuadran bien con las costumbres primitivas de la población rural de muchas regiones.

Las letrinas de zanja deben considerarse como instalaciones temporales de eliminación de excretas para uso de grupos de individuos que permanecen pocos días en el mismo sitio.

6. Letrina con Pozo de Preparación de Abono

Empleo de las excretas como fertilizantes

El empleo del contenido de las letrinas como fertilizantes ha sido estudiado por varios especialistas, en particular por Gotaas²⁰ y Scott²¹. Scott afirma que en muchos países del Pacífico Occidental "las enfermedades transmitidas por las heces están claramente relacionadas con el empleo de las excretas como abono". Ambos autores señalan la importante relación que existe entre el saneamiento y la agricultura en todo el mundo y examinan los modernos métodos de transformación de excretas en abono mediante los cuales se puede producir un fertilizante inocuo y eficaz a partir de mezclas de excretas humanas y de residuos domésticos. Muchas investigaciones, citadas por esos autores, han demostrado que las bacterias patógenas y los huevos de vermes no pueden sobrevivir a la temperatura y a los antagonismos biológicos que predominan durante el proceso de transformación. En las zonas rurales, donde los campesinos aprovechan las

²⁰ Composting: sanitary disposal and reclamation of organic wastes. OMS. Gotaas, H.B. (1956).

²¹ Health and agriculture in China. Scott, J.C. London. (1952).

excretas desde tiempo inmemorial, se recomienda que las autoridades sanitarias colaboren estrechamente con los organismos encargados del desarrollo agrícola a fin de resolver los problemas que plantea la utilización higiénica de los residuos humanos.

Los métodos de recogida y transporte que se emplean en el sistema de letrinas de cubo móvil no se pueden recomendar por las razones ya expuestas.

Descripción y funcionamiento de la letrina con pozo de preparación de abono

Un método bastante inocuo empleado por los campesinos para aprovechar las excretas consiste en dejarlas que se transformen en abono en un pozo de letrina. Una vez transcurrido el tiempo necesario para la transformación, se puede vaciar el pozo, con lo que se elimina la manipulación de excretas recientes.

El pozo de la letrina, la losa, el emplazamiento y demás características no difieren de las descritas al tratar de la letrina de pozo. Sin embargo, la capacidad del pozo de preparación de abono debe ser lo mayor posible para que no se llene con demasiada rapidez. Por ese motivo puede ser necesario aumentar su sección transversal. Para ello, se puede utilizar una losa grande de concreto, dividida en cuatro partes, o se puede dar al pozo una forma oblonga, con lo que una parte de su bóveda sale fuera de la garita y se recubre con una tapa de material resistente y que ajuste bien. Unas dimensiones convenientes para el pozo de preparación de abono son las siguientes: anchura 80 cm, longitud 1.80 m y profundidad 2.5 m o más.

El método se basa en la descomposición anaerobia de residuos orgánicos mantenidos en reposo durante un período de 6 meses como mínimo para conseguir la destrucción total de las bacterias patógenas y de los huevos de helmintos. El procedimiento puede ser el siguiente:

1. Se cava un pozo del tamaño necesario, cuyo fondo debe estar siempre por

encima del nivel de las aguas subterráneas.

2. Antes de colocar la losa de la letrina, se extiende sobre el fondo del pozo una capa de 50 cm de espesor de hierba cortada, hojarasca, basuras, papel, etc., evitando otros residuos como botes de conserva, botellas u objetos semejantes.
3. Se coloca la losa de la letrina y se construye la garita, y se tiene en cuenta que ambas partes tendrán que trasladarse periódicamente a otro lugar.
4. Además de depositar los excrementos humanos, se arrojan al pozo los desperdicios diarios de la casa, así como el estiércol de vacas, caballos, ovejas, cerdos y gallinas, y la tierra o la paja de los establos empapada en orina. Estos últimos materiales son importantes pues la orina es rica en nitrógeno, que es un elemento nutritivo esencial para las plantas.
5. Aproximadamente una vez por semana se arrojan al pozo varios kilos de hierba cortada y de hojarasca. Después de algunos ensayos, se puede obtener una mezcla que se convertirá en un buen abono.
6. Cuando falten 50 cm para que el contenido del pozo llegue al nivel del suelo, se excava un nuevo pozo a 1.5 m ó 2 m de distancia del anterior (o más si se desea) y se trasladan a él la losa y la garita de la letrina. El primer pozo se termina de llenar con 15 cm de hierba cortada y de hojas y con 35 cm de tierra bien apisonada.
7. Cuando a su vez el segundo pozo se llene en la forma que se acaba de indicar, se destapa el primero y se extrae su contenido, que se habrá convertido en un abono estable y eficaz que puede utilizarse inmediatamente o almacenarse.

La capacidad del pozo depende de la necesidad que se tenga de abono y del número de personas que utilizan la letrina. La proporción en que deben mezclarse las

excretas con los desperdicios y las materias vegetales para obtener un abono satisfactorio debe ser de 1 parte por cada 5 en volumen. De los datos indicados anteriormente se deduce que una familia de cinco personas produce por término medio un metro cúbico de excretas parcialmente digeridas en cuatro años. Por lo tanto, en un pozo de un metro cúbico de capacidad, la quinta parte del mismo se llenará de excrementos en unos 9 ó 10 meses, que es un período de transformación satisfactorio para un pozo de esa clase. (Las otras cuatro quintas partes del contenido del pozo consistirán en basuras y otros residuos añadidos en la forma ya indicada.)

Antes de aplicar o recomendar este método en una zona rural donde sea poco conocido, es conveniente efectuar ensayos en pequeña escala, con la debida vigilancia, a fin de determinar el procedimiento más conveniente a seguir y los materiales más adecuados existentes en dicha zona. Para esta labor es necesaria la colaboración entre las autoridades agrícolas y los principales cultivadores del lugar.

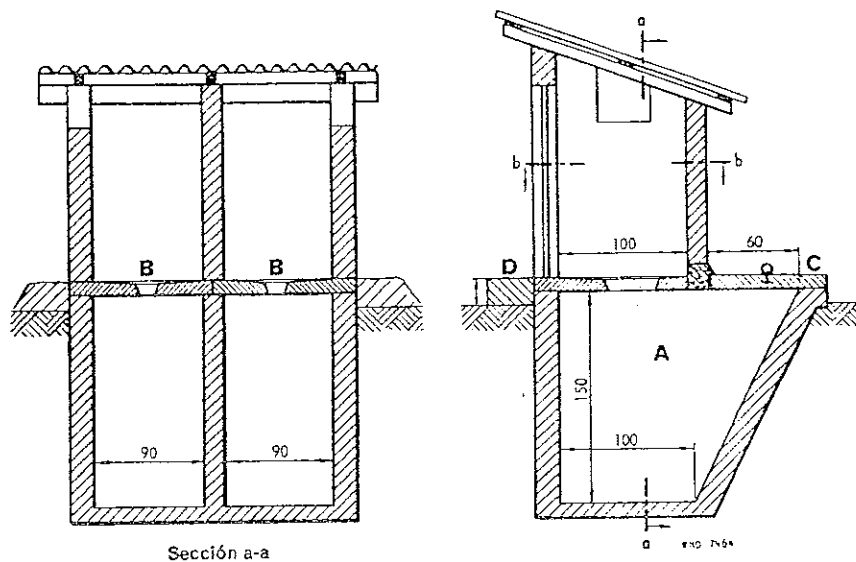
Para no tener que trasladar sucesivamente la garita y la losa de la letrina de un pozo a otro, se puede modificar el sistema al construir lo que pudiera llamarse una letrina de "doble cámara" (*véase fig. 4.13*). Esta letrina consiste en una gran cámara dividida en dos compartimientos, ambos rematados por una losa y un orificio. La garita está igualmente dividida en dos partes con entradas independientes. En la práctica, las cámaras se llenan y vacían alternativamente del mismo modo que se acaba de describir para el pozo de preparación de abono. Ambas deben tener una capacidad suficiente para que su contenido tenga tiempo de transformarse por completo en abono antes de su extracción. No es necesario que las cámaras sean impermeables, pero su fondo debe estar muy por encima del nivel de la capa de aguas subterráneas. Un inconveniente de la letrina de doble cámara es que con frecuencia se utilizan ambos compartimientos, con lo que se malogra el propósito perseguido.

Ventajas e Inconvenientes

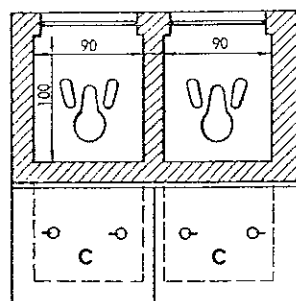
La preparación correcta de abono en un pozo de letrina es una operación bastante complicada y puede muy bien suceder que al principio la mayoría de las familias rurales no alcancen a comprenderla. Es esencial elegir un buen emplazamiento para impedir la contaminación del agua subterránea que pudiera utilizarse para el consumo, así como la entrada del agua en el pozo.

Otro inconveniente es la pérdida de una parte de los líquidos (especialmente la orina), que se infiltran en el suelo, con lo que se pierde la materia nitrogenada que llevan en disolución. Sin embargo, este procedimiento constituye un medio aceptable de conservar la mayor parte del valor del fertilizante de las excretas con un mínimo de riesgos para la salud.

Fig. 4.13. *Letrina de Doble Cámara*
(Evacuación de excretas en las zonas rurales. Wagner, E.; Lanoix, J. 1960)



Las medidas se indican en cm.



- A = Doble cámara
- B = Losas a la turca
- C = Tapas móviles
- D = Escalón y terrapién de tierra

V. SISTEMAS DE EJECUCIÓN

A. Estrategia del Modelo Básico

1. Presentación

El Gobierno de la República de Guatemala con el propósito de ordenar y modernizar el Sector de Agua Potable y Saneamiento, definió las Políticas y Estrategias del Sector, con base en el análisis sectorial realizado por el Comité Permanente Coordinador de Agua y Saneamiento (COPECAS) en 1994 y en concordancia con el Programa de Gobierno 1996 - 2000.

Dentro de las acciones estratégicas definidas para implementar las Políticas del Sector se encuentra la necesidad de definir un modelo unificado de proyectos simplificados y técnicamente aceptables, que permita ejecutar proyectos de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico a nivel rural, de bajo costo con tecnologías apropiadas que maximicen la cobertura nacional.

En seguimiento de dicha acción estratégica y al tomar en cuenta la designación del Instituto de Fomento Municipal -INFOM-, como institución encargada de implementar dichas políticas y de coordinar las acciones relacionadas con el Sector, éste impulsó y coordinó el establecimiento de un grupo técnico interinstitucional que se encargó de recopilar los conceptos, enfoques y normas técnicas, administrativas, financieras y sociales que aplican las diversas instancias ejecutoras de proyectos de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico a nivel rural en el país y procediera a diseñar, con base en esa información un Modelo Básico para ser aplicado por todas ellas en futuros programas.

El objetivo básico de esta actividad es terminar con la proliferación de modelos de gestión que obedecen ya sea a requerimiento de las fuentes de financiamiento o a criterios propios de las diferentes entidades ejecutoras, lo que ha provocado soluciones descoordinadas que no han cumplido totalmente con los requerimientos de la población rural.

El Modelo Básico se desarrolló cubriendo tres grandes aspectos: El Técnico, El Administrativo-Legal-Financiero y El Social.

El Modelo es aplicable tanto a proyectos nuevos como a ampliaciones o rehabilitaciones.

Finalmente, el Modelo Básico es dinámico y por consiguiente susceptible de ser mejorado y actualizado. Para ello INFOM ha creado una comisión permanente para velar por su continua actualización.

2. Características generales del Modelo Básico:

1. Los proyectos son integrales, incluyen abastecimiento de agua potable, saneamiento básico, educación sanitaria y ambiental, administración, operación y mantenimiento de los mismos.
2. Los proyectos son implementados bajo el esquema tripartito con la participación de un ente coordinador del proyecto (puede ser el Gobierno Central a través de INFOM o cualquier otro organismo), Municipalidades y Comunidades. Sin embargo, podrá conformarse un esquema multiparticipativo si éste favorece la ejecución del proyecto, al respetar y canalizar cualquier ayuda a través del marco triparticipativo antes descrito.

3. El MODELO pretende utilizar eficientemente la capacidad institucional instalada, especialmente la disponible en la institución responsable de dar la asistencia técnica y financiera a las municipalidades como lo es el Instituto de Fomento Municipal, las municipalidades y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
4. Con el fin de garantizar la sustentabilidad y sostenibilidad de los sistemas de agua potable, saneamiento básico, educación sanitaria y ambiental, debe haber una activa participación comunitaria, por lo que los proyectos deben ser ejecutados con aplicación de metodologías participativas durante todo el proceso, con el objeto de garantizar la participación de la comunidad y por consiguiente la sostenibilidad de los proyectos.

3. Metodología de trabajo

1. La demanda de un proyecto para abastecimiento de agua potable y saneamiento, nace, crece y se fortalece en la base comunitaria, sin embargo si este hecho no se diera dentro de la comunidad, será la municipalidad la responsable de promover este tipo de proyectos, con el pertinente apoyo del INFOM y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
2. La documentación y datos básicos pueden ser recolectados por el personal técnico del Distrito de Salud, INFOM, Municipalidad u otras instituciones individualmente o en conjunto con la participación de los representantes comunitarios.

3. En base a los datos básicos y la documentación legal recabada se prepara un expediente que permite determinar si el proyecto puede llevarse al siguiente nivel de estudio (factibilidad y diseño). Este expediente puede ser elaborado por el personal técnico del Distrito de Salud, INFOM, Municipalidad u otras instituciones individualmente o en conjunto con la participación de los representantes comunitarios.
4. Se procede al desarrollo del estudio de factibilidad y diseño final del proyecto al contratar a la iniciativa privada a través de el Instituto de Fomento Municipal, las municipalidades, las comunidades u otras instituciones. Sin embargo, el estudio final requiere el aval de un dictamen técnico favorable del INFOM y el certificado de calidad del Ministerio de Salud Pública.
5. Una vez diseñado y con el aval técnico de INFOM se procede a buscar el financiamiento respectivo para la ejecución del proyecto.
6. Con el financiamiento aprobado, se procede a la suscripción del convenio entre el ente coordinador del proyecto, la Municipalidad y el Comité de vecinos, donde se indicarán los compromisos y responsabilidades de cada una de las partes. El ente coordinador del proyecto será aquella organización que se encarga de buscar financiamiento, proporcionar como mínimo los materiales no locales, coordinar con las partes, supervisar, dar asesoría técnica y coordinar la capacitación y promoción social. El convenio debe contemplar que como mínimo la comunidad deberá proporcionar la mano de obra no calificada, transporte y materiales locales. La municipalidad deberá aportar como mínimo

la mano de obra calificada y otros materiales como hierro y cemento; finalmente el ente coordinador del proyecto deberá proporcionar como mínimo la tubería y accesorios de la línea de conducción y la red de distribución, los paquetes de saneamiento demostrativo, la supervisión y todo lo correspondiente a promoción social y educación sanitaria.

7. Elaborado el convenio el ente coordinador cotiza, compra y entrega los materiales de construcción convenidos del sistema de agua potable y saneamiento, y son entregados a la Municipalidad y al Comité de vecinos.
8. Simultáneamente se inician las actividades de saneamiento demostrativo y la capacitación en educación sanitaria, operación y mantenimiento, y promoción social.
9. Se procede a la construcción del sistema de abastecimiento de agua donde cada una de las partes proporciona lo acordado en el convenio.
10. La supervisión de la construcción del sistema de abastecimiento de agua es realizada por el ente coordinador del proyecto.
11. Simultáneamente y para aprovechar el interés de la comunidad se continúa el desarrollo de las actividades de promoción social, educación sanitaria, administración, operación y mantenimiento del sistema. Estas actividades continúan hasta la entrega del proyecto.

12. Una vez concluida la obra es entregada a la Comunidad, quien se responsabiliza y se hace cargo de la administración, operación y mantenimiento de la misma a través del Comité de agua local o la Municipalidad. Previo a la entrega de la obra deberá recibirse oficialmente por parte de la comunidad, si se cuenta con una aprobación de INFOM. La fiscalización de los Comités de Agua quedarán bajo la responsabilidad de las respectivas Municipalidades.

13. La vigilancia y asistencia técnica, durante todo el proceso, es responsabilidad del Instituto de Fomento Municipal.

B. Participación Comunitaria

Promover la activa participación de la comunidad a través de involucrarlos en la toma de decisiones desde el inicio del proyecto. Es indispensable que la comunidad participe al máximo.

1. Pre - Inversión

Los Comités/Comunidad serán responsables de:

- Legalizar en coordinación con la Municipalidad, los terrenos, fuentes de aguas y servidumbres de paso que requiera el proyecto de abastecimiento de agua y saneamiento.
- Participar en las actividades de prefactibilidad, especialmente con el apoyo de la aplicación de los formularios del Sistema Nacional de Información de Agua y Saneamiento (SAS). Estos formularios son oficiales para su uso en el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, así como por INFOM.

- Apoyar y participar en actividades de Promoción Social y Educación Sanitaria.
- Asistir a las reuniones para la capacitación en aspectos legales.
- Participar en actividades que refuercen su organización y en la suscripción del convenio de construcción.

2. Inversión

Los Comités/Comunidad serán responsables de:

- Proporcionar la mano de obra no calificada y los materiales locales de construcción adecuados para la construcción del sistema.
- Participar en actividades de promoción social, educación sanitaria y ambiental, así como nombrar orientadores comunitarios.
- Proporcionar un local seguro para resguardar los materiales con su respectivo bodeguero.
- Asistir a las reuniones de información y capacitación.
- Organizar, apoyar y vigilar que los orientadores comunitarios y los fontaneros realicen sus actividades.

3. Administración, operación y mantenimiento de los sistemas

Los Comités/Comunidad serán responsables de:

- Dar el mantenimiento permanente al acueducto.
- Participar activamente en las acciones de saneamiento y educación sanitaria que emprenda el Ministerio de Salud pública y Asistencia Social y las Municipalidades.
- Obtener autorización del INFOM y la municipalidad para introducir mejoras y

ampliaciones del sistema de agua.

- Recaudar y administrar el fondo proveniente de tarifas, que constituye el fondo privativo, controlando los ingresos y gastos.
- Vigilar el buen uso del agua.
- Vigilar el buen uso de las letrinas, de los sistemas de disposición final de las aguas residuales grises y de los desechos sólidos.
- Nombrar y remover al personal que sea necesario para la administración, operación y mantenimiento del sistema de agua de la comunidad.
- Establecer un programa de compra de accesorios y repuestos para el mantenimiento del sistema.
- Informar a la comunidad mensualmente, sobre la situación económica del Comité y enviar por correo, certificado de copia del informe anual a la Municipalidad del lugar.
- El Comité deberá participar durante y después de la construcción de la obra, en actividades de capacitación para la administración, operación y mantenimiento del sistema.
- El Comité es responsable de velar porque se mantenga en condiciones higiénicas y sanitarias las fuentes de abastecimiento de agua y sus alrededores.

C. Participación Municipal

1. Pre - Inversión

La Municipalidad será responsable de:

- Promocionar el Modelo Básico en sus comunidades.

- Identificar en su jurisdicción las comunidades que cuentan y no cuentan con servicio de agua potable y saneamiento, y de la disponibilidad de las fuentes.
- Priorizar los proyectos.
- Apoyar, coordinadamente con los facilitadores del Ministerio de Salud o el ente coordinador de proyectos, los estudios de prefactibilidad.
- Contratar la elaboración de los estudios de factibilidad y diseños.
- Asesorar a los comités sobre la negociación legal de terrenos, fuentes de agua y servidumbres.
- Utilizar las normas vigentes en el desarrollo de los estudios.

2. Inversión

La Municipalidad será responsable de:

- Entrega de materiales a las comunidades.
- Controlar el buen uso de los materiales entregados a la comunidad.
- Capacitar al Comité previo a la entrega de los materiales, en el manejo de bodega y control de materiales, así como en los aspectos técnicos del proyecto.
- Proporcionar la mano de obra calificada (albañiles y/o plomeros), materiales de construcción y su transporte.
- Dirigir y ejecutar el proyecto.
- Atender los señalamientos del supervisor de la obra, que por escrito deben ser anotados en la bitácora del proyecto.
- Monitorear y evaluar las acciones técnicas y administrativas en la fase de la administración, operación y mantenimiento de los sistemas.

3. Administración, operación y mantenimiento de los sistemas

La Municipalidad será responsable de:

- Dar seguimiento a la administración, operación y mantenimiento de los sistemas.
- Adoptar, de común acuerdo con la comunidad, la tarifa a cobrar establecida por el INFOM para la administración, mantenimiento, operación y mantenimiento del servicio de agua y reparaciones mayores y ampliaciones futuras, las cuales deberán ser autorizada por la municipalidad.
- Revisar periódicamente la tarifa por la prestación del servicio de agua, modificándola cuando fuera necesario, con el objeto de garantizar la sostenibilidad y funcionamiento del sistema.
- Vigilar el buen uso del agua.
- Capacitar al comité de agua en aspectos relativos a la administración, operación y mantenimiento del sistema, así como fiscalizar los fondos de los Comités.
- Autorizar las ampliaciones y mejoras del sistema, previa consulta técnica con INFOM.
- Fiscalizar a los Comités de Agua en el manejo de los fondos recaudados por concepto de tarifa, y podrá intervenir el servicio, si se comprueba que no es manejado correctamente o que se ha utilizado el agua en forma incorrecta.

D. Participación del Gobierno

El Ente Coordinador del Proyecto puede ser el Gobierno Central a través de INFOM, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, los Fondos de Inversión Social, u otras organizaciones de desarrollo, etc.

1. Pre - Inversión

a. El INFOM será responsable de:

- La promoción y divulgación del programa y del Modelo Básico a nivel de Organismos internacionales, instituciones gubernamentales y no gubernamentales, autoridades y grupos que tengan poder de decisión y/o brinden apoyo al desarrollo de las actividades.
- La priorización de los proyectos donde el INFOM es el ente coordinador de los proyectos.
- La capacitación del personal hasta el nivel de facilitadores institucionales (Programa Agua Fuente de Paz, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y Municipalidades).
- Dar el aval técnico al Estudio de Factibilidad y diseño.
- Vigilar, coordinar, monitorear y evaluar las acciones de los entes coordinadores de proyecto para asegurarse del cumplimiento del Modelo Básico y la calidad de los sistemas construidos y los aspectos sociales implementados en las comunidades.
- Revisar, modificar, actualizar y dar a conocer las normas vigentes para el desarrollo de los estudios.

b. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será responsable de:

- Participar en la selección e identificación de proyectos.
- Aplicar las boletas de información del SAS y enviar el informe correspondiente al INFOM o su regional jurisdiccional.
- Apoyar el desarrollo de estudios de prefactibilidad.

- Participar en la capacitación para la firma del convenio de construcción y la promoción de las letrinas demostrativas.
- Promocionar el Modelo Básico.
- Organización de la comunidad.
- Capacitación y Monitoreo.
- Vigilar el cumplimiento de las normas sanitarias vigentes.

2. Inversión

a. El Ente Coordinador del Proyecto será responsable de:

- Supervisar la construcción, hacer el saneamiento demostrativo, coordinar y/o ejecutar las actividades de capacitación y organización comunitaria.
- Hacer la cotización, compra y entrega de los materiales, tales como tubería, accesorios, material educativo y de capacitación, y su respectivo transporte a las municipalidades.

b. El INFOM será responsable de:

- Vigilar, monitorear y evaluar la ejecución de los aspectos sociales, técnicos y administrativos.
- Hacer las gestiones para la obtención de recursos financieros para el sector.
- Participar en la entrega de la obra con una inspección para certificar que se han cumplido con las normas.

c. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será responsable de:

- Participar en la elaboración del plan de acuerdo con el cronograma de trabajo para el desarrollo de las actividades de las áreas técnica, administrativa y social de los proyectos.
- Realizar la capacitación del comité/comunidad, que desarrolla las acciones educativas en la comunidad beneficiada.
- Monitorear y evaluar las acciones educativas de la comunidad.
- Vigilar el cumplimiento de las normas sanitarias vigentes.
- Promoción de saneamiento básico.
- Educación sanitaria y ambiental.

3. Administración, operación y mantenimiento de los sistemas

a. El INFOM será responsable de:

- Capacitar y vigilar que las municipalidades proporcionen el seguimiento a la administración de los sistemas.
- Dar asistencia técnica a las municipalidades y comunidades para establecer las tarifas correspondientes a cada sistema de agua y saneamiento básico.

b. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será responsable de:

- Vigilar el cumplimiento de las normas sanitarias vigentes de conformidad con el Código de Salud.

VI. SOSTENIBILIDAD DE LOS PROYECTOS

A. Sistemas tarifarios

Las normas teóricas ideales sobre fijación de precios o tarifas e inversiones suelen distar algo de los métodos empleados en la práctica para financiar y valorar los servicios municipales y rurales de abastecimiento de agua en las naciones desarrolladas y en desarrollo. Las autoridades que administran el agua suelen mostrarse reacias a utilizar las tarifas para lograr una asignación eficiente de los recursos, porque las ineficiencias debidas al incumplimiento de las normas de fijación de tarifas según el costo marginal llegan al máximo cuando no existen medios de aplicar esas normas (es decir, medidores).

1. Beneficios y costos de la fijación de tarifas: consumidores existentes

Cuando el costo para el consumidor no se modifica con el volumen de consumo, continuará con el uso del agua hasta el punto en que la última unidad consumida tenga para él un valor nulo. En este punto, la pérdida económica neta será el costo marginal correspondiente (que, cuando no se utiliza por completo la capacidad del sistema, será igual al costo marginal a corto plazo). La ineficiencia resulta especialmente evidente cuando, con el volumen actual de consumo, la capacidad disponible está a punto de aprovecharse por completo y por algún motivo no se puede recurrir a las tarifas para racionar el agua. En estas circunstancias, el encargado de adoptar decisiones tiene que elegir entre permitir que haya escasez y asignar el agua por medios distintos de la tarifa o ampliar la capacidad. En general, se reconoce que el racionamiento por medios materiales o administrativos no resulta satisfactorio como política permanente, si bien se

ha convertido en norma en muchos países en desarrollo. Como servicio público, la empresa de abastecimiento deberá poder suministrar agua a las personas que estén dispuestas a pagarla; al saber, que el suministro intermitente puede originar un peligro para la salud. Además existen objeciones de carácter teórico: el racionamiento por medios distintos de la tarifa es necesariamente un mecanismo arbitrario, y raras veces puede administrarse de conformidad con el valor de los beneficios obtenidos de los servicios prestados. Por lo tanto, resulta ineficiente para asignar recursos a corto plazo y no constituye ninguna guía para decidir las inversiones.

La política que los encargados de adoptar decisiones prefieren seguir en el sector de abastecimiento de agua y de eliminación de aguas negras consiste en ampliar automáticamente la capacidad cuando la disponible está a punto de utilizarse por completo; en otras palabras, en ese momento se considera que se necesita más capacidad. Es evidente que sin una señal para invertir (tal como la disposición de los consumidores de pagar una tarifa igual al costo marginal) rara vez se puede estar seguro de que el valor del consumo (o del uso) adicional que permitirá la inversión excederá de los costos originados por ella.

Cuando no existen restricciones presupuestarias significativas, el no emplear un mecanismo para la fijación de tarifas y apoyarse en el criterio de los "experimentos" tendrá casi seguramente como consecuencia una inversión excesiva. Sin embargo, cuando no se dispone de la pauta que representa el mecanismo de fijación de tarifas pudieran predominar las restricciones presupuestarias, incluso cuando no debiera ser así en función de los costos y beneficios de un proyecto determinado. De una u otra forma, es muy probable que haya ineficiencia.

Por desgracia, la fijación de tarifas en relación con el uso del agua, es decir, instalando medidores, es un método muy caro, y su introducción o continuación deberá

decidirse, desde el punto de vista ideal, mediante un análisis de costo - beneficio; en pocas palabras, el beneficio de los medidores es el ahorro de costos logrado mediante la disminución del consumo. Este ahorro se puede conseguir si se aplazan las inversiones, así como al reducir los gastos anuales de funcionamiento y mantenimiento. Para decidir si merece la pena invertir en los medidores, el valor actual de este ahorro se comparará con el valor actual de los costos iniciales y anuales de la medición de agua, más la disminución de valor del agua consumida. Como la disminución del consumo que probablemente es en gran parte una conjetura, una forma de abordar el problema consiste en preguntarse qué porcentaje de tal disminución justificará la instalación de medidores. Si de este cálculo resultan valores extremos, es fácil decidir si está justificada o no la instalación; de lo contrario, se evitarán por lo menos los peores excesos de instalar o no esos aparatos.

El problema se plantea al decidir si se instalarán medidores para el consumo de las viviendas y de las pequeñas empresas comerciales, y en este caso es evidente que se necesita alguna forma de cálculo del costo - beneficio. A pesar de que carecen de pruebas empíricas convincentes, las empresas de abastecimiento de agua sostienen usualmente que, si bien los medidores disminuirán el consumo per cápita registrado, las modificaciones de la tarifa una vez instalados parecen tener un efecto insignificante en el consumo. Esta aparente paradoja se explica corrientemente de dos formas: primero, la instalación de medidores para todos los consumidores revela las discrepancias entre la cantidad de agua que se suministra y la que reciben en realidad los usuarios en sus núcleos de consumo. Esas discrepancias, que revelan los escapes de líquido en las tuberías y las tomas clandestinas, facilitan y proporcionan un incentivo a los organismos encargados de los recursos hidráulicos a adoptar métodos para evitar el derroche, pues el desperdicio de agua fuera de los locales de los consumidores registrados habría figurado,

antes de instalar los medidores, como consumo doméstico. Por lo tanto, los medidores originarán una disminución permanente del derroche anual de agua, condición a la que evidentemente no afecta ninguna modificación ulterior de las tarifas. En segundo lugar está el argumento de que los medidores servirán para que los consumidores disminuyan la cantidad de agua que derrochan en sus locales; pero, una vez éste se ajuste, su demanda permanecerá relativamente inelástica. Por intuición, parece que ambos argumentos son válidos.

Existe una serie de problemas especiales, que se reflejan en los aspectos costo y beneficio de los cálculos y que parecen indicar que los medidores rara vez resultarán adecuados para las viviendas y consumidores comerciales de las zonas rurales. El costo de la medición tenderá a ser relativamente alto, pues la lectura y mantenimiento de los medidores serán más costosos debido a la menor densidad de la población. Además, en las comunidades más pequeñas, el empleado que hace las lecturas estará sometido a una intensa presión social para que anote menos consumo. Respecto del beneficio, el consumo tiende a ser más bajo en las zonas rurales, donde la gente es más pobre y no tiene artefactos que consuman agua ni medios adecuados para evacuar las aguas residuales. Las posibles ganancias debidas a la conservación del líquido son, pues, limitadas. Desde luego, hay algunas excepciones: la menor densidad de población pudiera significar que se usa más agua para regar la huerta o abrevar el ganado. En estos casos, la instalación de medidores es una propuesta viable.

Sin embargo, la esencia del problema de la medición en las zonas rurales es que, debido a los ingresos reducidos, la fuente adecuada de abastecimiento quizá no sea la conexión domiciliaria, sino fuentes públicas o pozos comunales provistos de bombas manuales. Aunque en estas circunstancias, la medición del consumo (en el sentido normal de la expresión) quizá no constituya un medio adecuado para influir en él, se

adoptarán principios análogos a los descritos en los párrafos anteriores para decidir si se nombrará un empleado del poblado o de la junta del agua que vigile el uso de las fuentes, o si se encargará esta misión a un concesionario.

2. Otros métodos para regular el consumo

Cuando se descarta la regulación directa del consumo, los organismos encargados de los recursos hidráulicos todavía pueden recurrir a otros métodos diferentes para conservar el agua. Algunos de ellos permiten que los consumidores demuestren su disposición de pagar el agua, si bien en forma indirecta, y, por lo tanto, tienen la característica de una política tarifaria. Otros se apoyan en presiones de tipo legal o social o en restricciones materiales. He aquí algunos ejemplos:

- a. **Depósitos individuales en las viviendas.** Este método de los depósitos o tanques individuales en el domicilio se emplea para regular el caudal de agua y para cobrar según el volumen de líquido consumido. En el techo de cada vivienda hay un depósito de cemento ó de plástico reforzado con fibra de vidrio, que tiene un orificio de poco diámetro por el que sale agua para llenar lentamente el tanque. Los habitantes pueden consumir el agua que necesitan hasta que se vacía el tanque; en general, los usuarios racionan el consumo por el día, así que el tanque nunca se queda seco, salvo quizá al anochecer. Durante la noche se llena de nuevo. Los residentes pagan tarifas de uso distintas, según la capacidad del tanque. Los volúmenes de tanques utilizados en las zonas rurales son de: 300, 500, 800 ó 1000 litros. Por lo tanto, este dispositivo actúa como medio de fijar la tarifa y de regular el consumo, y probablemente es mucho más barato que un medidor. El único riesgo posible en este

sistema es que como todos los consumidores tienen depósitos en el techo, quizá surja en el futuro la tentación de proporcionarles un suministro intermitente. Si sucediera así, se perdería parte de los beneficios para la salud que rinde el sistema.

b. Tarifas fijas, con normas sobre consumo. En muchos países se cobra una tarifa fija por cada conexión domiciliaria, con normas sobre la forma de usar el agua. Estas normas estipulan a veces que sólo pueden beber del agua potable la vaca, el caballo y las gallinas de la familia ó que determinadas plantas que consumen mucha agua no pueden cultivarse cerca del grifo. Con frecuencia se prohíbe derrochar el líquido (por ejemplo, dejar correr el grifo) y el comité de agua del poblado tiene derecho a cortar el suministro si se derrocha agua o no se pagan las facturas.

3. Tarifas

La tarifa se definirá en la fase de pre - inversión del proyecto de abastecimiento de agua potable correspondiente. La tarifa será calculada, de acuerdo a las características socioeconómicas de la comunidad, deberá cubrir como mínimo la administración, operación y mantenimiento del sistema y de ser posible también, deberá cubrir los gastos para reparaciones mayores y ampliaciones futuras. De acuerdo a lo anterior, la tarifa estará constituida por los siguientes componentes:

1. Gastos de administración, operación y mantenimiento.
2. Gastos para reparaciones mayores y ampliaciones futuras (este componente se establecerá de acuerdo a las características socioeconómicas de la población).

Los recursos recaudados formarán el fondo privativo de cada comunidad, destinado exclusivamente para cubrir los gastos que permitan el buen funcionamiento del servicio.

B. Operación y mantenimiento de los sistemas

Los problemas que plantea la planificación y construcción iniciales son generalmente menos serios comparados con los que origina el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua de las zonas rurales una vez que se han terminado las obras. Es indudable que son los problemas administrativos más importantes asociados con dichos sistemas en los países en desarrollo. En casi todos los países que tienen programas viables de esta clase, no es difícil encontrar poblados donde el sistema no funciona como se previó (desde el punto de vista técnico o financiero) o no funciona en absoluto. Entre las quejas más frecuentes recibidas figuran:

1. Problemas para cobrar a los consumidores, debido a grifos rotos, lejanía de las fuentes públicas y escasos ingresos de los habitantes.
2. Salarios de los operarios demasiado bajos para poder sostener a sus familias.
3. Bombas o fuentes públicas rotas y baterías descargadas.
4. Depósitos o fuentes de agua con capacidad insuficiente.
5. Tubería insuficiente para ampliar la red de distribución.
6. Desconocimiento de la forma de funcionar del sistema y de los productos químicos utilizados en la desinfección del agua.
7. Falta de ayuda del órgano central de recursos hidráulicos.

Parte de la falta general de apoyo técnico se debe a la carencia de una planificación y organización administrativa buenas, y parte a que, en muchas naciones, los ingenieros de la oficina central o del distrito no pueden dejar el trabajo de sus despachos para ver por sí mismos lo que puede hacerse con objeto de mejorar las operaciones y el mantenimiento. Otra influencia adversa es el mayor impacto político y de prestigio que tienen los costos de construcción, en comparación con los gastos corrientes de funcionamiento y mantenimiento. Finalmente, en muchos casos las autoridades nacionales encargadas del presupuesto no reconocen la enorme importancia que revisten las actividades de funcionamiento y mantenimiento, y, por lo tanto, no establecen una política de tarifas que proporcione ingresos adecuados, obtenidos de los consumidores del poblado, para sufragarlas.

Esta etapa es sumamente importante y debe considerarse prioritaria ya que el mantenimiento es inevitable en todo proyecto, ningún sistema de este tipo puede funcionar por sí mismo y tampoco funcionará adecuadamente si se opera empíricamente. El objetivo final es que en esta etapa exista un comité capaz de resolver la mayoría de problemas técnicos, operativos y administrativos que se produzcan en su sistema, con una respuesta inmediata. Esto será viable conforme a la administración del sistema se convierte en autofinanciable a través del cobro de una tarifa al usuario por el servicio prestado, que cubra los costos de administración, operación y mantenimiento y en función de la capacidad económica de la comunidad.

1. La primera fase es la verificación de la situación del Comité de Agua Potable y la determinación de las tarifas en asamblea comunitaria, así como establecer los reglamentos de uso del agua
2. La segunda fase, que inicia en el momento de la entrega del proyecto y termina

cuando se llega al final de la vida útil del mismo, la Municipalidad deberá revisar y vigilar el correcto desempeño y manejo de fondos por parte de los comités. Por otro lado, el Ministerio de Salud y Asistencia Social vigilará la continuidad, la cantidad, la calidad del servicio y la calidad del agua del sistema como parte de sus atribuciones.

Será el comité de vecinos el encargado de realizar un chequeo periódico a todos los componentes físicos del sistema para garantizar su adecuado funcionamiento, efectuar las reparaciones necesarias, mantener limpias las unidades y libres de maleza, tapaderas de acceso en buen estado, tuberías instalada en forma segura, etc. Así mismo será el encargado de controlar la distribución del agua, racionar y sectorizar el suministro cuando fuese necesario.

Si el déficit o insuficiencia en el suministro del agua se registrara continuamente será el comité el encargado de localizar posibles fugas en todo el sistema, detectar el uso irracional y desmedido por parte de algún usuario o determinar que la fuente es insuficiente. Si el problema está fuera de sus posibilidades el darle solución, podrá solicitar el apoyo técnico de la Municipalidad, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, al INFOM o a cualquier otra entidad reconocida en este campo.

Para lograr estos objetivos, se recomienda que el comité de vecinos asigne a una persona específica para vigilar el cumplimiento de los requerimientos anteriores, el cual será el fontanero de la comunidad. Es importante enfatizar que ningún sistema de agua potable funcionará adecuadamente sin la supervisión del elemento humano. De lo contrario el sistema tarde o temprano colapsará y dejará de prestar el servicio.

El costo de los programas de capacitación a los miembros del comité de vecinos que se formarán para cumplir con cada una de las actividades antes mencionadas, será considerado dentro del costo total del proyecto, como costo del aspecto social. Para

capacitar se tomará como guía el manual elaborado por el programa de agua potable y saneamiento del altiplano (PAYSA) denominado "Guía para Administración, Operación y Mantenimiento de Sistemas Rurales de Agua Potable y Letrinización".

C. Administración de los sistemas

El comité de vecinos vigilará el uso adecuado y racional del sistema y en casos de emergencia racionará el suministro equitativamente. Deberá implementar los mecanismos de seguridad adecuados que estén a su alcance para evitar o minimizar los actos de vandalismo contra el sistema y en perjuicio de los usuarios. También hará el mantenimiento preventivo y correctivo, y dirigirá al fontanero o encargado del Proyecto.

Así mismo, el comité debidamente organizado, efectuará el cobro de la tarifa previamente determinada a los usuarios, en el lugar y fecha estipulados, manejarán los ingresos para cubrir gastos administrativos, reparaciones, cambios y mejoras al sistema.

Será el comité quien lleve el registro de cuántos usuarios están conectados al sistema, y el encargado de otorgar nuevos derechos de conexión sin sobrepasar la capacidad del sistema. Para ello se elaborará un reglamento interno para cada comunidad. Esta actividad será supervisada por la Municipalidad a la cual pertenece dicha comunidad.

D. Recuperación de Inversión

Aunque el impacto económico de las inversiones realizadas en los sistemas de abastecimiento de agua y de disposición de excretas en comunidades rurales no puede medirse bien por las técnicas típicas de costo - beneficio, la asignación de recursos al

sector es en esencia un problema económico y para solucionarlo de una manera satisfactoria es necesario comparar los beneficios del proyecto con sus costos antes de adoptar la decisión final de invertir.

Los sistemas de abastecimiento de agua y de disposición de excretas en comunidades rurales tienen como posibles efectos redistributivos sobre la economía nacional; efectos directos a corto y largo plazo (horticultura, cría de ganado, valores de la propiedad, comercio y pequeña industria local, etc.); los efectos en los insumos e ingresos del trabajo (disminución de mortalidad y morbilidad, mejor salud y más tiempo de trabajo productivo); los problemas que plantea el tamaño y los ingresos de la población; la posibilidad de evitar algunos costos que hoy soporta la economía, y la influencia de la ubicación y estabilidad de la población.

Resulta evidente que no es probable que un país sienta todos o la mayoría de los efectos enumerados, como consecuencia de un programa de abastecimiento de agua y saneamiento de zona rural. Según las características nacionales, cada uno pudiera experimentar una << mezcla >> algo diferente de costos y beneficios debidos al programa.

También es evidente que anticipar el impacto de un programa de abastecimiento de agua y saneamiento de zona rural, ya sea en función de la salud, de la redistribución de los ingresos, de la productividad o de la ubicación de la población, plantea un enorme problema. Estas dificultades no revisten tanta importancia en la mayoría de los sistemas urbanos, donde los beneficiarios están dispuestos a pagar por los servicios de agua y saneamiento, con lo que hay una indicación de la justificación de estas inversiones. El fondo del problema del abastecimiento de agua en zonas rurales estriba en que es sumamente difícil extender este enfoque a la evaluación de los proyectos ejecutados en ellas.

VII. EDUCACIÓN SANITARIA

La capacitación en Educación Sanitaria y Ambiental, tiene como finalidad la de extender el buen uso y manejo del agua y saneamiento ambiental, traducido en el concepto de higiene, al ámbito de la vida privada de las personas, como forma de conservación de la salud, previniendo las enfermedades. En relación a la Educación Ambiental, es la reorientación y articulación de las diversas disciplinas y experiencias educativas que facilitan la percepción integrada del medio ambiente, que hace posible una acción más racional y capaz de responder a las necesidades sociales.

Tiene tres instancias especiales:

1. La capacitación al personal de las municipalidades, del Ministerio de Salud Pública y del Ministerio de Educación, la cual se realizará bajo la coordinación del ente coordinador del proyecto, con el objeto de que participen activamente como grupo clave de multiplicación en la ejecución del programa. Para esta actividad, se utilizarán los rotafolios de educación sanitaria, el consejero familiar y la lotería de la salud.
2. La capacitación a la comunidad se efectuará a través de un grupo dentro de la comunidad, quienes impartirán los contenidos siguientes: salud, uso, manejo y conservación del agua, letrinización, protección de fuentes de agua, conservación del medio (basura, animales, excretas y aguas servidas), higiene personal, enfermedades de origen hídrico y sanitario, enfoque de género (participación de la mujer en educación), monitoreo y supervisión. Para la realización de estas capacitaciones se

utilizará el material didáctico correspondiente (rotafolio de educación sanitaria, el consejero familiar, lotería de la salud y el módulo de capacitación comunitaria).

3. El Proyecto contempla dentro de sus actividades la dotación de servicio de agua y saneamiento a las escuelas, ya que los niños constituyen un grupo numeroso de consumidores de agua y en algunas comunidades ellos realizan gran parte del trabajo necesario para el acarreo de agua y la disposición de excretas, por ello la importancia de incluir a los maestros con tres propósitos fundamentales: a) Mejorar las condiciones de salud de los estudiantes; b) Enseñar a los niños a usar las instalaciones de agua, servicios sanitarios, higiene personal y el uso, manipulación, conservación y aprovechamiento racional del agua, a través del rotafolio de educación sanitaria escolar, la lotería de la salud del "Programa Agua Fuente de Paz", y las hojas de trabajo que utiliza INFOM/PAYSA.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Población a la que servirá

- 1) Al elegir a los beneficiarios de un programa rural de abastecimiento de agua y saneamiento se pueden considerar diversos factores. Los objetivos del programa pueden ser muy diferentes, tales como mejorar la salud, promover el desarrollo económico, redistribuir los ingresos reales, influir en los hábitos de migración, etc. Así, pues, las políticas del desarrollo del abastecimiento de agua y del saneamiento estarán determinadas por esos objetivos, dentro de las limitaciones que impongan los recursos disponibles, y no por una dicotomía arbitraria entre los llamados programas de los sectores urbanos y rurales.
- 2) Cuanto más dispersa esté la población a la que se va a dar servicio, menos probabilidades hay de que el sistema de abastecimiento de agua resulte financieramente viable y pueda mantenerse bien, no sólo porque los ingresos per cápita del poblado serán más bajos, sino también porque el promedio de costos del sistema será mayor para unas determinadas normas de servicio.
- 3) Es posible que los sistemas de abastecimiento de agua, junto con los programas de saneamiento y de otros de inversiones complementarios, hagan más lento el éxodo del campo a la ciudad. Sin embargo, hay muy pocas pruebas de que, a corto plazo, el programa rural de abastecimiento de agua afecte por sí mismo la emigración. Hay más probabilidades de que los sistemas de abastecimiento de agua potable puedan aprovecharse para alentar a la población dispersa a que con el tiempo se

concentre en poblados o zonas rurales que resulten más viables desde el punto de vista económico.

Desarrollo económico

- 4) Si bien los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento pueden ser condición necesaria para que los residentes de un poblado logren un desarrollo económico significativo, no resulta suficiente, ni siquiera como catalizador, para alcanzar tal objetivo.
- 5) La concentración de las inversiones para abastecimiento de agua y saneamiento en las zonas rurales de crecimiento servirán para intensificar el efecto a largo plazo de la inversión en el desarrollo económico.
- 6) La estrategia de asignar la máxima prioridad en la mejora del abastecimiento de agua y del saneamiento de los poblados más pequeños, más pobres y menos educados es una decisión muy costosa, pero muy necesaria. Los servicios para los poblados pequeños suelen tener unos costos de construcción per cápita más elevados y dificultades para aportar recursos financieros para la construcción o para establecer tarifas que cubran siquiera los gastos de las operaciones y del mantenimiento de los sistemas.
- 7) Las inversiones en programas complementarios (educación sanitaria, mejora de los cultivos, construcción de caminos vecinales, suministro de información sobre el mercado, etc.) harán más probable que los programas de abastecimiento de agua y

saneamiento tengan efectos en el desarrollo económico de una zona rural.

- 8) Cuando en las regiones semiáridas o en los lugares donde hay estación seca se diseña el sistema de abastecimiento de agua de forma que incluya una disposición que autorice a abreviar el ganado y regar huertas pequeñas, habrá muchas más probabilidades de que el sistema tenga un impacto económico significativo.

Beneficios relacionados con la salud

- 9) Los estudios empíricos sobre la salud indican que el grado de mejora de salud que es de esperar en una población determinada que contará con sistema de abastecimiento de agua y saneamiento dependerá del nivel de salud que exista al principio, de la situación económica, de los hábitos culturales, del nivel de educación, del ambiente físico general y del nivel de ingresos. Debido a la interdependencia de estos factores, dos poblados en los que se introduzcan mejoras idénticas del abastecimiento de agua y saneamiento pueden obtener resultados significativamente diferentes.
- 10) En muchas zonas rurales de los países en desarrollo abunda la mano de obra no calificada que trabaja con un empleo insuficiente. Por lo tanto, un programa rural de abastecimiento de agua y saneamiento diseñado exclusivamente para mejorar la salud de la fuerza de trabajo pudiera aumentar el excedente de mano de obra y no influir apenas en el producto económico y los ingresos.
- 11) La mayoría de los estudios demuestran que la mejora de la salud relacionada con

el abastecimiento de agua y el saneamiento es mayor en la población infantil, que no forma parte de la fuerza de trabajo. Por lo tanto, respecto de las localidades rurales en que se puede encontrar trabajo que produzca ingresos, al calcular el aumento de ingresos debido a las mejoras de la salud inducidas por el abastecimiento de agua deberá tenerse en cuenta la distribución por edades de los habitantes y la distribución de la mano de obra calificada entre ellos.

- 12) En lo que se refiere a las enfermedades transmitidas por el agua (tales como la fiebre tifoidea y el cólera), la medicina preventiva suele ser más eficaz en función del costo que la medicina curativa, y el abastecimiento de agua y saneamiento son elementos clave de la primera.
- 13) Los factores que influyen en los beneficios de un proyecto también afectan sus costos. Una de las formas de abordar el problema que plantea la relación costo-mejora de salud es hacer la pregunta: ¿Qué magnitud de mejora en la incidencia de las enfermedades importantes (valorada cualitativamente o en función de los ingresos) haría que una inversión determinada (y el nivel de servicio que implica tal inversión) mereciera la pena?

Diseño del sistema

- 14) Al diseñar y construir un proyecto de abastecimiento de agua o de disposición de excretas en una zona rural se empleará una tecnología lo más sencilla posible, para que los operarios de la localidad puedan hacer funcionar y mantener el sistema durante mucho tiempo sin necesidad de un ingeniero calificado; respecto del

programa de disposición de excretas por medio de letrinas, el objetivo de éste es lograr que la familia asuma la responsabilidad de sus propios problemas de evacuación de excretas y los resuelva.

- 15) La capacidad prevista de los sistemas rurales de abastecimiento de agua dependerá por lo menos en parte de la existencia de economías de escala y de la tasa de descuento que corresponda. En la mayoría de los casos, una capacidad prevista razonable es la que satisface las necesidades de la comunidad por un período que no excede de seis a diez años.
- 16) Los criterios para decidir la calidad o el diseño de un servicio de abastecimiento de agua de zona rural dependerán de los objetivos que se persigan con él. La habilitación de conexiones domiciliarias o de fuentes públicas para los residentes del poblado es parte de la cuestión general de calidad del servicio, y se decidirá teniendo en cuenta: a) el volumen de agua que consumirán los habitantes para satisfacer las normas mínimas relacionadas con la salud, y b) la disposición expresada por los consumidores de pagar por las instalaciones más convenientes a domicilio.

Administración y Financiamiento

- 17) Los principales problemas del abastecimiento de agua en las zonas rurales de los países en desarrollo están relacionados con el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas. Es muy difícil encontrar poblados donde el sistema opere como se previó técnica y financieramente, y es muy corriente que haya sistemas

relativamente nuevos que ya no funcionen.

- 18) Si se atribuye mucha prioridad al servicio de abastecimiento para los poblados que pueden pagar una tarifa por uso de agua suficiente por lo menos para cubrir los gastos de funcionamiento y mantenimiento y que muestran entusiasmo por la mejora, hay más probabilidades de que el sistema funcione durante un período significativo.
- 19) Hay algunas pruebas de que los poblados tienden a dar más valía a sus servicios de abastecimiento de agua y de disposición de excretas, los aprovechan mejor y los hacen funcionar y mantienen con más eficiencia si han aportado recursos (mano de obra o dinero) para sufragar los costos de construcción y si pagan una tarifa por el uso que cubra por lo menos los gastos de las operaciones y del mantenimiento.
- 20) El grado de instrucción y calificación de los pobladores rurales es uno de los factores importantes para decidir si la fase de funcionamiento y mantenimiento del programa se colocará bajo la jurisdicción de un organismo administrativo nacional, regional o local. Cuando los sistemas de poblado se entregan a autoridades del lugar, con ingresos reducidos y relativamente poco preparados, hay grandes probabilidades de que fracasen. Sin embargo, hay que advertir que muchos de estos fracasos fueron acompañados de una renuencia del organismo central de recursos hidráulicos a destinar sus mejores expertos para la importantísima función de formar al personal encargado de las operaciones. Cuando se decida que las actividades de funcionamiento y mantenimiento del sistema estarán muy centralizadas, conviene por lo menos establecer comités de asesoramiento de la

localidad, para que los habitantes tengan la sensación de que los sistemas son suyos y se enorgullezcan de que funcionan bien.

- 21) A fin de que la gestión sea eficiente y de evitar duplicación de actividades, el programa nacional de abastecimiento de agua y de saneamiento de las zonas rurales debe estar bajo el control de un solo organismo nacional o regional, que se encargará de coordinarlo. El organismo específico que se elija (junta independiente de recursos hidráulicos, ministerio de obras públicas, administración nacional de planificación o de desarrollo rural, ministerio de agricultura, etc.) dependerá de cuales sean las metas principales del programa.

- 22) La combinación de los sistemas de abastecimiento de agua de las zonas urbanas y rurales bajo la jurisdicción de una junta semiautónoma de recursos hidráulicos ofrece varias ventajas. En particular, tal órgano podría: a) proporcionar una fuente de ingresos más estable, para subvencionar en caso necesario los gastos de funcionamiento y mantenimiento de los sistemas rurales, y b) asegurar la disponibilidad de ingenieros con experiencia para dirigir las actividades de funcionamiento y mantenimiento y prestar asistencia técnica.

- 23) Para que haya más probabilidades de que los beneficios a la salud y la economía sean permanentes, en el programa de abastecimiento de agua y de saneamiento se incluirá la capacitación de los operarios de las bombas o del sistema, cobradores y promotores de la comunidad. Asimismo, habrá que organizar un programa de educación de los beneficiarios, que se concentre en buenos hábitos de saneamiento y de uso del agua, así como las posibilidades de regar huertas y abreviar el ganado

que ofrezca el servicio.

- 24) La creación de un plan de incentivos, mediante bonificaciones y orientado hacia la producción, para los empleados locales y regionales del programa de abastecimiento de agua podría ser eficaz para ampliar las probabilidades de que se alcancen a nivel local las metas permanentes del programa.

Estrategia a largo plazo

- 25) Habrá que continuar con las pruebas aproximativas para comprobar la conveniencia del proyecto (suficiencia y calidad del abastecimiento existente, posibilidades de desarrollo de la comunidad, etc.), pero las esperanzas reales de que el sector progrese con rapidez estriban en apoyarse cada vez más en la disposición del consumidor para pagar por los servicios que recibe. De lo contrario, como no pueden presentarse al órgano encargado del presupuesto cálculos económicos del beneficio que rendirán las inversiones en el sector, es muy probable que se rechacen proyectos que están justificados desde el punto de vista económico. Además, deberá darse a los posibles beneficiarios de una ampliación de los sistemas que ya funcionan, la oportunidad para que demuestren el valor directo que tienen para ellos mediante el precio que pagarán. De esta manera, incluso en las zonas rurales relativamente pobres, los habitantes quizás prefieran disponer de agua por medio de pago, que carecer de ella.

- 26) Por lo tanto, se seguirá el principio de pedir que los que puedan pagar el costo (marginal) completo de las instalaciones de abastecimiento de agua y de

saneamiento que lo hagan. Respecto del abastecimiento de agua, esta norma significará típicamente que sólo se instalarán conexiones domiciliarias en las viviendas de las personas que abonen los gastos de instalación y del agua que consuman realmente. No obstante, cuando ya existan conexiones y se mida el consumo, quizá convendrá modificar este principio, de forma que se proporcione un suministro inicial (el mínimo requerido para las necesidades básicas de la salud) a una tarifa rebajada y subvencionada. De manera análoga, quizá convenga financiar el abastecimiento mediante fuentes públicas para que el consumo no disminuya tanto para que resulte perjudicial para la salud general. Cuando no haya medidores, es importante que cualquier cargo o tarifa fija por los servicios de abastecimiento de agua y de saneamiento se anuncie como tal a fin de grabar en la mente de los consumidores el principio del pago. La política de que debe pagarse todo el servicio, menos el abastecimiento básico mínimo, es esencial si se quiere que los programas rurales de abastecimiento de agua y saneamiento, que se amplían cada vez más, no signifiquen una abrumadora carga fiscal en los países pobres.

- 27) Con el fin de consolidar el Sector de Agua Potable y Saneamiento, y que haya más probabilidades de que los beneficios a la salud, la economía, y el bienestar de los habitantes de las comunidades rurales del país sean permanentes, se deberá aplicar en las diversas instancias ejecutoras de proyectos de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico del país el MODELO BASICO, pues es un sistema de ejecución que proporciona en forma integral los servicios de Agua Potable, Saneamiento Básico, Promoción Social, Educación Sanitaria y Ambiental a la población guatemalteca en el área rural; los proyectos son implementados bajo el

esquema tripartito con la participación de un ente coordinador del proyecto (puede ser el Gobierno Central a través de INFOM o cualquier otro organismo), Municipalidades y Comunidades. Sin embargo, podrá conformarse un esquema multiparticipativo si esto favorece la ejecución del proyecto, con el respeto y canalización de cualquier ayuda a través del marco triparticipativo antes descrito.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Saunders, Robert J.; Warford, Jeremy J. Agua para Zonas Rurales y Poblados.
1977 Madrid, España. Publicado por el Banco Mundial por Editorial Tecnos.
271 pp.
2. Wagner, Edmund; Lanoix, J.N. Evacuación de excretas en las zonas rurales y en las pequeñas comunidades. Ginebra, Suiza. Organización Mundial de la Salud, Serie de Monografías No. 39. 200 pp.
3. Ehlers, Victor; Steel, Ernest. Municipal and Rural Sanitation. New York, U.S..
1963 4ta. Ed. Editorial McGraw - Hill. 449 pp.
4. Fair, Gordon M.; Geyer, John C.; Okun, Daniel, A. Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. México. 1ra. Ed. Editorial Limusa-Wiley, S.A.
547 pp.
5. Modelo Básico para Proyectos de Abastecimiento de Agua potable, Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Ambiental a Nivel Rural.
1998
1999 Instituto de Fomento Municipal (INFOM). Guatemala.
6. Guía para la Preparación, Construcción y Supervisión de Abastecimientos de Agua Potable y Saneamiento. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 159 pp.

7. Bradley, David. Enfermedades infecciosas y abastecimiento doméstico de agua.
1972
8. Guía de diseño de abastecimiento de agua potable para zonas rurales. 1997.
9. Guía para la adecuada disposición de excretas para zonas rurales.
1994 UNEPAR. 159 pp.
10. Guía técnica de principios básicos sobre “la fabricación, instalación y uso
1994 adecuado de la letrina para el mejoramiento del Sistema Sanitario
Rural”. 159 pp.
11. Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para
1995 consumo humano en los pueblos pequeños y comunidades rurales en
América Latina y el Caribe. Organización Panamericana de la Salud.
(OPS/OMS).
12. Manual de Supervisión de Acueductos Rurales. (UNEPAR)
1995
13. Manual para la administración, operación y mantenimiento de los sistemas
1994 de abastecimiento de agua potable para zonas rurales.
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
14. Normas y especificaciones de tipos de materiales para la construcción de
1995 acueductos rurales. (UNEPAR).