

Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano

Noviembre 2011



PRESENTACION

Por mandato constitucional, el Estado debe velar por la salud de todos los habitantes; para lo cual es indispensable que desarrolle todas las acciones de prevención y promoción de la salud que sean necesarias para el efecto, incluyendo aquellas enfocadas a los servicios básicos de saneamiento.

El Decreto 90-97 del Congreso de la República, Código de Salud, establece que es el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social; la institución encargada del establecimiento de las normas sanitarias que regulen el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua para Consumo Humano. Lo anterior, en su calidad de Ente Rector del Sub-Sector Agua y Saneamiento; y en estrecha colaboración y coordinación con las instituciones que lo conforman.

En cumplimiento de dicha responsabilidad, a continuación se presenta la Guía de Normas Sanitarias para el Diseño de Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano; documento técnico que ha sido elaborado a través de un proceso amplio de consulta y socialización en el que participaron expertos en agua potable y saneamiento del país, tomando como referencia la información técnica que fundamenta el conocimiento de los profesionales de la Ingeniería Sanitaria, Civil, Química y Ambiental; que con sus aportes permitieron generar una riquísima propuesta, que ahora se incluye como parte fundamental del presente documento.

Agradeciendo el valioso aporte de las personas e instituciones involucradas; no tengo más que invitarles a traducir el esfuerzo plasmado en la elaboración de esta Guía, en acciones determinantes para que los servicios básicos de agua potable y saneamiento se construyan en pro de garantizar el bienestar y la salud de la población de Guatemala.


DR. LUDWIG WERNER OVALLE CABRERA



ÍNDICE

DIAGRAMA DE UBICACIÓN TEMÁTICA	6
I. INTRODUCCIÓN	12
II. DEFINICIONES.....	14
2.1 NORMAS DE DISEÑO	15
2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	15
2.2.1 Fuente.....	15
2.2.2 Línea de conducción	16
2.2.3 Almacenamiento / Tanque de distribución.....	17
2.2.4 Distribución.....	18
III. INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL DISEÑO	19
3.1 AFORO	20
3.2 CALIDAD DE AGUA	20
3.3 CENSO DE LA POBLACIÓN A SERVIR.....	21
3.4 TOPOGRAFÍA	21
IV. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS	22
4.1 TIPO Y ORDEN DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	23
4.2 LIBRETAS DE CAMPO	23
V. FACTORES DE DISEÑO	24
5.1 CENSO DE POBLACIÓN	25
5.2 PERIODO DE DISEÑO	25
5.3 CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA	25
5.4 CAUDALES DE DISEÑO	26
5.4.1 Caudal medio diario (Q_m)	27
5.4.2 Caudal máximo diario (Q_{MD}).....	27
5.4.3 Caudal máximo horario (Q_{MH})	28
5.4.4 Caudal de Uso simultáneo (redes de distribución)	28

5.5 CAPACIDADES DE DISEÑO DE LAS DIFERENTES PARTES DEL SISTEMA.....	29
5.5.1 Fuentes y captación.....	29
5.5.2 Líneas de conducción.....	29
5.5.3 Tanques de almacenamiento o distribución.....	30
5.5.4 Tanque de succión o alimentación.....	30
5.5.5 Estación de bombeo.....	30
5.5.6 Redes de distribución.....	30
5.5.7 Planta de purificación.....	30
VI. NORMAS ESPECIALES DE DISEÑO PARA LAS DIFERENTES PARTES DEL SISTEMA.....	31
6.1 CAPTACIÓN DE AGUA.....	32
6.1.1 Captaciones superficiales (ríos, riachuelos).....	32
6.1.2 Captación lateral.....	33
6.1.3 Captaciones de agua de manantial.....	34
6.1.4 Galerías de infiltración.....	35
6.1.5 Toma de agua utilizando los principios del ariete hidráulico.....	35
6.1.6 Agua subterránea.....	36
6.1.7 Agua de lluvia.....	39
6.2 CONDUCCIONES.....	40
6.2.1 Conducciones libres (canales).....	41
6.2.2 Conducciones forzadas (tuberías).....	41
6.2.3 Colocación de tuberías.....	41
6.2.4 Dispositivos especiales.....	43
6.2.5 Cálculos hidráulicos.....	44
6.3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO O DISTRIBUCIÓN.....	44
6.3.1 Generalidades.....	45
6.3.2 Materiales.....	46
6.3.3 Tanques enterrados, semienterrados o superficiales.....	46
6.3.4 Tanques elevados.....	46
6.4 RED DE DISTRIBUCIÓN.....	47
6.4.1 Presiones.....	47

6.4.2 Válvulas	48
6.4.3 Tipos de servicio.....	49
6.5 SISTEMA POR BOMBEO	51
6.5.1 Condiciones generales	51
6.5.2 Protección contra golpe de ariete	51
6.5.3 Información básica para la selección de una bomba	52
6.5.4 Cálculo de la potencia de los equipos de bombeo	52
6.5.5 Energía para el funcionamiento de las Bombas	55
6.6 CONTROL Y MEDICIÓN DE CAUDALES	56
VII. CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO	57
7.1 CALIDAD	58
7.1.1 Generalidades.....	58
7.1.2 Patrones de potabilidad	58
7.1.3 Toma de muestras	58
7.2 TRATAMIENTO.....	59
7.2.1 Generalidades.....	59
7.2.2 Selección del proceso de tratamiento.....	59
7.3 DISEÑO DE PLANTAS DE PURIFICACIÓN/POTABILIZACIÓN	60
VIII. ANEXOS	61
PARTICIPANTES.....	62
8.1 MESA No. 1LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS	62
8.2 MESA No. 2 INFORMACIÓN PRELIMINAR, FACTORES DE DISEÑO	62
8.3 MESA No. 3 NORMAS DE DISEÑO PARA LAS DIFERENTES PARTES DEL SISTEMA.....	63
8.4 MESA No. 4TRATAMIENTO Y CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO.....	63



LISTADO DE FIGURAS Y ESQUEMAS

Figura 1 Fuentes de abastecimientos de agua

Figura 2 Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua

Figura 3 Galerías de Infiltración

Figura 4 Captación agua de manantial

Figura 5 Pozo excavado a mano

Esquema 1 Sistema de Abastecimiento de Agua

Esquema 2 Línea de Conducción con sus piezométricas y Obras Auxiliares

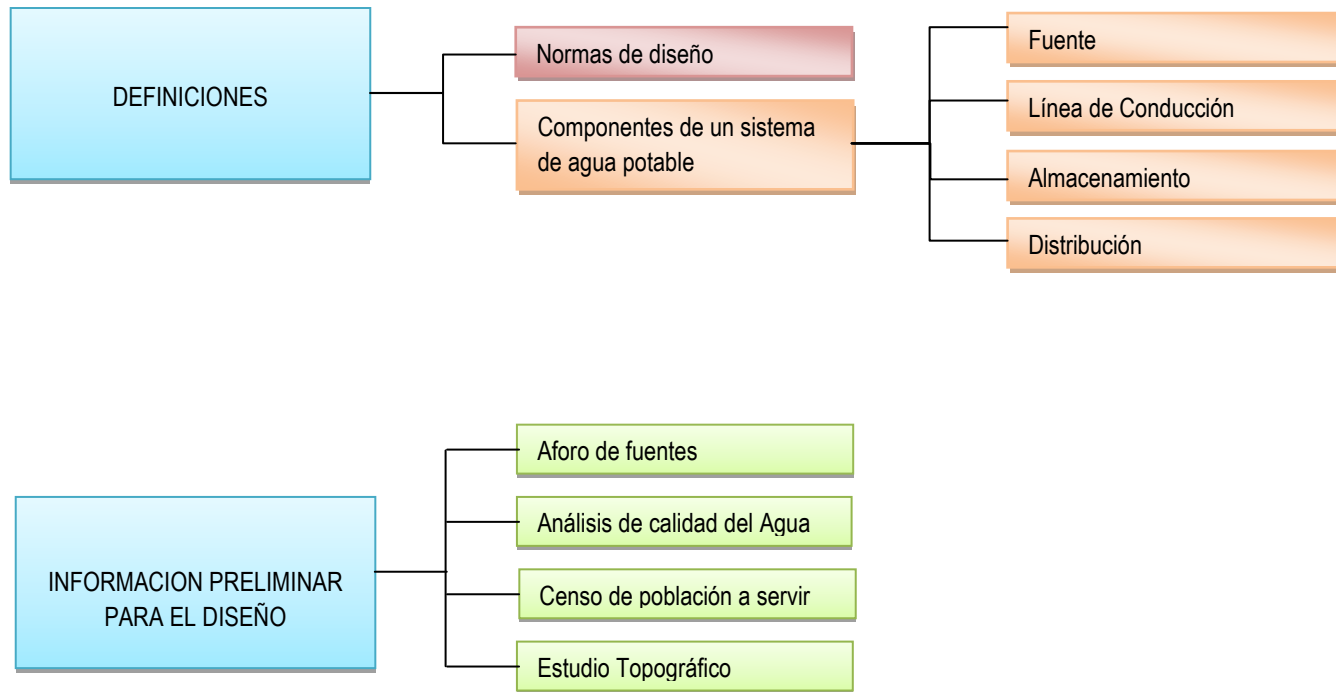
Esquema 3 Tanque Elevado de Abastecimiento de Agua

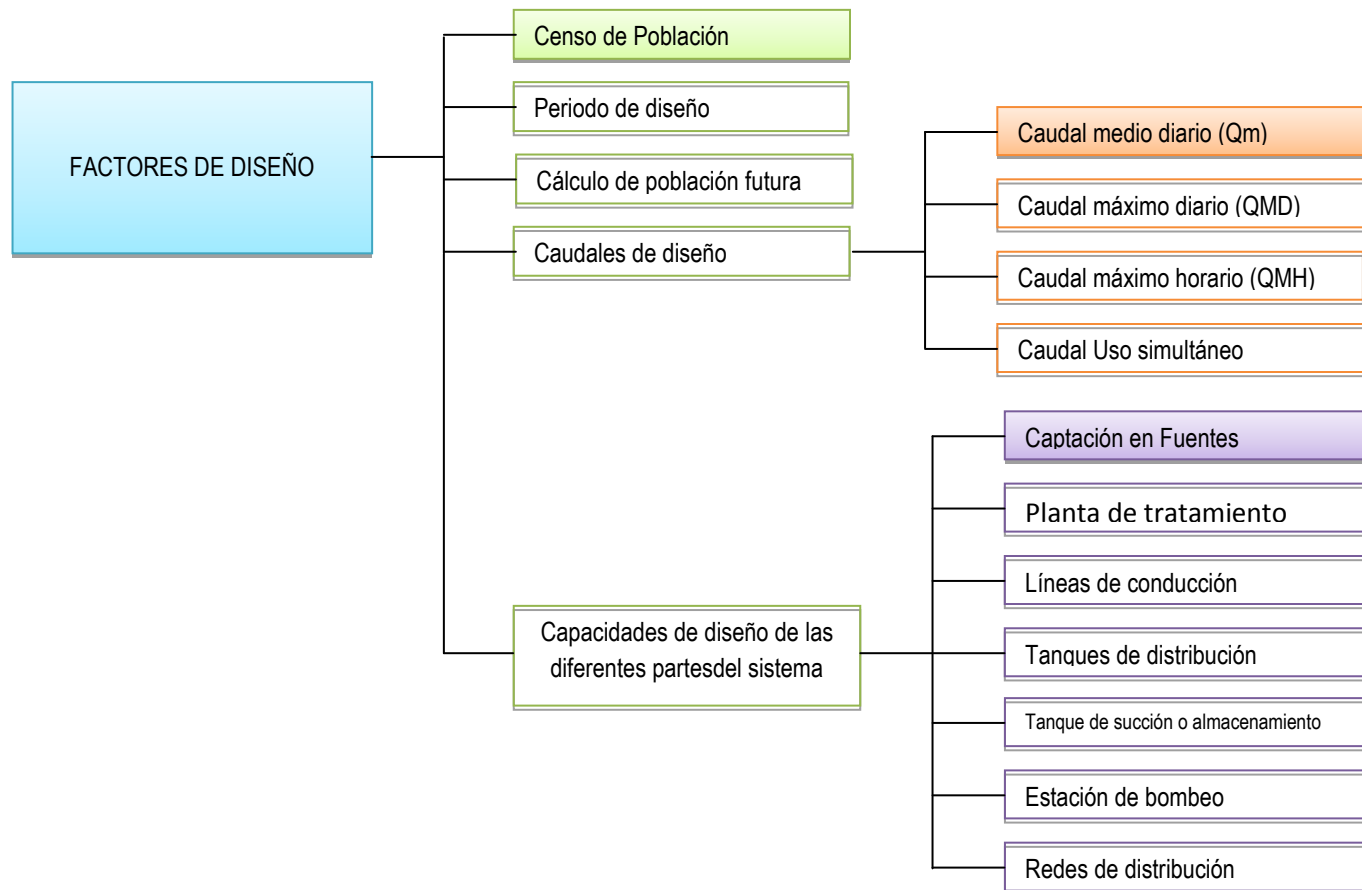
Esquema 4 Captación lateral de una Fuente Superficial

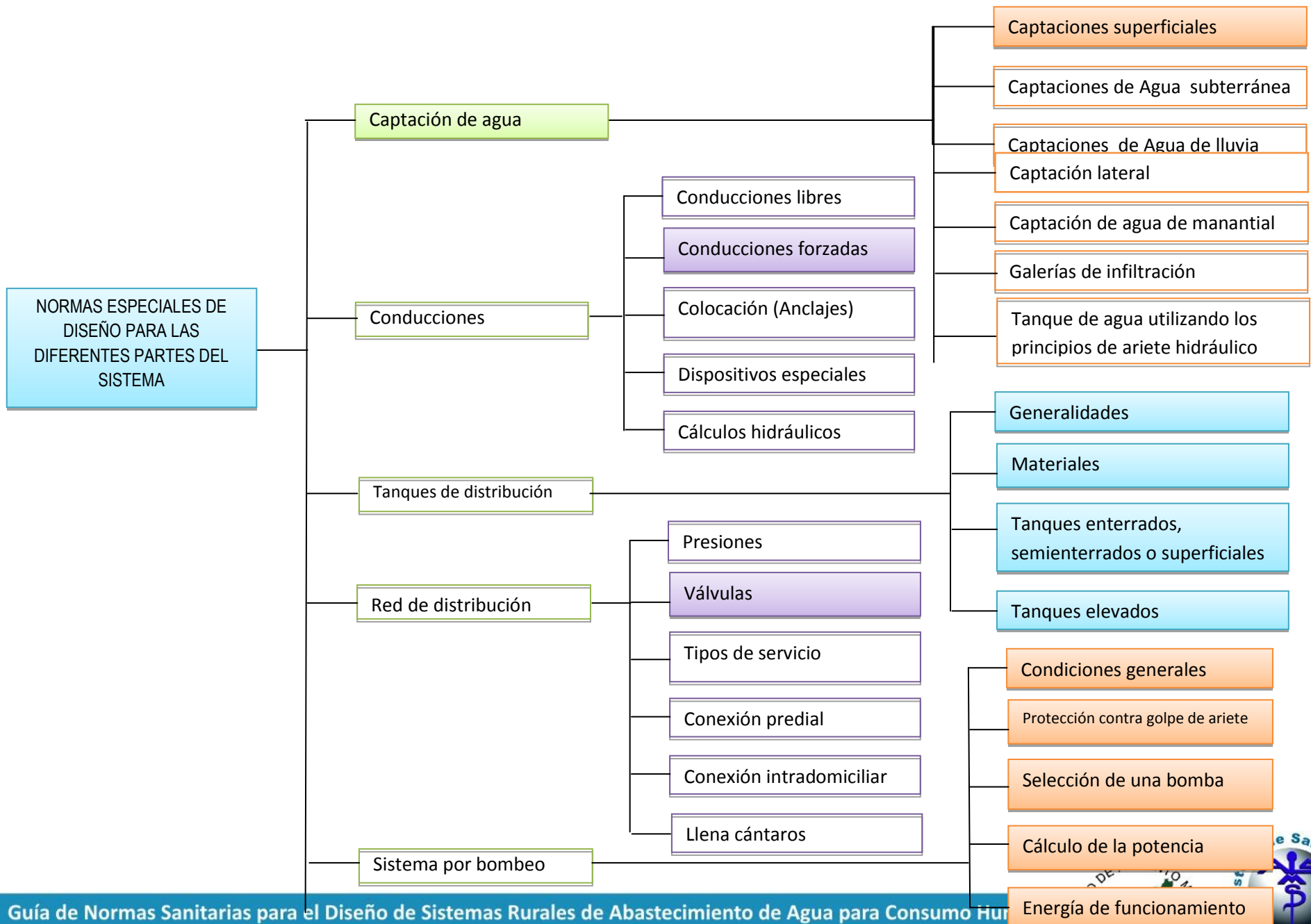
Esquema 5 Caja distribuidora de Caudales

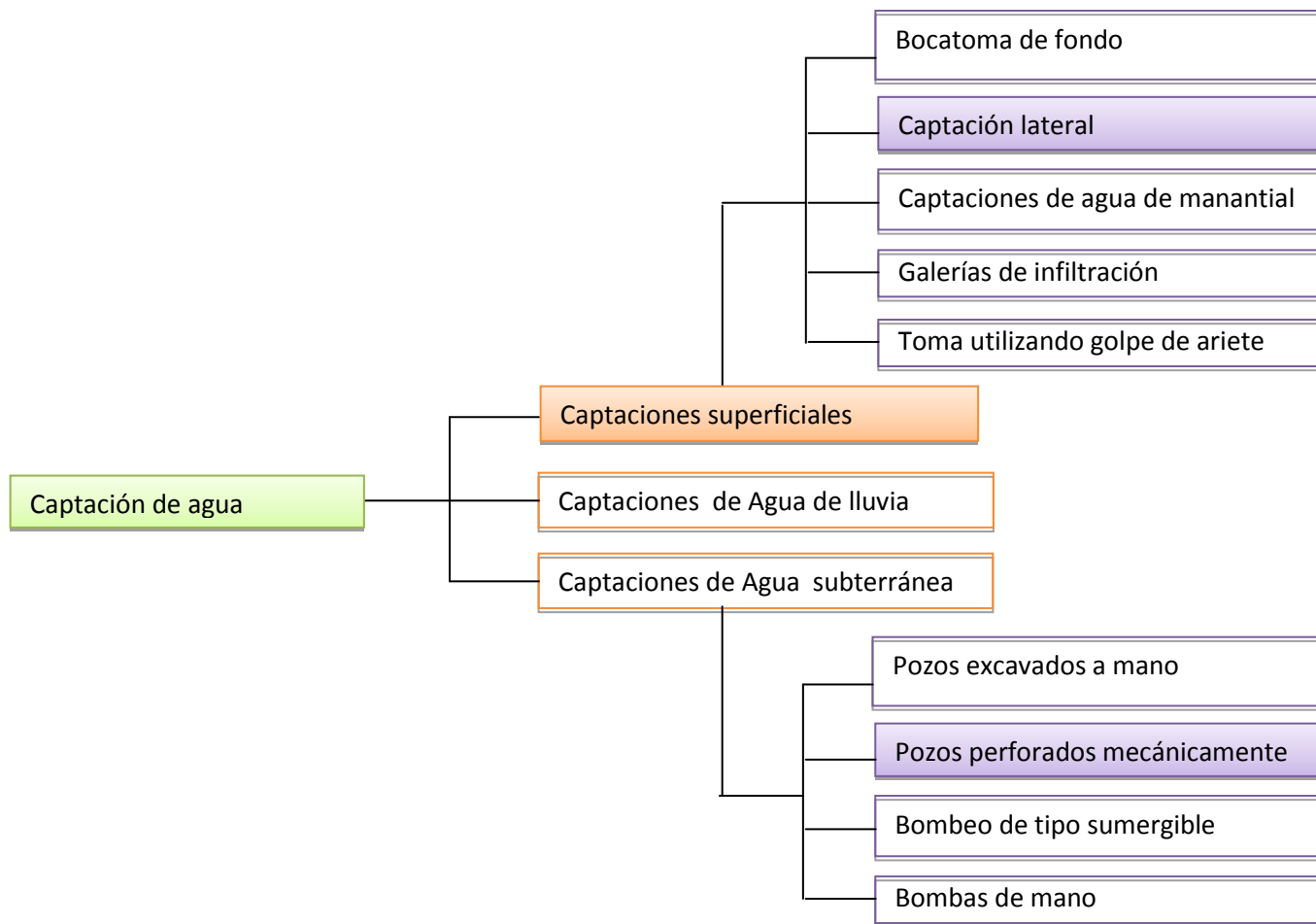
Esquema 6 Llenacántaros

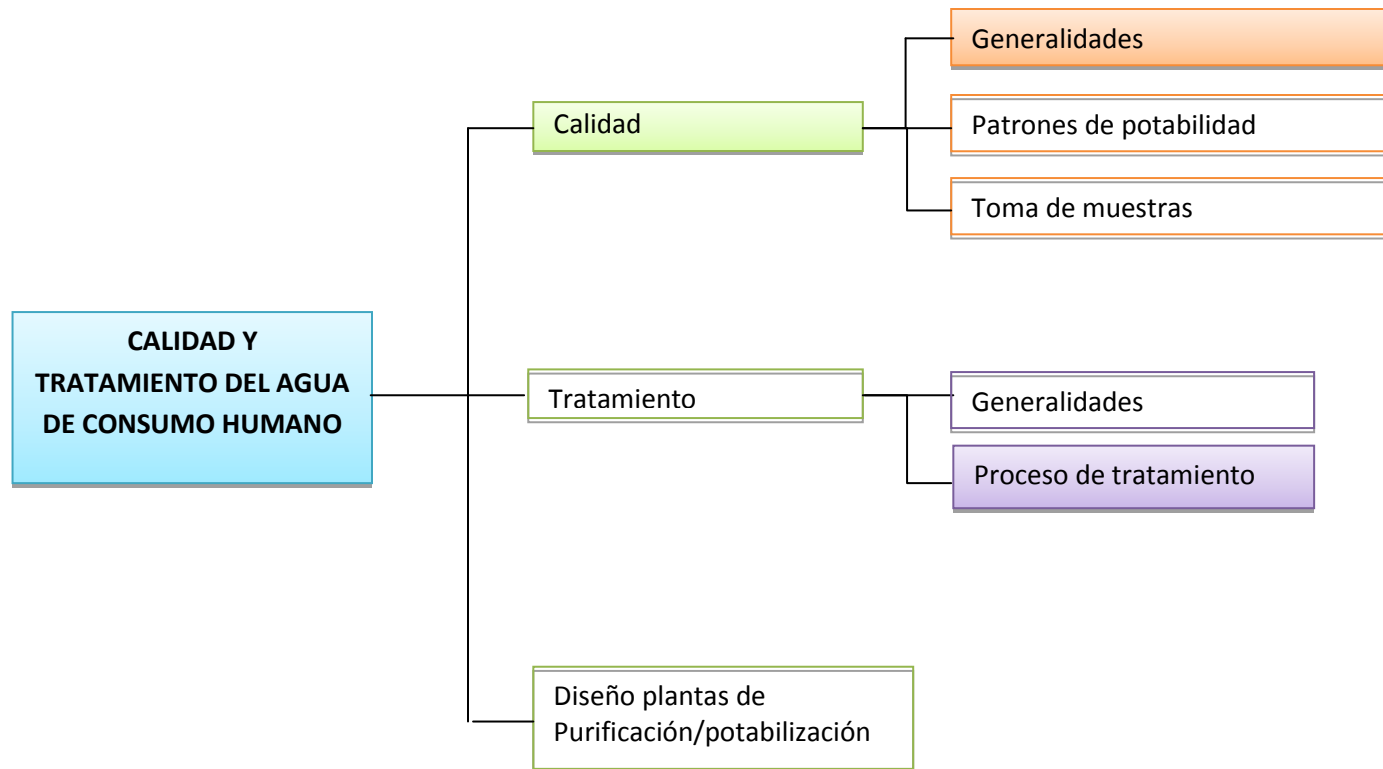
DIAGRAMA DE UBICACIÓN TEMÁTICA











I. INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de fijar un marco de normativa para el diseño y ejecución de acueductos rurales, que en las distintas instituciones del sector agua y saneamiento obedece a los criterios particulares y heterogéneos de la experiencia de profesionales de la ingeniería y de normativas diversas, el presente documento expone con claridad el consenso alcanzado a este respecto que lleva por nombre **guía de normas de diseño de abastecimientos de agua potable y disposición final de excretas y aguas residuales en zonas rurales de Guatemala.**

El documento ha sido elaborado teniendo como objetivo evitar la divergencia de criterios al momento de emprender un proyecto de acueductos rurales y de sistemas de disposición de excretas y aguas residuales, proporcionando a los diseñadores, constructores y supervisores una guía con la que podrán evaluar los proyectos propios y ajenos en vías de ser aceptados y calificados por la institución correspondiente.

Se ha tomado como base la publicación de junio de 1997 de INFOM-UNEPAR “Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales” para el caso de los acueductos y para el tema de saneamiento rural y disposición de aguas residuales la “Norma técnica obligatoria nicaragüense” de agosto de 1999 del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados –INAA-.

El método esencial para su elaboración consistió en la discusión crítica de los documentos base por parte de ingenieros profesionales provenientes de las diversas organizaciones e instituciones – no gubernamentales, académicas y del gobierno- pertenecientes al sector agua-saneamiento realizada en 5 talleres, en dónde se organizaron mesas de discusión para abarcar el contenido y temas de la normativa.

La versión actual del documento se sometió al consenso de las mismas personas que formaron parte de su elaboración, enriqueciéndolo con su asesoría y cumpliendo con el requisito de acreditación de **expertos en normas** de los profesionales participantes, que se gestionó a través de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria –ERIS- y la Cátedra del Agua de la UNESCO, como parte del proyecto.

Paralelamente, la elaboración de la presente normativa forma parte de la iniciativa del componente No. 1 del programa INFOM-BID 1469/OG-CU que pretende fomentar la reducción del déficit de los servicios de agua y saneamiento en las zonas rurales de Guatemala, así como el fortalecimiento de la institucionalidad del sector agua y saneamiento en el país.

II. DEFINICIONES

2.1 Normas de diseño

Para el presente documento, son reglas o criterios utilizados como referencia para el dimensionamiento de tuberías y otro tipo de obras relacionados con el diseño de sistemas de agua potable y sistemas de saneamiento en una comunidad rural. Las normas garantizan la unidad de criterios dispersos que buscan sentar las bases de la interoperabilidad de un sistema de procesos o de un producto, en este caso el diseño y construcción de un sistema de agua potable. Se entienden como parámetros cualitativos o cuantitativos que permiten guiar las acciones en torno a actividades específicas.

2.2 Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable

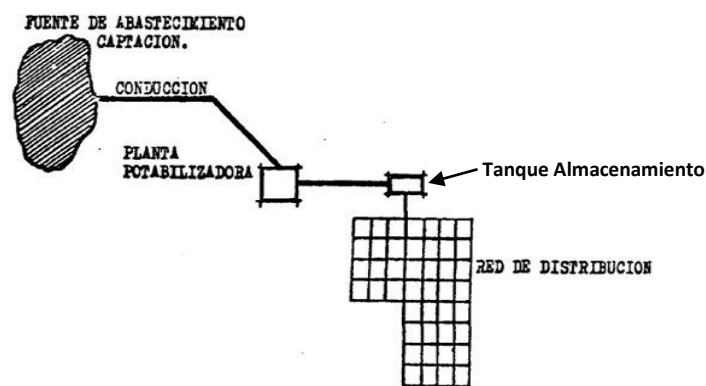
- Fuente
- Línea de conducción
- Almacenamiento.
- Distribución (líneas y redes).

2.2.1 Fuente

La fuente provee de agua en cantidad y calidad suficiente al sistema. Las fuentes pueden ser una o varias, de un mismo tipo o distintas. Los manantiales, los ríos, los lagos, el agua subterránea son los tipos de fuente mayormente utilizados. El agua de lluvia o de condensación puede ser utilizada igualmente para abastecer una vivienda o una comunidad. Las fuentes superficiales pueden ser: manantiales, ríos, lagos. Las fuentes subterráneas: pozos artesanales, pozos profundos.



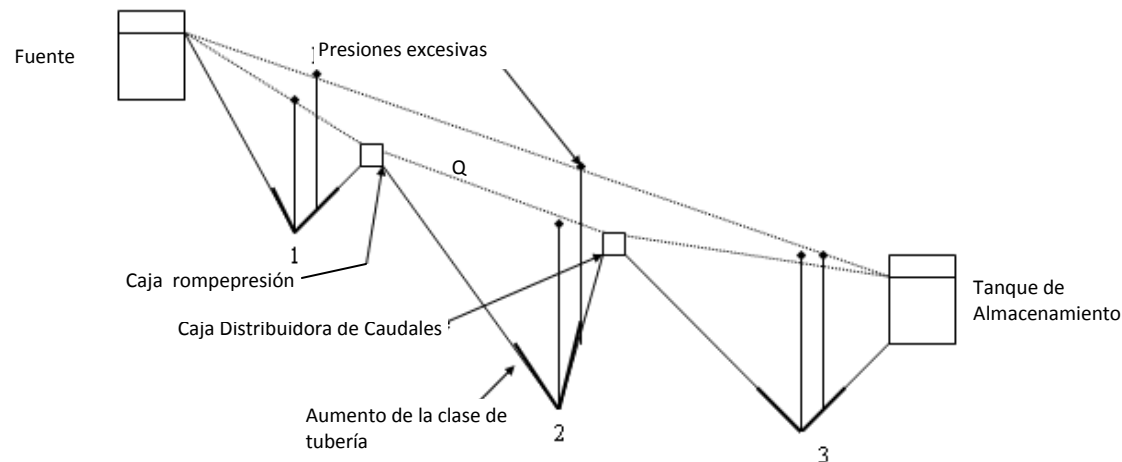
Fig. 1 Fuente de abastecimiento de agua



Esquema 1. Sistema de abastecimiento de

2.2.2 Línea de conducción

Está conformada por los dispositivos encargados de transportar el agua desde el punto de captación al punto de almacenamiento. Por lo general se trata de tubería que transporta a presión, utilizando la fuerza de gravedad o impulsada por una bomba, el agua que se pretende distribuir a una comunidad. En los sistemas de agua potable se puede contar con más de una línea de conducción.



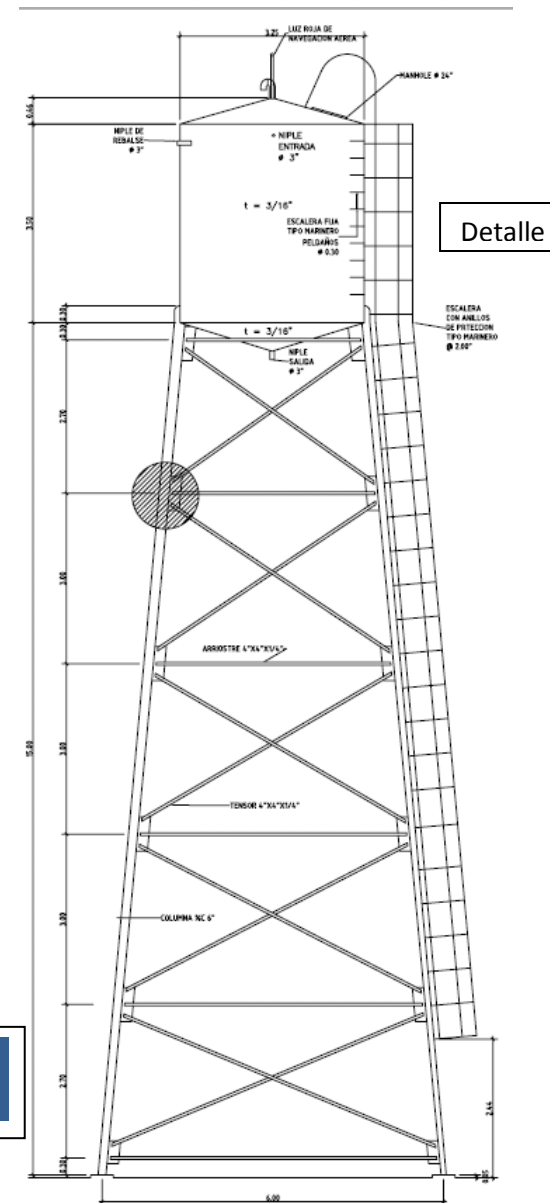
Esquema 2. Línea de conducción con sus piezométricas y obras auxiliares Sistema de abastecimiento de agua.

2.2.3 Almacenamiento / Tanque de distribución

Es el punto, o los puntos, en un sistema de abastecimiento de agua potable en donde se regula y almacena el agua que va a ser distribuida en una comunidad y depende de la oferta y la demanda de agua en un tiempo determinado. El agua se almacena en tanques que pueden estar conformados por concreto reforzado, acero estructural y otros materiales.

Los tanques están ubicados en los puntos topográficos más altos en la región de diseño o en su defecto pueden ser tanques elevados a una altura máxima de 20 metros (a la parte más baja del tanque). Lo importante es que se obtenga la energía necesaria para que el agua pueda ser distribuida con el caudal y la presión necesarios. En pequeñas comunidades rurales el volumen de almacenamiento es por lo general un porcentaje del caudal de diseño. Cuando se trata de agua de lluvia el almacenamiento puede ser un recipiente de volumen variado ya sea de barro o arcilla, de plástico o de concreto reforzado que por lo general se ubica en el predio mismo del usuario.

Esquema 3. Tanque elevado de abastecimiento de agua.



2.2.4 Distribución

Es el conjunto de dispositivos (líneas, redes, válvulas y otros dispositivos de control) que en un sistema de abastecimiento agua potable cumple con la función de distribuir el agua en la comunidad. El agua puede distribuirse en cada domicilio mediante conexiones domiciliarias o mediante conexiones prediales o comunales (llenacántaros).

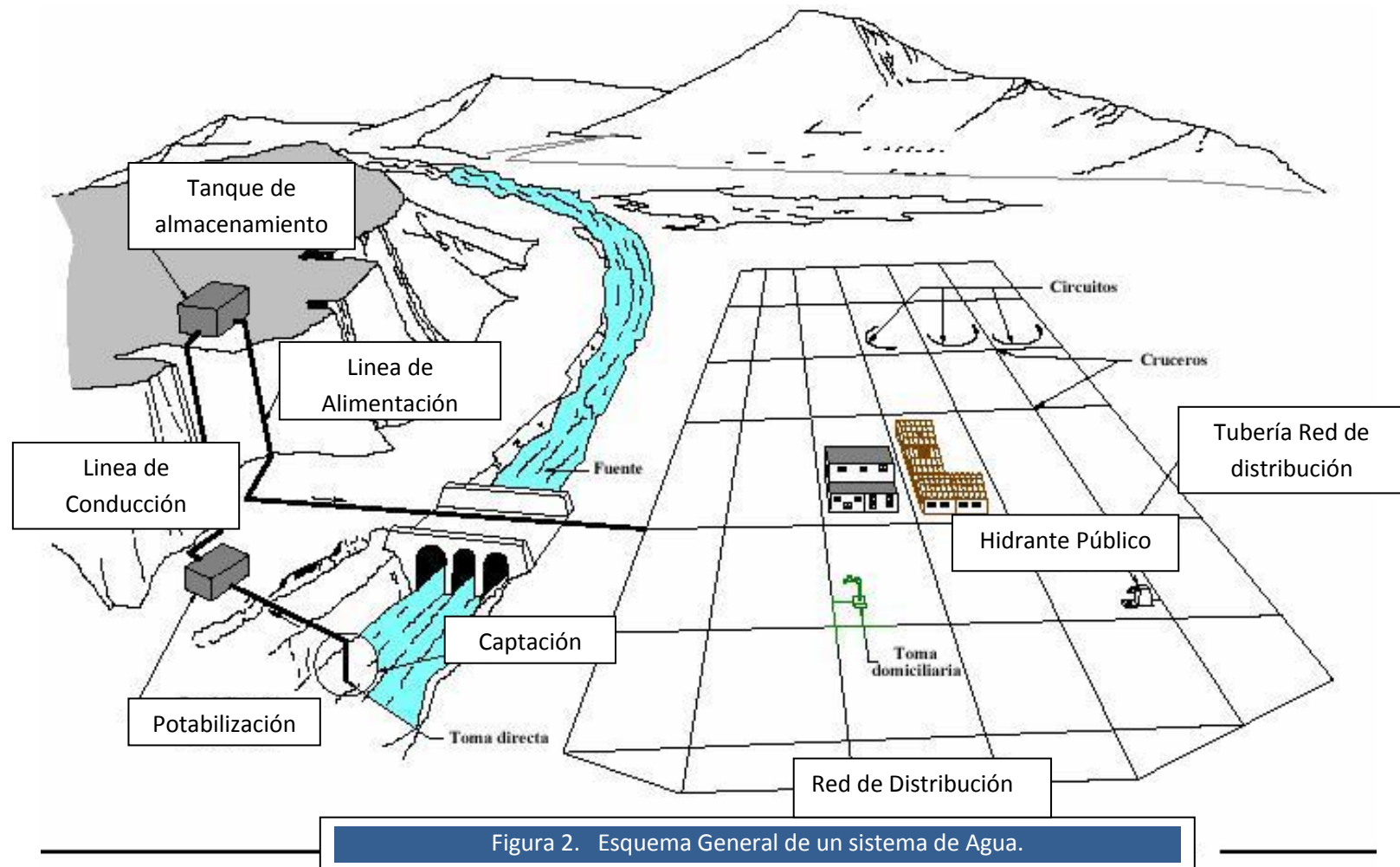


Figura 2. Esquema General de un sistema de Agua.

III. INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL DISEÑO

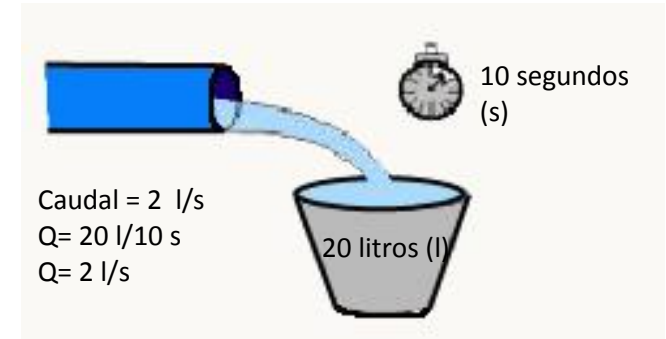


Aclaración: Las personas que deseen consultar referente a la investigación de campo y presentación de proyectos deberán referirse a la Guía Metodológica para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento publicado por SEGEPLAN, asimismo deberá tomarse en cuenta lo que dispone este organismo respecto a los estudios de riesgo y vulnerabilidad.

3.1 Aforo

Como parte de las evaluaciones preliminares, el encargado de establecer la topografía del área de la fuente de captación será un profesional, técnico o el ingeniero proyectista en una visita preliminar, quien realizará el aforo de las fuentes en época de verano o estiaje, con el objetivo de mejorar las pautas de diseño.

Para verificar la manera adecuada de realizar el aforo de las fuentes el lector deberá referirse a lo que al respecto disponga el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, según acuerdo gubernativo 113-2009 y su guía técnica.



3.2 Calidad de agua

Es un dato esencial para el diseño, ya que el agua de mala calidad debe ser sometida a tratamiento para hacerla potable a los humanos. La calidad del agua depende de factores físico-químicos y bacteriológicos que deben cumplir ciertos parámetros que permitan beberla y destinarla a otros usos sin riesgos a la salud. Se deberá realizar los análisis del agua de la fuente o de las fuentes que utilizará para abastecer de agua a la comunidad para disponer el tipo de tratamiento que deberá utilizarse o la ausencia del mismo (Ver norma de Agua Potable, COGUANOR NGO 29001 y el Acuerdo Gubernativo 178-2009). Para mayor detalle se refiere al lector a la sección de calidad y tratamiento del agua de este documento.



3.3 Censo de la población a servir

Se debe obtener un dato fidedigno de la población actual, del número de viviendas y el promedio de habitantes por vivienda como parte de la recolección de datos esenciales para el diseño. En el diseño esta población debe proyectarse al futuro con el objetivo de prever el periodo de diseño definido.



3.4 Topografía

Deberá incluirse dentro de la información anterior al diseño las posibles rutas del sistema de agua potable, de las cuales se deberá escoger la que haga más eficiente el diseño mediante un estudio de topografía preliminar cuyo nivel quedará al criterio del mismo. También deberá hacer uso de las tecnologías disponibles que faciliten esta tarea como la revisión de mapas aerofotográficos, imágenes satelitales, GPS, imágenes digitales y la utilización de instrumentos de precisión.



IV. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Como parte del proceso de obtención de la información necesaria para el diseño es indispensable la realización de un levantamiento topográfico que incluya la localización de todos los puntos y elementos importantes del sistema de abastecimiento de agua, desde las fuentes y obras de captación, pasando por la línea de conducción, los puntos de almacenamiento, tratamiento y la red de distribución. Este levantamiento deberá contar con información relativa a la configuración topográfica de las fuentes y detalles importantes como estructuras existentes, pasos de ríos, quebradas y zanjones, caminos, cercos, puntos altos del terreno, tipo de terreno y otros. Además se acompañarán las acciones de planimetría y altimetría con fotografías de los lugares en donde se ubicarán las obras de arte, específicamente la captación, el tanque de distribución, cajas distribuidoras de caudales, cajas rompedores, de válvulas y otras.

Con anterioridad a los trabajos de topografía se deberá obtener información relativa a la certeza jurídica de las fuentes a utilizar, así como de los derechos de paso de las conducciones y de las líneas de distribución y los derechos de propiedad de los terrenos donde se ubicarán las obras de arte importantes.

Se deberá realizar un esquema indicando todas las servidumbres y señalando cuáles serán compradas y cuáles serán donadas.

4.1 Tipo y orden de levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico principal se recomienda el uso de estaciones totales en planimetría y de niveles de precisión en altimetría. Con esto se busca reemplazar los tres tipos de órdenes de levantamiento por uno único de alta precisión.

4.2 Libretas de campo

Todos los datos del estudio topográfico deberán ser consignados en una libreta de campo que estará libre de borrones y manchas. Se adjuntarán también todos aquellos croquis que se realicen durante el proceso de levantamiento y las fotografías de los puntos importantes. Durante el levantamiento se estimarán los tipos de suelo por donde pase el levantamiento.

V. FACTORES DE DISEÑO

5.1 Censo de población

La cuadrilla de topografía deberá levantar un censo de población en el que se especifique el número de habitantes total y por vivienda, nombre de los jefes de familia y su número de identificación personal (cédula o DPI).

5.2 Periodo de diseño

Es el tiempo para el cual se considera que el diseño de un acueducto o sistema de agua potable será funcional y cumplirá con su cometido (abastecer de agua a una comunidad) con eficiencia. Para determinarlo se tomarán en cuenta los factores siguientes:

- Vida útil de los materiales.
- Costos y tasas de interés.
- Comportamiento del sistema en sus primeros años.
- Calidad de los materiales y de las construcciones.
- Futuras ampliaciones del sistema.
- Población de diseño.
- Caudal

Se establece para los efectos de la normativa lo siguiente:

- Obras civiles: 20 años.
- Equipos mecánicos: 5 a 10 años.
- En casos especiales se considerará un proyecto por etapas.
- Considerar un tiempo de gestión aproximado de 2 años.

5.3 Cálculo de población futura

Para una proyección de la población futura puede utilizarse varios métodos uno de ellos el método geométrico y cotejarse los resultados con el objetivo de obtener un valor más apegado a la realidad. Deberá justificarse la tasa de crecimiento adoptada.

La información básica de la población deberá recabarse en instituciones especializadas como el Instituto Nacional de Estadística –INE- ; además deberán tomarse en cuenta censos escolares, registros municipales y del MSPAS o levantamientos de densidad poblacional realizados por diversas instituciones entre otros. El diseñador deberá preferir aquella información que sea la más específica de la comunidad.

Deberán tomarse en cuenta también cuando sea necesario la tasa de mortalidad y natalidad, las tendencias de emigración a centros urbanos, la población flotante y debida al crecimiento industrial o de cualquier índole fuera de lo común.

Fórmula de crecimiento poblacional geométrico:

$$Pf = Po(1+i)^n$$

Donde:

Pf: población futura.

Po: población inicial.

i: tasa de crecimiento poblacional %

n: número de años en el futuro.

5.4 Caudales de diseño

Los caudales de diseño son los consumos considerados para el dimensionamiento de las tuberías y obras hidráulicas en cada componente de un abastecimiento de agua basados en la información básica, aforo y estudio poblacional. A continuación se describen cómo se determinan estos caudales de diseño:

Dotación

Es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día en una población. Comúnmente se expresa en litros por habitante por día: l/hab./día. Para la elección adecuada de la dotación deberán tomarse en cuenta los factores siguientes:

- Clima.
- Abastecimiento privado.
- Calidad y cantidad del agua.
- Presiones.
- Nivel de vida.
- Servicios comunales o públicos.
- Medición.
- Actividades productivas.
- Facilidad de drenaje.
- Administración del sistema.

Si los hubiere deberán tomarse en cuenta estudios de demanda de la población o poblaciones similares.

A falta de éstos se tomarán los valores siguientes:

Servicio a base de llena cántaros exclusivamente: 30 a 60 l/hab/día.

Servicio mixto de llena cántaros y conexiones prediales: 60 a 90 l/hab/día.

Servicio exclusivo de conexiones prediales fuera de la vivienda: 60 a 120 l/hab/día.
Servicio de conexiones intradomiciliarias con opción a varios grifos por vivienda de 90 a 170 l/hab/día.
Servicio de pozo excavado o hincado con bomba manual mínimo 20 l/hab/día.
Servicio de aljibes 20 l/hab/día

Nota: La dotación asumida debe ser soportada por un análisis justificado. Se debe dar preferencia a los datos obtenidos en investigaciones de campo, si estos existieren.

5.4.1 Caudal medio diario (Q_m)

Es el resultado de multiplicar la dotación por la población futura dividido por el número de segundos que contiene un día (86400 segundos).

$$Q_m = \frac{(Dot \times P_f)}{86400}$$

Donde:

Q_m: caudal medio diario en l/s.
Dot: dotación en l/hab/día.
P_f: número de habitantes proyectados al futuro.

5.4.2 Caudal máximo diario (QMD)

Deberá determinarse primero si existe un registro de este parámetro para la población específica. De lo contrario deberá considerarse como el producto del caudal medio diario por un factor que va de 1.2 a 1.5 para poblaciones futuras menores de 1000 habitantes y de 1.2 para mayores de 1000 habitantes. Se deberá justificar el factor que haya seleccionado. El consumo de agua no es igual en un día de verano como en un día de invierno. El factor máximo diario –FMD- aumenta el caudal medio diario en un 20 a 50% considerando el posible aumento del caudal, es decir su variación en un día promedio.

Caudal máximo diario, QMD

$$QMD = Q_m \times FMD$$

Donde:

QMD: Caudal máximo diario en l/s.
Q_m : Caudal medio diario en l/s.
FMD : factor máximo diario.

5.4.3 Caudal máximo horario (QMH)

Deberá obtenerse el caudal máximo horario mediante la multiplicación del caudal medio diario por un factor que va de 2.0 a 3.0 para poblaciones menores de 1000 habitantes y de 2 para poblaciones futuras mayores de 1000 habitantes. La selección del factor es inversa al número de habitantes a servir.

Se deberá justificar el factor que haya seleccionado. El consumo de agua varía considerablemente dependiendo de la hora del día; por ejemplo la demanda de caudal será mínima a las 12 de la noche pero será un máximo a las 6 de la mañana. El factor máximo horario considera estas variaciones que pueden suscitarse en el consumo de agua.

$$QMH = Q_m \times FMH$$

Donde:

QMH: caudal máximo horario en l/s.
Qm: caudal medio diario en l/s.
FMH: factor máximo horario.

5.4.4 Caudal de Uso simultáneo (redes de distribución)

$$q = k\sqrt{n - 1}$$

Donde:

q: caudal de uso simultáneo no menor de 0.20 l/s.
k: coeficiente; 0.20 predial; 0.15 llenacántaros.
n: número de conexiones o llenacántaros futuros.

Para el diseño de los ramales de distribución deberá hacerse una comparación entre los cálculos del caudal obtenidos con el FMH y el criterio de uso simultáneo. Deberá utilizarse el resultado que sea mayor de ambos.

5.5 Capacidades de diseño de las diferentes partes del sistema

5.5.1 Fuentes y captación

El diseño de la obra de captación deberá realizarse tomando en cuenta el caudal máximo diario. La fuente o las fuentes deberán garantizar que el caudal sea continuo. Se deberá tomar en cuenta para el análisis los caudales de estiaje así como los estudios hidrológicos correspondientes. Al ser utilizadas las fuentes, se deberá garantizar actividades relacionadas con la recarga hídrica en los alrededores de las mismas, así como asegurarse que su utilización no comprometa el recurso hídrico a corto, mediano y largo plazo. También deberá evitar en lo posible la creación de conflictos originados entre comunidades por el uso de las fuentes. En este sentido se deberá dar preferencia a aquellas soluciones que permitan hacer un uso sostenible de los recursos hídricos de una región específica.

5.5.2 Líneas de conducción

Las líneas de conducción por gravedad deberán diseñarse con el caudal máximo diario.

Las líneas de conducción por bombeo por el caudal de bombeo.

La fórmula del caudal de bombeo es la siguiente:

$$Q_b = \frac{QMD \times 24}{\text{No. horas de bombeo}}$$

Donde:

Qb: caudal de bombeo en l/s.

QMD: caudal máximo diario en l/s.

Se recomienda un uso por día de las bombas máximo de 12 horas para motor diesel y de 18 horas para motores eléctricos.

5.5.3 Tanques de almacenamiento o distribución

Se recomienda utilizar los datos de la demanda real de la comunidad para establecer el volumen del tanque de distribución. De lo contrario se considerará para su diseño el 25 a 40% del caudal medio diario en el caso de sistemas por gravedad y de 40 a 65% en sistemas por bombeo, entre los tanques de succión y distribución, justificándolo mediante un diagrama de masas.

5.5.4 Tanque de succión o alimentación

El volumen del tanque de succión o alimentación deberá establecerse tomando en cuenta la relación entre el caudal de la fuente y el caudal de bombeo. Justificar el volumen adoptado por medio de un diagrama de masas. En cualquier caso no deberá ser menor de 5 metros cúbicos.

5.5.5 Estación de bombeo

Se tomarán factores económicos y de consumo así como la capacidad del equipo de bombeo para establecer el número de horas de bombeo. Se recomienda que este periodo no sea mayor a 18 horas por día.

5.5.6 Redes de distribución

El diseño de las redes de distribución se hará tomando en cuenta el caudal máximo horario.

5.5.7 Planta de purificación

El funcionamiento de la planta de tratamiento deberá ser continuo y se diseñará tomando en cuenta el caudal máximo diario. La planta de tratamiento debe instalarse normalmente previo a los tanques de almacenamiento y posterior a la distribución. Para esto, se deberá considerar lo dispuesto por el Acuerdo Ministerial 1148-2009, que establece los procesos y métodos de purificación de agua para consumo humano.

VI. NORMAS ESPECIALES DE DISEÑO PARA LAS DIFERENTES PARTES DEL SISTEMA

6.1 Captación de agua

Las estructuras deberán garantizar seguridad, estabilidad, durabilidad y funcionamiento en todos los casos. La obra de captación deberá reducir el riesgo de contaminación de la fuente y evitará la entrada de elementos en suspensión y flotantes, de insectos y otros organismos indeseables al sistema, así como la proliferación de plantas y algas en las estructuras de la obra.

6.1.1 Captaciones superficiales (ríos, riachuelos)

El sitio de la captación debe llenar como mínimo las condiciones siguientes.

- Ubicarse preferiblemente en tramos rectos o en la orilla exterior de las curvas de los cuerpos de agua cuando no acarreen sólidos o material flotante; de lo contrario deberá ubicarse en la orilla interior de las curvas. Deberá escogerse el sitio que garantice que los sólidos y material flotante no ingresen a las estructuras de la obra.
- Se deberá de preferencia evitar elegir una fuente que se encuentre aguas debajo de una fuente importante de contaminación.
- Las estructuras de la obra de captación y la fuente deberán aislarse para evitar el ingreso a personas no autorizadas, animales u otro tipo de agentes externos.
- La obra de captación deberá ubicarse en un lugar en donde la corriente no amenace las estructuras de la misma. Tampoco deberá existir peligro de deslaves o derrumbes que puedan dañarla.
- Deberá ubicarse en lugares donde no se formen bancos de arena (azolvamiento).

6.1.1.1 Bocatoma de fondo

Consiste en una estructura estable perpendicular a la corriente de agua con una rejilla que permita la entrada de la misma y evite la entrada del materia de mayor tamaño que pueda ocasionar taponamientos u obstrucción en las diferentes unidades de tratamiento.



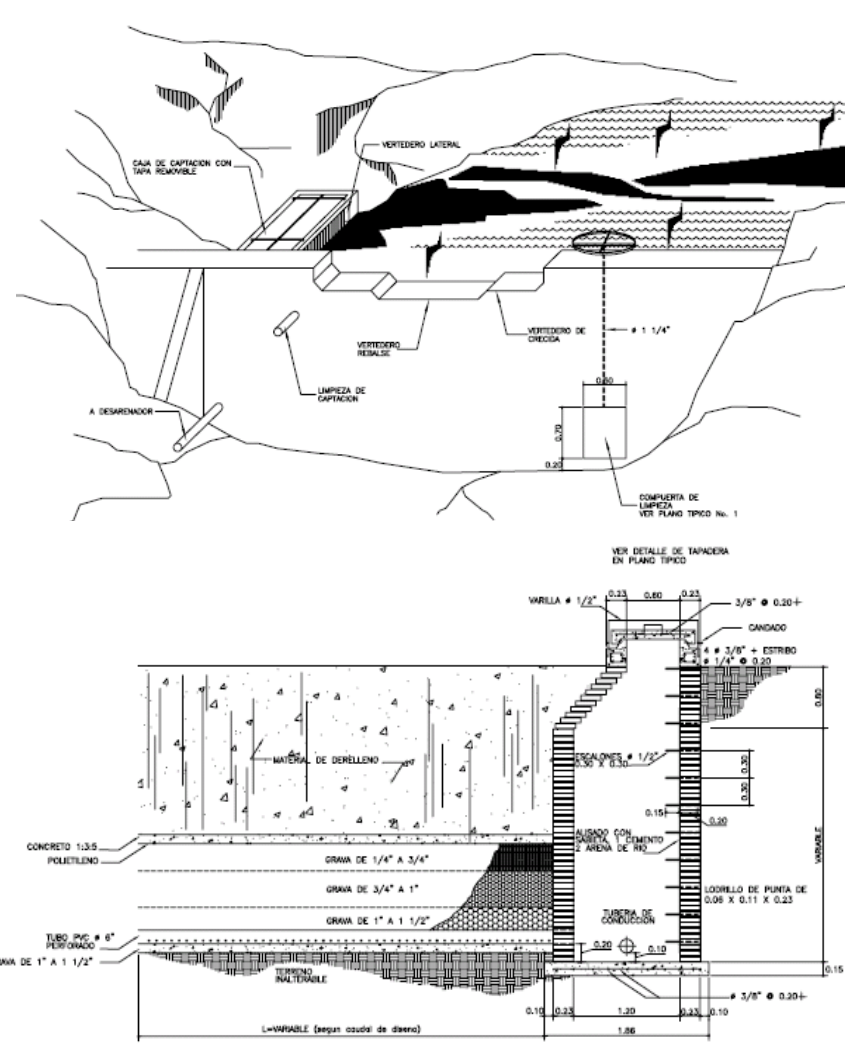
La rejilla deberá estar inclinada 60 grados y su área libre será de 150 a 200% del área de flujo que protege. La rejilla será de hierro fundido y su colocación deberá permitir su limpieza y reemplazo. Las barras de la rejilla deberán estar espaciadas entre 1 ó 2 cms aseguradas con tornillos de bronce u otro dispositivo inoxidable similar.

La velocidad de aproximación de la corriente en la rejilla deberá ser tal que no permita sedimentación ni acumulación de materias extrañas, justificando su diseño con los cálculos respectivos. La velocidad del fluido deberá ser mayor a 0.60 m/s.

6.1.2 Captación lateral

La obra de captación lateral se recomienda cuando se cuenta con una fuente superficial cuyo caudal sea significativo, 4 veces mayor al caudal de día máximo.

Las captaciones se proveerán de válvulas, desagüe, limpieza, rebalse y caja de inspección con tapa sanitaria.



Esquema 4. Capatación lateral de una fuente superficial

6.1.3 Captaciones de agua de manantial

Se construirán de tal manera que se garantice que el flujo de afloración pueda ser captado en un tanque de recolección, que deberá ser construido con material impermeable con completa protección sanitaria.

Para evitar el agua de escorrentía se colocará una cuneta interceptora contracuneta.

La obra de captación se protegerá debidamente con cerco.

La cota superior de la pichacha deberá ser como mínima de 10 cm por debajo del nivel de agua, con el fin de evitar el ingreso de aire a la tubería y la presión sobre el brote.

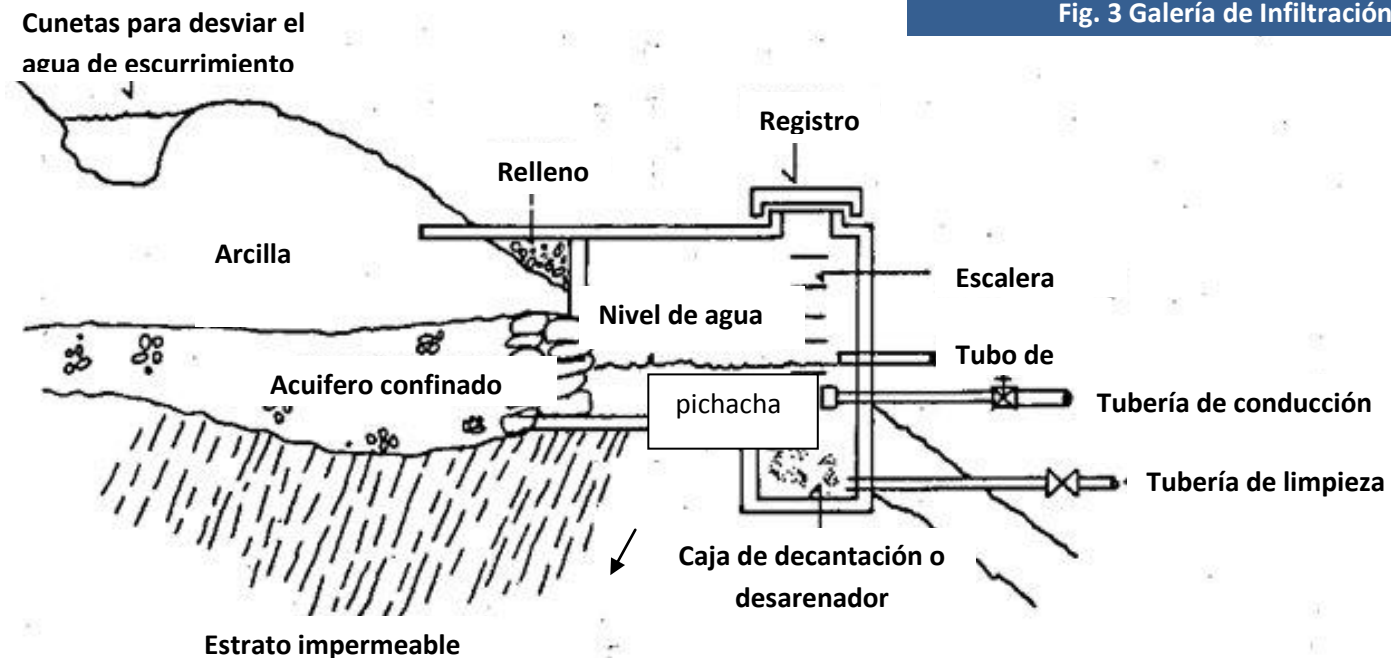


Fig. 4 Captación de agua de manantial

6.1.4 Galerías de infiltración

Consisten en conductos horizontales con cierta pendiente contruidos para interceptar y recolectar agua subterránea que fluya por gravedad. Generalmente se ubican paralelas a los lechos de los ríos para asegurar una recarga permanente. Para su utilización se debe contar con una evaluación hidrogeológica.

Se construyen con tuberías de diámetro tal que garanticen la capacidad requerida; estas tuberías se colocan a junta perdida o tendrán perforaciones diseñadas para captar el caudal necesario. Las tuberías estarán recubiertas con material graduado, teniendo en cuenta la granulometría del material del acuífero y las características del agua. Generalmente se colocan sobre el tubo colector una capa de 20 cms de grava de 19 mm (3/4”), 15 cm de grava fina y 15 cm de arena gruesa lavada. Se debe tomar en cuenta en el diseño el número de perforaciones, diámetro y posicionamiento de los agujeros y el tipo de tubo.

Con el objetivo de la inspección, limpieza y desinfección se diseñarán las cajas correspondientes y como medio de protección sanitaria se utilizará una capa impermeable y drenajes en la superficie. La velocidad máxima de ingreso del agua por los orificios de la tubería será como máximo 0.05 m/s. La velocidad del agua por la tubería no será menor a 0.60 m/s. El agua deberá recolectarse en un depósito cubierto. (Ver figura galerías de infiltración)

6.1.5 Toma de agua utilizando los principios del ariete hidráulico

El ariete hidráulico podrá utilizarse cuando el nacimiento de agua esté ubicado en una cota más baja que el punto de distribución y su caudal sea de 10 a 36 veces el caudal requerido por los habitantes del lugar.

La relación entre altura de descarga y altura de caída varía entre 6:1 y 12:1. Además la tubería de alimentación debe tener una longitud de 5 a 10 veces la carga de alimentación; de lo contrario debe construirse una obra auxiliar para solventar este problema.

De cualquier manera referirse a los catálogos de especificaciones de los fabricantes del ariete hidráulico y justificar sus criterios.

6.1.6 Agua subterránea

6.1.6.1 Pozos excavados a mano

Los pozos excavados deberán:

- Ubicarse aguas arriba de cualquier fuente potencial de contaminación.
- Ubicarse en zonas no inundables o de fácil acceso para el agua superficial.
- Localizarse como mínimo a 20 m de distancia de tanques sépticos, letrinas, pozos de absorción, sumideros, campos de infiltración o cualquier otra fuente de contaminación.

Para la construcción de pozos excavados a mano deberán tomarse en cuenta los aspectos siguientes:

- El subsuelo del sitio seleccionado no debe ubicarse en el lugar de fallas, grietas o socavaciones que faciliten el paso del agua superficial.
- En el área de captación debe asegurarse la presencia de piedras a junta perdida para asegurar el corrimiento libre del agua de la fuente, minimizando el riesgo de obstrucción.
- Una losa de concreto reforzado provista de una tapa de inspección con cierre hermético constituirá la cubierta del pozo. Esta cubierta deberá descansar sobre un brocal sólidamente construido de al menos 80 cm de alto. Ésta debe sobresalir por lo menos 20 cm del nivel del piso.
- Se recomienda encamisar el pozo con una tubería de concreto en aquellas zonas en riesgo de derrumbamiento. Cuando la profundidad del pozo lo permita se instalará una bomba manual para la extracción del agua.
- El diámetro mínimo del pozo será de 0.90 metros para facilitar las tareas de mantenimiento.

Los pozos excavados deberán tener como mínimo en época seca un manto de agua de 1.5 metros. El caudal mínimo se establecerá en base al caudal requerido para abastecer el número de viviendas correspondiente. El nivel original del pozo deberá restituirse en un máximo de 12 horas.

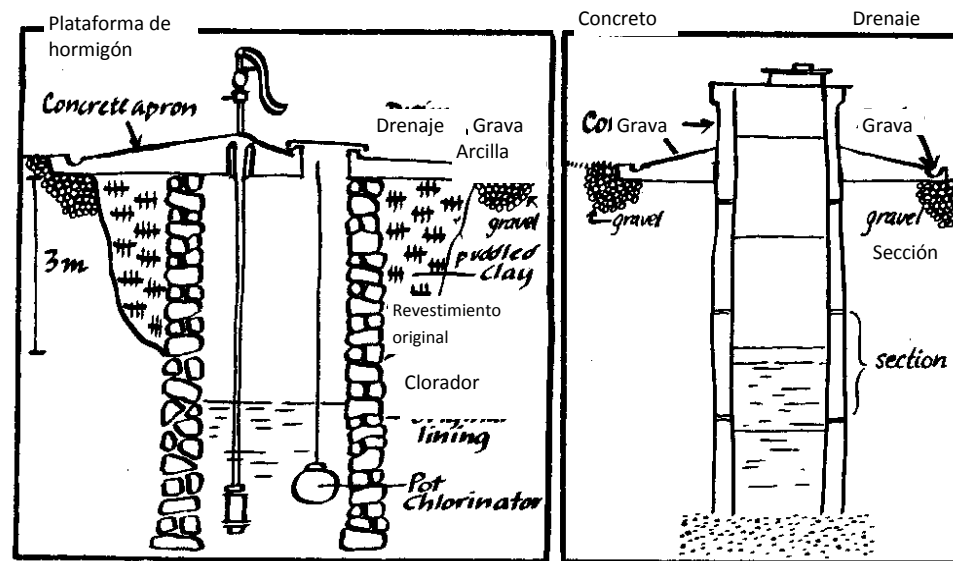


Fig 5. Pozo excavado a mano

6.1.6.2 Pozos perforados por métodos mecánicos

Los pozos perforados mecánicos al igual que los excavados a mano deberán:

- Ubicarse aguas arriba de cualquier fuente potencial de contaminación.
- Ubicarse en zonas no inundables o de fácil acceso para el agua superficial.
- Localizarse como mínimo a 20 m de distancia de tanques sépticos, letrinas, sumideros, campos de infiltración o cualquier otra fuente de contaminación.

Para la determinación del diámetro de perforación del pozo se requiere:

- Determinar y conocer el caudal de demanda.
- Determinación probable del nivel freático a través de un estudio hidrogeológico.

Para determinar el diámetro de encamisado o casing del pozo se requerirá:

- El diámetro comercial disponible de la tubería al carbono, que permita una holgura entre ésta y las paredes de la perforación de al menos una pulgada libre.
- El diámetro de la bomba a instalar determinado en base al caudal deseado o efectivo del pozo y la profundidad a la que se instale, previendo la posible colocación de la bomba en la segunda estación más baja considerada en el diseño de la tubería ranurada del encamisado.
- La producción efectiva del pozo se tomará para el diseño el 70% del caudal de la prueba de bombeo, al cabo de 36 horas de bombeo continuo.
- El espacio comprendido entre la perforación y el tubo de revestimiento deberá rellenarse con grava de ¼" o menor en toda su profundidad, sellando con mortero rico en cemento hasta los últimos tres metros superiores (sello sanitario).
- El tubo de cemento del casing deberá sobresalir 25 cm del piso de la caseta de bombeo.
- Los alrededores de la caseta de bombeo deberán disponerse de tal manera que favorezcan el drenaje de las aguas superficiales hacia afuera.
- Antes de entubar el pozo, deberá correrse un registro eléctrico con el objetivo de establecer el diseño que tendrá la rejilla y su ubicación en relación a los acuíferos a explotar.
- Debe considerarse la posible ubicación de tubos lisos intermedios para la futura ubicación de equipos de bombeo.

En las áreas adyacentes al acuífero deberán colocarse rejillas debidamente diseñadas de acuerdo a la granulometría del mismo de tal manera que impidan el paso de arenas que puedan dañar el equipo y obstruir el pozo. La velocidad de entrada en las rejillas o en el filtro no debe exceder los 0.03 m/s. Podrá utilizarse tubo ranurado con soplete de acetileno.

Terminada la perforación y después de entubar el pozo se debe limpiar y sacar los residuos de perforación y conglomerados de arena, utilizando aire comprimido o una cubeta mecánica adecuada, con un mínimo de 24 horas.

La producción efectiva de los pozos deberá estimarse con base en la prueba de producción de bombeo continuo. Esta prueba durará como mínimo 24 horas a caudal constante, midiendo caudal y abatimiento del nivel freático, por medio de bomba de capacidad adecuada. Deberá hacerse además una prueba de recuperación también de 24 horas de duración.

Los materiales de tubería de revestimiento, rejilla, columna de las bombas y demás elementos en contacto con el agua, deberán ser resistentes a la acción corrosiva de ésta y soportar los esfuerzos máximos a que puedan estar sometidos.

Se deberá definir de nuevo el nivel dinámico para el caudal de diseño requerido con base a los resultados de la prueba de bombeo.

6.1.6.3 Equipos de bombeo de tipo sumergible en pozos perforados mecánicamente

La capacidad de la bomba y la potencia del motor deberá ser suficiente para elevar el caudal de bombeo previsto contra la carga dinámica total

La eficiencia de la bomba en ningún caso será menor del 60%.

La bomba debe instalarse a una profundidad tal (1.5 del nivel dinámico o lo que recomiende la empresa perforadora) que se asegure una sumergibilidad que garantice su enfriamiento adecuado.

A la salida de los equipos de bombeo deberán preverse como mínimo los siguientes dispositivos:

- Manómetro en la descarga.
- Tubería de limpieza.
- Válvulas de retención y de paso en la línea de descarga.
- Junta flexible en la línea de descarga.
- Protección contra golpe de ariete si fuera necesario.

Elementos que permitan determinar en cada caso la altura del nivel de bombeo.

Al pie del equipo de bombeo, debe considerarse la instalación de una pichacha y una válvula de cheque vertical.

La capacidad del motor deberá calcularse para suministrar la potencia requerida por la bomba (considerando el rendimiento del conjunto), más una capacidad de 10 a 25% para compensar el desgaste normal del equipo.

Debe preverse la instalación de un mecanismo electrónico dentro del tubo de impulsión, que permita el sondeo para determinar los niveles estático y dinámico del agua. (Para ver fórmula para el cálculo del caudal de bombeo ver apartado 5.5.2)

Es indispensable instalar artefactos sensores de nivel (guarda niveles) para evitar que la bomba trabaje en seco.

6.1.6.4 Bombas de mano

El tipo de bomba a escoger, dependerá de la profundidad del acuífero y su disponibilidad en el mercado.

En la instalación de la bomba debe considerarse:

- Que la tubería de impulsión sea de un material anticorrosivo.
- Si la altura de la tubería de succión provoca oscilaciones, debe anclarse adecuadamente a la pared del pozo, mediante un tipo de herraje. Luego de instalada, debe preverse el sello sanitario, que consiste en la tapadera por arriba del nivel del suelo, apoyada en el brocal del pozo. Los pozos hincados son propicios para este tipo de bombas.

6.1.7 Agua de lluvia

En regiones en donde no se disponga otro tipo de fuente puede hacerse uso de colectores de agua de lluvia. En este sistema se utilizan los techos de las viviendas como áreas colectoras del agua de lluvia que después se almacena en un tanque para poder ser aprovechada por los habitantes.

El volumen del tanque de almacenamiento o cisterna puede ser calculado de la manera que sigue:

$$V_s = D \times 30 \times (12 - t) \times 1.3 \times h$$

Donde:

Vs: Volumen necesario para el consumo en época de secas en litros

D: dotación en l/hab/día

30: días del mes

12-t: número de meses secos; t es el número de meses con lluvia

1.3: 30% más por seguridad

h: número de usuarios

Además:

$$V_c = \frac{P \times A}{1000}$$

Donde:

Vc: Volumen anual captado en metros cúbicos

P: Precipitación media anual en milímetros

A: Área de captación en metros cuadrados

$$1000 = \frac{1000 \text{ mm}^3}{1000 \text{ mm}^3}$$

1000: Factor de conversión

No existirá problema de suministro cuando $V_s < V_c$ de lo contrario faltará agua. Como criterio de diseño se deberá considerar que al menos $V_s = V_c$

Son aptos para la recolección de agua los techos de materiales comerciales como las tejas y el hierro galvanizado. La inclinación de los techos deberá ser de al menos 10% con el objetivo de facilitar el lavado durante los aguaceros. El material del techo debe permitir el peso de una persona para la limpieza.

El aljibe y todas las instalaciones deben estar protegidas contra los insectos. Es preferible que el agua de lluvia que llega al aljibe sea filtrada.

6.2 Conducciones

Están compuestas por los dispositivos de conducción que transportan el agua desde el área de captación hasta el área de distribución. Se diseñarán como libres o forzadas, dependiendo de las condiciones particulares de cada caso. Para agua de alta calidad o tratada, la conducción no deberá ser a cielo abierto. Después del sistema de tratamiento, no se admiten conducciones libres.

6.2.1 Conducciones libres (canales)

Diámetro mínimo 15 cm (6") o su equivalente en secciones no circulares.

Velocidad de 0.4 a 0.5 m/s.

Considerar fugas

Diseño cajas de inspección

Calcular con la ecuación de Manning

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

V: velocidad en m/s

n: coeficiente de rugosidad de Manning

R: radio hidráulico m

S: pendiente de carga de la altura de líneas piezométricas (pérdida de carga por unidad de longitud del conducto).

6.2.2 Conducciones forzadas (tuberías)

Diámetros: Dependerán de las razones hidráulicas o económicas del diseño. El diámetro no debe ser menor de ¾ de pulgada.

Velocidades: se considerarán:

- Mínima 0.4 m/seg.
- Máxima 3.0 m/seg.

En casos en que inevitablemente se consideren velocidades mayores, éstas deben justificarse y preverse la protección de las obras que puedan quedar expuestas a deterioro por ello.

6.2.3 Colocación de tuberías

Las tuberías deben colocarse enterradas, por lo que su material debe ser resistente a la corrosión de los ácidos de la tierra. La profundidad de colocación, anchos de zanja, material de relleno, deben ser considerados en las especificaciones a anotar en los planos. Si por condiciones del terreno debe instalarse en forma superficial, deben tomarse en cuenta que: El material debe ser resistente a la intemperie y al daño malicioso (preferiblemente de hierro galvanizado), deben anclarse adecuadamente, diseñando los anclajes y sus ubicaciones.

Su ubicación ha de considerar y prevenir los posibles daños por derrumbes, deslaves y otras condiciones naturales.

Las tuberías deberán enterrarse a una profundidad mínima de 0.60 metros sobre la corona (nivel superior del tubo). Si los terrenos son dedicados a la agricultura, la profundidad mínima será de 0.80 metros. En caminos, calles urbanas o pasos de vehículos de carga, la profundidad de colocación no será menor de 1.20 metros.

En terrenos inclinados, la tubería deberá protegerse mediante la construcción de muros o túneles secos que eviten el deslave.

6.2.3.1 Anclajes

Son elementos constructivos que han de ser considerados en el diseño, siendo sus funciones variadas, según su requerimiento, las siguientes:

Soportar los esfuerzos que se provocan por cambios de dirección, dimensión de reductores, tramos ciegos, válvulas y otros puntos susceptibles a fuerzas mayores a la resistencia propia de la tubería, tales como el golpe de ariete. Cuando en otras circunstancias, la tubería vaya superficialmente y esté más o menos horizontal, también hay que apoyarla adecuadamente, atendiendo las especificaciones del fabricante.

Todas las obras de anclaje deberán tener su análisis estructural, para determinar su dimensionamiento y refuerzo, detallándolo en los respectivos planos con dibujos y especificaciones.

En terrenos inclinados, la tubería deberá protegerse mediante la construcción de muros o túneles secos que eviten el deslave.

6.2.3.2 Pasos de corrientes o puntos bajos

En los puntos más bajos y en los cruces de corrientes o cuerpos de agua, se podrá dejar la tubería aérea, siempre y cuando se garantice estabilidad y protección sanitaria. Para tal efecto, se usará tubería de hierro galvanizado, debiendo apoyarse en forma adecuada.

En el diseño de estos pasos, deben considerarse elementos de anclaje y los propios del paso (cables principales, tirantes verticales, etc), para lo cual deben especificarse entre otros:

Cargas vivas y muertas propias;

Cargas de viento;

Cargas por sismos;

Esfuerzos por variación de temperatura y otros.

Los pasos de zanjón y los pasos aéreos deben utilizarse cuando la línea de la tubería pase o atravesase ríos, o tenga que salvar precipicios o accidentes geográficos en donde la tubería no pueda quedar enterrada debido a las características topográficas del terreno. En estos tramos se determinará el material de tubería más adecuado a las condiciones ambientales del terreno y se deberá velar (como se explica líneas arriba en esta sección) por la seguridad estructural de los componentes.

6.2.4 Dispositivos especiales

Se instalarán válvulas de aire en puntos altos de sifones invertidos, debido a que el aire tiende a ocupar los puntos topográficos más altos de la línea de conducción. Si no se extrae se puede producir una estrangulación de la sección que puede llegar a interrumpir el flujo o hacer estallar la tubería.

En caso de válvulas que admitan y expulsen aire, el diámetro nominal de éstas será del 12% del diámetro de la conducción. Si este valor es menor que el mínimo comercial adquirible, se utilizará este último.

Se instalarán válvulas de limpieza en puntos bajos de sifones, debido a que en estos puntos se tienden a acumular sedimentos. Para conducciones menores de 51 mm (2"), el diámetro de la purga será igual al de la conducción. Para conducciones mayores de 51 mm (2"), el diámetro de purga será de 51 mm (2").

Se instalarán cajas rompe-presión con el objeto de que la máxima presión estática no exceda de la presión de trabajo de la tubería. En obras de arte, la presión dinámica de llegada deberá ser de 5 metros de columna de agua o menor, justificada por el ingeniero diseñador para su protección y funcionamiento ideal. En caso que no sea factible cumplirlo, deberá justificarse por el diseñador en la memoria de cálculo.

En el caso que se requiera mantener la presión alta, para superar topografías elevadas, deberá considerarse la instalación de tubería de otro material que soporte altos valores de presión.

El empleo de válvulas reguladoras de presión se hará con el objetivo de aliviar las presiones en aquellos puntos de la línea de conducción donde estas son altas, contribuyendo con ello a proteger la tubería y la sobrecarga del sistema. Deben ser utilizadas solo en casos excepcionales por su costo, dificultad de operación y reparaciones.

Todas las válvulas deben colocarse sobre una base adecuada de concreto y deben protegerse con caja que garanticen la seguridad y la operación e inspección fácil. La ubicación de las válvulas estará debidamente indicada en los planos de obra terminada.

Cuando el diseño así lo requiera deberá construirse una caja distribuidora de caudales cuyo objetivo será distribuir el caudal por medio de vertederos; estos vertederos podrán dividir el caudal en cantidades iguales o diferentes dependiendo de las necesidades de diseño. Para el diseño de los vertederos se recomienda consultar libros o manuales especializados en hidráulica.

6.2.5 Cálculos hidráulicos

Los coeficientes de capacidad para la ecuación de Hazen y Williams o bien las rugosidades para la ecuación de Darcy-Weisbach, se seleccionarán en función del material de la tubería, el envejecimiento de éste y las condiciones fisicoquímicas del agua. Las fórmulas utilizadas serán aquellas universalmente calificadas como hidráulicamente correctas, considerando sus limitaciones de uso y aplicándose al **diámetro interno** de los conductos. Dentro de la memoria de cálculo respectiva se colocará los criterios utilizado de cada parámetro de las formulas utilizadas.

6.3 Tanques de almacenamiento o distribución

Para diseñar un tanque de almacenamiento o distribución, deben tenerse presentes los elementos de su funcionalidad, que se rigen básicamente por:

- Tener capacidad de regular las variaciones horarias del consumo o demanda, considerando la capacidad de producción de la fuente;
- Las dimensiones del predio donde se ubicará;
- Tipo de suelo y condiciones de anegabilidad;
- Conocer la capacidad soporte del suelo donde se cimentará;
- Ventilación tubería de 2 pulgadas como mínimo

Determinar las presiones de servicio y su diferencia de altura con la ubicación del tanque en relación a las viviendas, para analizar si afecta su altimetría y/o determinar el tipo de depósito y altura de salida de la conducción.

6.3.1 Generalidades

Los tanques de distribución pueden construirse debajo del nivel del terreno, sobre el nivel del mismo o a medio camino entre los dos (semienterrados). Determinado el tipo de tanque y su ubicación, deben considerarse las obras de prevención necesarias, tales como contracunetas, muros de contención, drenajes tipo francés, y otros, que sean necesarios para salvaguardar las estructuras, evitar contaminación por infiltraciones y prevenir los efectos de otros factores detectables de inicio.

Todos los tanques de almacenamiento o distribución de concreto ciclópeo, de concreto reforzado o mampostería de piedra, deberán cubrirse con losa de concreto reforzada, provista de boca de inspección con tapa sanitaria, para efectos de inspección y reparación. Dicha tapa debe ser de preferencia de concreto, hermética y tener cierre de seguridad. El acceso deberá estar cerca de la entrada de la tubería de alimentación, para poder realizar aforos cuando sea necesario.

Deberá tener instalaciones para ventilación, rebalse y limpieza; la tubería de salida deberá tener pichacha y estar instalada a 0.10 m sobre el nivel del piso del tanque o sobre fosa especial de salida, a efecto de que no se conduzcan los sedimentos.

Cuando los muros sean de mampostería de piedra, la parte superior de éstos debe ser tratada en forma que se elimine toda adherencia posible con la losa.

Debe preverse la limpieza periódica del interior de los tanques, tratando de no suspender el servicio, para lo cual, debe preverse un sistema de transferencia (bypass) que permita cerrar la entrada al tanque y permitir el paso directo a la distribución. En estos casos, debe considerarse en el diseño, la afectación de presiones que pudieran ocasionarse en las líneas aguas abajo. En tanques de mayor volumen, deben construirse divisiones interiores que permitan dividir el almacenamiento en dos o más depósitos con sistemas de interconexión, a efecto de poder aislar cada parte manteniendo el almacenamiento en la otra (s) en tanto se realiza la labor de limpieza. En estos casos, para cada depósito deben considerarse lo indicado en el primer párrafo de este numeral.

En todos los casos, el diseñador deberá elaborar la memoria de cálculo en la que se harán constar los estudios y otros elementos que consideró en su diseño.

6.3.2 Materiales

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

6.3.3 Tanques enterrados, semienterrados o superficiales

El área donde se localicen deberá aislarse mediante cerco, para evitar la entrada de personas o animales, o ser usada para disposición de desechos. El tanque debe localizarse a una distancia y altura convenientes, respecto a cualquier posible fuente de contaminación. La superficie del terreno alrededor del tanque debe tener una pendiente que permita drenar hacia fuera el agua superficial. El fondo del tanque debe estar siempre por encima del nivel freático. Las paredes de los tanques enterrados deben sobresalir por lo menos 30cm. de la superficie del terreno.

6.3.4 Tanques elevados

Los tanques elevados podrán ser de concreto reforzado o metálicos. Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos.

- Que el nivel mínimo de agua en el tanque sea suficiente para conseguir las presiones adecuadas en la red de distribución.
- Que la tubería de rebose descargue libremente.
- Que la tubería de salida hacia el servicio ingrese al tanque como mínimo 20 cm.
- Tubo de desagüe con su correspondiente válvula compuerta, que permita vaciar el tanque.
- Dispositivo para ventilación convenientemente protegidos, instalándose uno por cada 30 m² de superficie como mínimo.
- Escaleras interiores y exteriores en caso de que las dimensiones excedan de 1.20 metros de alto. En lo posible deben evitarse la construcción de escalones fijos interiores por ser susceptibles a la corrosión natural y del cloro.
- Caja común o cámara seca para facilitar la operación de las llaves y válvulas de tanque.
- Las tuberías de rebose y desagüe 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, donde no cause daño o erosión.
- Los extremos de las tuberías de rebose y desagüe deben protegerse para impedir el paso de insectos y otros animales.

- Estudio de mecánica de suelos.
- Memoria de cálculo estructural.
- Especificaciones del material a utilizar.
- Las escaleras y andenes deben tener elementos de protección para evitar caídas de personas que puedan tener acceso al tanque.

6.4 Red de distribución

Para poblaciones en general, el cálculo de la red se hará preferentemente por el método de la gradiente hidráulica, considerando que las presiones de servicio en cualquier punto de red, estarán limitadas entre 10 y 60 metros columna de agua.

La velocidad del agua en las tuberías estará entre 0.60 y 3.00 m/seg; fuera de este rango, el diseñador deberá justificarlos en su memoria. El método de Hardy-Cross se utilizará conjuntamente con métodos computarizados para verificación del cálculo. En el caso del método de Hardy-Cross se admite para el cierre de los circuitos una aproximación no mayor de 1% del caudal total que entra en la red.

Para estimaciones preliminares en distribuciones abiertas se empleará el método de secciones, el método de Bustamante o cualquier método afín cuya eficacia esté comprobada. En todo caso se considerará la optimización de los resultados.

Se deben diseñar circuitos cerrados pero se aceptarán ramales abiertos que partan de la tubería matriz de distribución siempre que cumplan con las presiones de servicio y terminen en conexiones prediales o domiciliarias, servicios públicos, o en casos excepcionales, en puntos muertos provistos de válvula que sirvan para la limpieza de la tubería.

El diseño de la red deberá contemplar el posible desarrollo futuro de la localidad, con el fin de proveer facilidad de ampliaciones.

6.4.1 Presiones

En consideración a la menor altura de las viviendas en medios rurales, las presiones tendrán los siguientes valores en la red de distribución:

- Mínima 10 metros (presión de servicio)
- Máxima 60 metros (presión de servicio)

Presión hidrostática: máxima 60 metros. En este caso deberá prestarse especial atención a la calidad de las válvulas, las uniones y accesorios, para evitar fugas cuando el acueducto está en servicio.

6.4.2 Válvulas

De control

Este tipo de válvulas se requieren en la red para efectuar reparaciones y mantenimiento; se localizarán en lo posible en forma tal que permitan aislar un tramo, sin dejar fuera de servicio una gran extensión de la red. Se sugiere una válvula para cada 20 viviendas. Estas válvulas serán tipo compuerta.

Reguladoras de Caudal:

Se considerarán cuando el diseñador considere que por razones de operación de la red u otras causas, es necesario regular los caudales a distribuir. Estas válvulas serán de tipo de globo.

De limpieza

Se proveerán válvulas de limpieza en los puntos bajos de la red, cuidando que al hacer uso de ellas, los caudales que afloren deberán ser conducidos a alguna cloaca o zanjón, sin que provoquen daño o inundación. Estas válvulas serán tipo compuerta.

Cajas rompe presión

Estas se podrán utilizar en líneas de conducción y usar en ramales abiertos. Su objetivo es hacer caer la piezométrica en un punto específico del trayecto para iniciar de nuevo el diseño utilizando como punto de referencia este punto. El dimensionamiento ha de considerar el permitir la fácil maniobrabilidad de las válvulas que se instalen dentro de ellas (globo, flotador, etc).

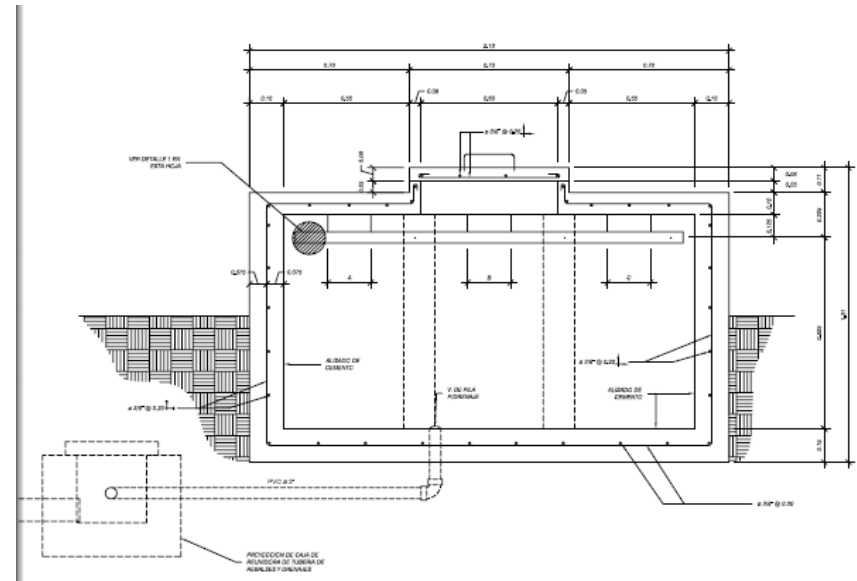
Reguladoras de presión

Cuando por razones topográficas haya zonas con presión excesiva será necesario considerar el uso de válvulas reguladoras de presión para evitar el daño a tuberías y artefactos sanitarios.

Cajas distribuidoras de caudales

Las dimensiones se establecerán de acuerdo al número de vertederos y la distribución de caudales requeridos. El diseñador debe indicar las dimensiones de los vertederos, respaldado por la memoria de cálculo que les corresponda. Se pueden construir de cemento, mampostería, sueltas o acopladas. Se pueden construir de concreto, mampostería, sueltas o acopladas.

Esquema 5 . Caja distribuidora de Caudales

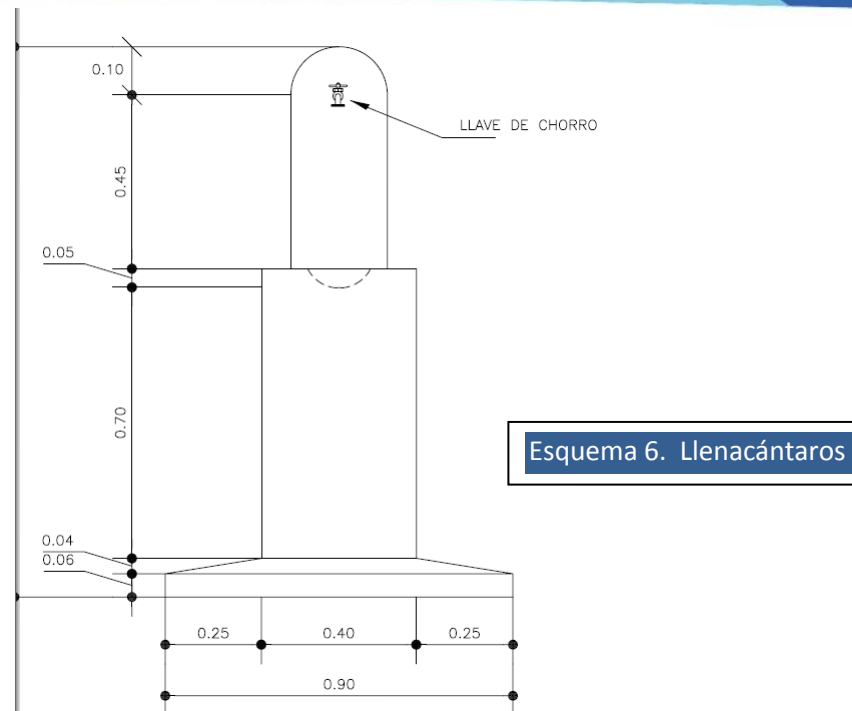


6.4.3 Tipos de servicio

6.4.3.1 Llenacántaros

Se usarán llenacántaros cuando por limitación de caudal o las viviendas se encuentren muy dispersas y no se pueda hacer un sistema predial. También se contempla usar llenacántaros si el caudal de las fuentes es menor de 60 l/hab/día

Se deberá proveer 1 llenacántaro por cada cuatro viviendas si son muy dispersas ó 1 por cada 5 a 10 si son concentradas. En todo caso deberá haber suficientes llenacántaros para que ninguna vivienda quede a más de 200 metros de uno.



4.3.2 Conexión predial

Se entiende por conexión predial cada servicio que se presta a una comunidad, a base de un grifo instalado fuera de la vivienda, pero dentro del predio o lote que la ocupa.

Es el tipo de servicio más recomendable desde el punto de vista de higiene y salud para el área rural, tomando en cuenta a la vez, razones económicas.

6.4.3.3 Conexión domiciliar

Se entiende por conexión intradomiciliar el servicio que permite la instalación de uno o más grifos o unidades dentro y fuera de una vivienda. Por razones económicas este servicio es el menos aconsejable en el área rural, pero por razones urbanísticas y socioeconómicas no se debe impedir su empleo, a menos que esté condicionado por la entidad de financiamiento o el programa. En tal caso, todos los gastos de instalación, material y mano de obra necesarios dentro del predio, correrán por cuenta del usuario, adicionalmente el diseño con este tipo de instalación será aprobado siempre y

cuando se diseñe y construya simultáneamente un sistema económico y adecuado de disposición de las aguas servidas, el cual podrá ser individual o colectivo.

6.4.3.4 Hidrantes

Se debe considerar la instalación de hidrantes, con ubicación estratégica, para atender situaciones de emergencia en aquellas comunidades rurales donde esta solución sea viable.

6.5 Sistema por bombeo

6.5.1 Condiciones generales

Cuando un sistema de agua potable se diseñe por bombeo, deberán considerarse los siguientes factores:

El análisis socioeconómico de la población:

La dotación de la energía eléctrica para la operación del equipo de bombeo o el costo de cualquier otra fuente de energía para su operación.

La posible necesidad de tratamiento y desinfección del agua (obras accesorias, equipo, mantenimiento, etc).

Que la administración, operación y mantenimiento de todo sistema por bombeo en términos generales, es siempre más costosa que la de un sistema similar por gravedad.

Que deben considerarse además de las inversiones iniciales los costos de depreciación, mantenimiento y operación del sistema.

Cuando sea posible hacer un estudio tarifario debe realizarse con el objetivo de obtener una indicación de la cantidad de dinero que podrían aportar los usuarios.

6.5.2 Protección contra golpe de ariete

El diseñador deberá considerar el análisis del golpe de ariete para evitar el daño en las tuberías y demás dispositivos que puede producir el cambio brusco de presiones y de dirección del flujo ocasionado por la operación de válvulas y bombas. Para ello se debe prever la construcción de obras accesorias necesarias. En las líneas de bombeo se emplearán dispositivos de alivio si la presión dinámica más la sobrepresión de golpe de ariete igualan o exceden la presión de trabajo de la tubería. Se determinará el diámetro económico en función de los costos de tubería y energía proyectados a un futuro cercano.

En ausencia de datos de costos se podrá utilizar la formula Bresse, para instalaciones que funcionan en forma continúa.

Diámetro económico de la tubería de bombeo

Bombeo continuo

$$D = K\sqrt{Q}$$

Donde:

D: diámetro en milímetros
K: factor que esté entre 0.9 y 1.4
Q: caudal de bombeo en l/s

Bombeo discontinuo

$$D = 1.3 \times 1.4 \times H\sqrt{Q}$$

Donde:

D: diámetro en milímetros
Q: caudal de bombeo l/s
H: Horas de bombeo al día/24

6.5.3 Información básica para la selección de una bomba

Para la selección de la unidad o unidades de bombeo, se tendrá en cuenta los siguientes datos:

Caudal de bombeo: l/s.

Temperatura del agua: Grados Celsius (°C)

Temperatura del lugar: Grados Celsius (°C)

Altura sobre el nivel del mar: metros

Presión atmosférica del lugar: Metros Columna de Agua (m.c.a.)

Presión de vapor: Metros Columna de Agua (m.c.a.)

Columna de succión positiva, neta

(C.S.P.N.) (N.P.S.H.) requerida por la bomba en metros,

Donde C.S.P.N. = columna de succión positiva neta, y

N.P.S.H. = Nivel Positivo de Succión Hidráulica . Disponible: requerido por la bomba para evitar cavitación;

Requerido: debe darlo el fabricante.

Velocidad específica: Revolución por minuto (r.p.m.)

Eficiencia %

Donde:

P: potencia en HP

Qb: caudal de bombeo, l/s

CDT: carga dinámica total en m

e: eficiencia (donde 0.6 otras y 0.8 sumergibles)

76: factor de conversión

6.5.4 Cálculo de la potencia de los equipos de bombeo

Es importante verificar el lugar de ubicación del pozo mecánico, tanque de succión o fuente a bombear.

Ecuación a aplicar: Potencia (HP)= (Qb*CDT)/76*e,

$$P = \frac{Q_b \times CDT}{76 \times e}$$

Paso No.1 Determinar caudal de bombeo:

$$Q_b = \frac{QMD \times 24}{\text{No horas de bombeo}}$$

Donde:

Qb: caudal de bombeo en l/s.

QMD: caudal máximo diario en l/s.

Se recomienda 12 horas diarias como máximo por la vida útil de los equipos. De tenerse demandas inesperadas, se recomienda un máximo de 18 horas al día. De cualquier manera debe consultarse al fabricante de los equipos.

Paso No. 2 Cálculo de líneas de bombeo

Reviste importancia el cálculo de las líneas de bombeo a través del criterio del diámetro económico, por los costos de las tuberías y los consumos de energía eléctrica o de cualquier otra fuente de energía que implica.

$$D_e = \sqrt{\frac{1.974 \times Q_b}{v}}$$

Donde:

De: diámetro económico.

Qb: Caudal de bombeo requerido o de gasto.

V: velocidad entre el rango de 0.6 m/s

La aplicación de la fórmula con las velocidades del rango nos proporciona el diámetro económico mínimo y máximo, de los cuales se escogerá el mejor de los diámetros del rango, comprobando antes la implicación en el consumo de energía eléctrica. Las tuberías escogidas nos serán de utilidad para calcular los gastos o pérdidas para la carga dinámica total al final.

Paso No. 3 Carga dinámica total

Para calcular la Carga Dinámica Total, es necesario estimar las distancias que recorre el agua, desde el punto en el que el agua entra a la bomba (Setting), hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales así como el material de las tuberías de conducción y su diámetro. Con esta estimación se puede calcular la carga de la siguiente manera.

Componentes de la Carga Dinámica Total.

CDT = CE + CDC = Carga Estática + Carga Dinámica

CDT = Carga Dinámica Total, CE = Carga Estática y CD = Carga Dinámica

CDT = CE + CD= (Nivel estático + Altura de Carga) + (Abatimiento + Fricción)

Para determinar las pérdidas de carga desde el ingreso del agua en lo profundo hasta el punto de descarga se utilizará la fórmula de Hazen Williams.

$$H_f = K \times L \times Q^2$$

FÓRMULA DE PÉRDIDAS DE CARGA DE ERIS/USAC, DE USO ACTUAL EN LAS INSTITUCIONES:

Derivado de la anterior fórmula de Hazen Williams, tenemos:

$$H_f = \frac{1743.81141 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

Pérdidas de carga:

Donde:

Hf : Pérdida de carga o incremento en la presión causado por la fricción, expresada en (m).

K: Es una constante empírica con unidades de (m3/s)-2,

L: Es la distancia total recorrida por el agua en las tuberías. (m).

Q: Es el flujo o caudal de bombeo expresado en (m3/s)

Donde:

Hf: pérdida de carga m

L: longitud de la tubería m

Qb: caudal de bombeo l/s

C: coeficiente que depende del material de la tubería

D: diámetro de la tubería pulgadas.

De donde la carga dinámica total es:

$$CDT = Hf1 + Hf2 + Hf3 + Hf4 + Hf5$$

Donde:

Hf1 = con L, que va del Setting hasta la boca o cabezal del pozo.

Hf2= Línea de Impulsión, va del cabezal del pozo hasta la descarga (pérdida por fricción en la tubería),

Hf3= Es la longitud de la altura que va desde el cabezal del pozo hasta la cota de altura de la descarga en el tanque. (Altura de la Descarga).

Hf4= Carga por velocidad = $V^2 / 2g$.

Hf5= Pérdida de cargas por Accesorios:

$$Hf5 = 10\%(Hf1+Hf2+Hf3+Hf4) = CE + CD$$

Paso 4 introducción de los datos obtenidos en la fórmula:

$$P = \frac{Q_b \times CDT}{76 \times e}$$

Donde:

P: potencia en Caballos de fuerza (HP)

Qb: caudal de bombeo, l/s

CDT: carga dinámica total en m

e: eficiencia

76: factor de conversión

6.5.5 Energía para el funcionamiento de las Bombas

Las fuentes posibles son:

- Energía eléctrica de la red nacional o de una planta hidroeléctrica en el lugar.
- Energía por motores de combustión interna.
- Energía humana.
- Energía Solar.
- Energía Eólica.
- Energía Hidráulica.

La energía solar puede ser empleada en lugares apartados que no disponen de energía eléctrica y que son de difícil acceso. Para fines de abastecimiento de agua, los equipos no requieren el empleo de baterías. La energía hidráulica puede accionar arietes, turbina o plantas hidroeléctricas para generar electricidad.

6.6 Control y Medición de Caudales

Se debe indicar en la propuesta de diseño los mecanismos de macromedición y micromedición para regular los caudales y verificar las de variaciones de los factores que propuso en su diseño. Se debe incluir un vertedero rectangular calibrado en la salida del tanque de distribución y medidores en cada vivienda.

VII. CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

7.1 Calidad

7.1.1 Generalidades

En las poblaciones rurales debe garantizarse agua sanitariamente segura, respetando los límites de potabilidad, considerando el porcentaje de sustancias nocivas y la calidad bacteriológica.

7.1.2 Patrones de potabilidad

Los parámetros de calidad del agua serán los contenidos en la norma COGUANOR NGO 29001.

Debe hacerse una caracterización del agua a utilizar y realizar el análisis avanzado de agua potable (E3) que refiere la norma indicada anteriormente para determinar el tratamiento necesario, el cual garantizará la obtención de agua apta para el consumo humano que cumpla con los requisitos técnicos y legales establecidos en el acuerdo gubernativo 178-2009. Así mismo cualquier abastecimiento de agua que se implemente deberá seguir los procesos establecidos en dicho acuerdo y obtener la certificación de calidad de agua.

7.1.3 Toma de muestras

Para determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua de la fuente se tomarán como mínimo dos muestras; una en época seca y otra en época de lluvia. Sin embargo el número de muestras queda a criterio de la entidad responsable y deberá ser representativo de la calidad del agua. Para establecer la cantidad de muestras que deben ser tomadas el lector deberá referirse a la norma COGUANOR NGO 29001.

En el proceso de toma de muestras para determinar las características físico-químicas del agua se utilizarán recipientes limpios (preferiblemente de plástico) con un volumen mínimo de 3.785 litros (1 galón).

Las muestras para el análisis bacteriológico deberán ser recogidas en envases debidamente esterilizados, de boca ancha y con cierre hermético con un volumen no menor a 100 mililitros.

Las muestras para cada caso deberán ser entregadas al laboratorio dentro de las 36 horas siguientes a la toma de las mismas.

Las muestras del análisis bacteriológico deberán ser transportadas de manera que la temperatura del ambiente no supere los 4 grados Celsius.

Cuando los resultados del laboratorio establezcan que las muestras no cumplen con los requisitos establecidos en las normas, se procederá a tomar nuevas muestras para su comprobación.

7.2 Tratamiento

7.2.1 Generalidades

El agua de las fuentes que no cumpla con los requisitos establecidos en las normas COGUANOR NGO 29001, deberán ser tratados con procedimientos adecuados para restablecer su potabilidad.

El tipo de tratamiento se establecerá mediante el análisis de los resultados obtenidos en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Laboratorio Nacional, Laboratorio del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) u otro laboratorio certificado para el análisis de la calidad del agua.

7.2.2 Selección del proceso de tratamiento

Una vez obtenidos los resultados del análisis de la calidad de agua deberán someterse a criterios técnicos, de desarrollo y financieros las soluciones de tratamiento relacionadas con el acuerdo ministerial 1148-2009 “Manual de Normas Sanitarias que establecen los Procesos y Métodos de Purificación de Agua para Consumo Humano, artículos 6 al 22.

La selección del proceso de tratamiento también debe tomar en cuenta la calidad del agua cruda, el grado de desarrollo y los recursos de la comunidad.

El análisis del grado de desarrollo de la comunidad tiene por objetivo determinar cuál es el tipo de tecnología más adecuado a los recursos locales, tanto para su construcción como para su operación y mantenimiento.

Las cualidades que deberá tener este tipo de tecnología son las siguientes:

Elevada eficiencia.

Simple de construir, operar y mantener.

De alto grado de confiabilidad, flexibilidad y accesibilidad.

Que haga uso extensivo de los recursos locales, tanto humanos como materiales.

De costo accesible a los recursos económicos existentes.

Que provea de forma continua el agua, con la cantidad y calidad adecuada (según la norma), a todos los usuarios.

El análisis de los recursos humanos y materiales locales permite establecer pautas para su utilización de acuerdo a la disponibilidad de mano de obra, materiales y nivel de operadores.

El análisis de la calidad del agua cruda servirá para la determinación del tratamiento adecuado.

7.3 Diseño de plantas de purificación/potabilización

El diseño de la planta a seleccionar deberá realizarse por un profesional de la rama que cumpla con la línea respectiva de la Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) de acuerdo a las guías Técnica de los Acuerdos: Gubernativo 113-2009 “Reglamento de Normas Sanitarias para la Construcción, Administración, Operación y Mantenimiento de los Servicios de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano” y Ministerial 1148-2009 “Manual de Normas Sanitarias que establecen los Procesos y Métodos de Purificación de Agua para Consumo Humano”. Así mismo se podrá tener como parámetro de referencia las normas del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental CEPIS-OPS/OMS.

El ente abastecedor es el responsable de mantener la calidad del agua suministrada como actividad rutinaria de monitoreo mientras que la vigilancia de la misma es responsabilidad del Ministerio de Salud como actividad investigativa a través de sus dependencias responsables ver Acuerdo Ministerial SP-M-278-2004 “Acuérdese crear el Programa Nacional de Vigilancia de la calidad de Agua para Consumo Humano”.

VIII. ANEXOS



PARTICIPANTES

8.1 Mesa 1: LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

NOMBRE	INSTITUCIÓN
Víctor Antonio Soto	INFOM-UNEPAR
Elmer Aragón	INFOM-UNEPAR
Joel Reyes Guzmán	INFOM- UNEPAR
Javier Reyes Gramajo	SERVIN
Joram Gil	Consultor
Jennifer López	INFOM-UNEPAR

8.2 Mesa 2: INFORMACIÓN PRELIMINAR, FACTORES DE DISEÑO

NOMBRE	INSTITUCIÓN
Carlos Flores	UNEPAR
Mario Ramírez	INFOM-UNEPAR
Heber Gil	Ingeniería del agua
Otto Marekwordt	INFOM-UNEPAR
Alfredo de León	INFOM-UNEPAR
Francisco Lorenzo	COMUDE Quetzaltenango
Engracia de Sandoval	RUSCO
Emilio Quevedo	Asociación Agua RASGUA
Sara Salguero	UAAPS/MSPAS/OPS

8.3 Mesa 3: NORMAS DE DISEÑO PARA LAS DIFERENTES PARTES DEL SISTEMA

NOMBRE	INSTITUCIÓN
Alvaro Solano Ponciano	UAAPS/MSPAS
Luis Sosa	UAAPS/MSPAS
Orlando Herrarte	Consultor miembro AGISA/AIDIS
Carlos Hurtado	INFOM
Augusto Franco	AECID
Mario Hernández	AECID
Carlos Tetzagüic	Asociación Agua/consultor
Gabriel Zetina	Asociación Agua/consultor
Eduardo Fernández	INFOM-UNEPAR
Mario López	Consultor

8.4 Mesa 4: TRATAMIENTO Y CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO

NOMBRE	INSTITUCIÓN
Francisco Morales Ralda	DRPSA/MSPAS
Raúl Hernández	Consultor
Eduardo Diéguez González	Water for people
Manuel Ávila	Durman
Annabella Morán	Teodolito S.A.
Roberto Román	Fundación Solar
Antonio Pivaral	DRPSA/MSPAS
Elda Rivera	UAAPS/MSPAS
Hugo Sánchez	MSPAS
Gustavo Cano	DRPAS/MSPAS
Miriam Ruballos	INFOM
Éver Sánchez	RASGUA/AGISA