

GUÍAS PARA EL DISEÑO DE RESERVORIOS ELEVADOS DE AGUA POTABLE



Lima, 2005

Tabla de contenido

	Página
1. Objetivo	3
2. Requisitos previos	3
3. Parámetros de diseño	3
3.1. Período de diseño	3
3.2. Dotación de agua	4
3.3. Variaciones de consumo	4
4. Reservorios de almacenamiento elevados	4
4.1. Tipos de reservorios de almacenamiento	5
4.1.1. Reservorios de cabecera	5
4.1.2. Reservorios flotantes	5
4.2. Capacidad del reservorio	5
4.2.1. Determinación del volumen de regulación	5
4.2.2. Reserva para emergencias por incendios	10
4.2.3. Situaciones especiales	10
4.3. Ubicación del reservorio	11
4.4. Formas del reservorio	11
4.4.1. Esférica	11
4.4.2. Paralelepípedo	12
4.4.3. Cilíndricas	12
4.5. Diseño estructural del reservorio	12
4.5.1. Análisis de reservorios circulares	13
4.5.2. Reservorios elevados	14
4.5.3. Diseño de la cuba	14
4.5.4. Tipos especiales de tanques elevados	17
4.6. Accesorios	23
4.6.1. Tubería de entrada	23
4.6.2. Tubería de paso directo (by-pass)	23
4.6.3. Tubería de salida	23
4.6.4. Tubería de limpieza	23
4.6.5. Tubería de rebose	23
4.6.6. Ventilación	24
4.6.7. Limitadores de nivel	24
4.6.8. Medidor	24
4.6.9. Indicador de nivel	24
4.7. Aspectos complementarios	24
4.7.1. Borde libre	24
4.7.2. Revestimiento interior	24
4.7.3. Boca de visita	25
4.7.4. Escaleras	25
4.7.5. Protección contra la luz natural	25
4.7.6. Cerco de protección	25
5. Referencias	25

Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable

1. Objetivo

El presente documento tiene como objetivo fijar parámetros y establecer criterios, que sirvan como guía de diseño de los reservorios de almacenamiento elevados de agua potable para poblaciones rurales de 2000 a 10000 habitantes.

2. Requisitos previos

Los estudios básicos, técnicos y socioeconómicos, que deben ser realizados previamente al diseño de un reservorio de almacenamiento de agua, son los siguientes:

- Evaluación del sistema del abastecimiento de agua existente.
- Determinación de la población a ser beneficiada: actual, al inicio del proyecto y al final del proyecto.
- Determinación del consumo promedio de agua y sus variaciones.
- Estudio geológico del lugar donde será ubicado el reservorio, para determinar las posibles fallas geológicas.
- Estudios geotécnicos para determinar las condiciones y estabilidad del suelo del lugar de emplazamiento del reservorio.
- Levantamiento topográfico.

3. Parámetros de diseño

3.1 *Periodo de diseño*

Considerando los siguientes factores:

- Vida útil de la estructura de almacenamiento.
- Grado de dificultad para realizar la ampliación de la infraestructura.
- Crecimiento poblacional.
- Economía de escala.

Es recomendable adoptar los siguientes periodos de diseño:

- | | | |
|--------------------------------|---|----------|
| - Reservorio de almacenamiento | : | 20 años. |
| - Equipos de bombeo | : | 10 años. |
| - Tubería de impulsión | : | 20 años. |

3.2 Dotación de agua

La dotación promedio diaria anual por habitante se fijará en base a un estudio de consumo técnicamente justificado sustentado en informaciones estadísticas. Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificara su ejecución, podrá tomarse como valores guía, los valores que se indican a continuación, teniendo en cuenta la zona geográfica, clima, hábitos, costumbres y niveles de servicio a alcanzar:

- a) Costa : 50 – 60 lt/hab/día
- b) Sierra : 40 – 50 lt/hab/día
- c) Selva : 60 - 70 lt/hab/día

En el caso de adoptarse sistema de abastecimiento de agua potable a través de piletas públicas la dotación será de 20 - 40 l/h/d.

De acuerdo a las características socioeconómicas, culturales, densidad poblacional, y condiciones técnicas que permitan en el futuro la implementación de un sistema de saneamiento a través de redes, se utilizarán dotaciones de hasta 100 lt/hab/día

3.3 Variaciones de consumo

Es recomendable asumir los siguientes coeficientes de variación de consumo, referidos al promedio diario anual de las demandas:

- Para el consumo máximo diario, se considerará un valor de 1,3 veces el consumo promedio diario anual.
- Para el consumo máximo horario, se considerará un valor de 2 veces el consumo promedio diario anual.

Para el caudal de bombeo se considerará un valor de $24/N$ veces el consumo máximo diario, siendo N el número de horas de bombeo.

4. Reservorios de almacenamiento elevados

Los reservorios elevados son estanques de almacenamiento de agua que se encuentran por encima del nivel del terreno natural y son soportados por columnas y pilotes o por paredes. Desempeñan un rol importante en los sistemas de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico, así como del funcionamiento hidráulico del sistema y del mantenimiento de un servicio eficiente.

Los reservorios elevados en las zonas rurales cumplen dos propósitos fundamentales:

- Compensar las variaciones de los consumos que se producen durante el día.
- Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.

4.1 Tipos de reservorios de almacenamiento

Considerando el tipo de alimentación los reservorios elevados son de dos tipos:

4.1.1 Reservorios de cabecera

Se alimentan directamente de la fuente o planta de tratamiento mediante gravedad o bombeo. Causa una variación relativamente grande de la presión en las zonas extremas de la red de distribución (véase figura 1).

4.1.2 Reservorios flotantes

Se ubican en la parte más alejada de la red de distribución con relación a la captación o planta de tratamiento, se alimentan por gravedad o por bombeo. Almacena agua en las horas de menor consumo y auxilia el abastecimiento de la ciudad durante las horas de mayor consumo (véase figura 1).

La experiencia en nuestro país ha demostrado que estos reservorios tienen un funcionamiento hidráulico deficiente, ya que dada las condiciones de operación de la red de distribución, durante el día no se llenan mas que en la noche, incumpliendo su rol de regulador de presión. Por este motivo no es recomendable su empleo en el medio rural.

4.2 Capacidad del reservorio

La capacidad del almacenamiento de un reservorio en el medio rural es función, principalmente, del volumen de regulación para atender las variaciones del consumo de la población.

4.2.1 Determinación del volumen de regulación

Los reservorios deben permitir que las demandas máximas que se producen en el consumo sean satisfechas cabalmente, al igual que cualquier variación en los consumos registrados en las 24 horas del día, proveyendo presiones adecuadas en la red de distribución.

Los reservorios tienen la función de almacenar el agua sobrante cuando el caudal de consumo sea menor que el de abastecimiento y aportar la diferencia entre ambos cuando sea mayor el de consumo.

La capacidad así requerida se denominará de regulación o de *capacidad mínima*.

Para determinar el volumen de regulación de los reservorios podrían emplearse los métodos siguientes:

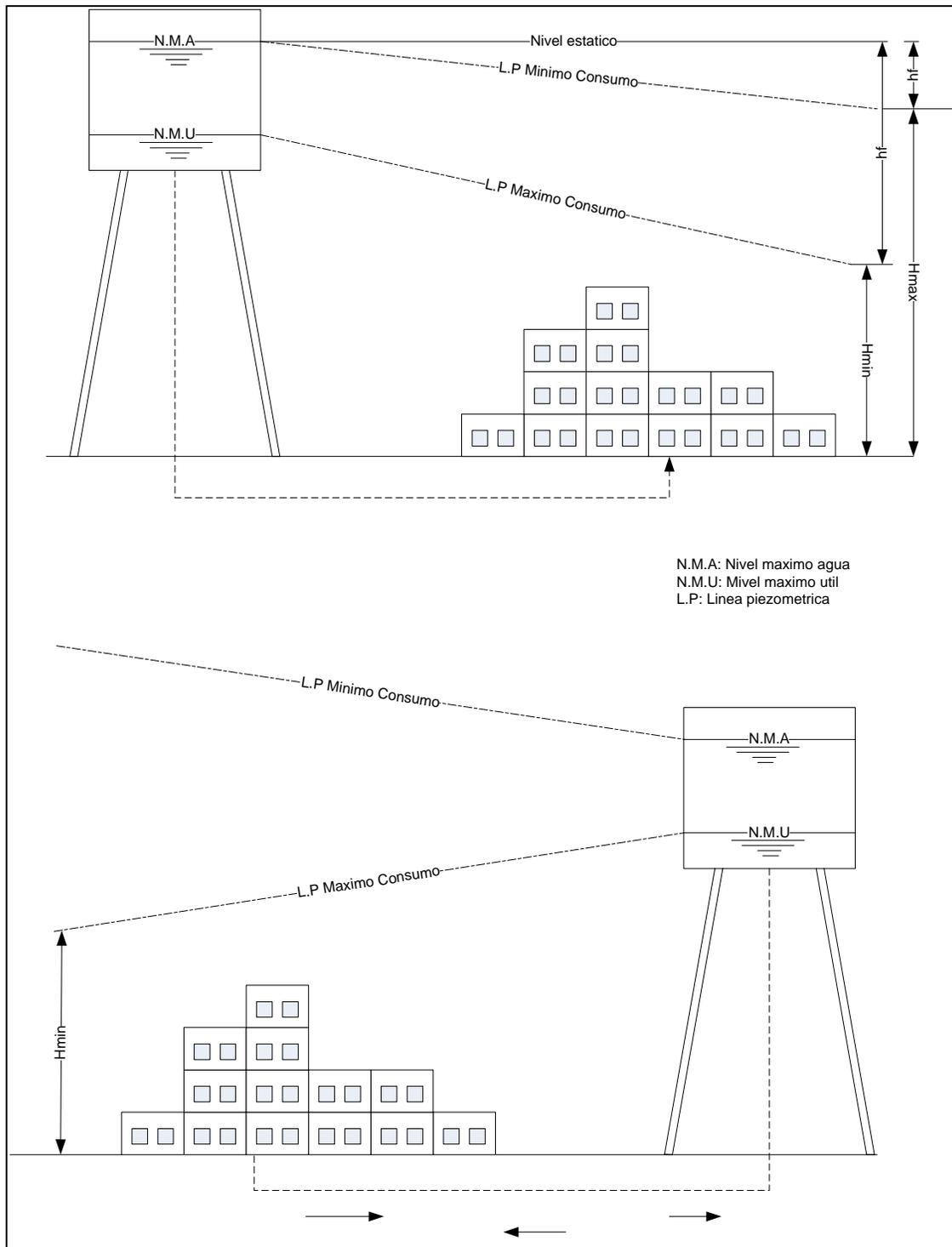


Figura 1. Localización de reservorios de cabecera y flotantes.

a) Método basado en la curva de consumo

Para determinar la capacidad mínima de un reservorio elevado mediante este método, se precisa disponer de datos suficientes sobre las variaciones de consumo horarias y diarias de la población del proyecto o de una comunidad que presente características semejantes en términos de desenvolvimiento socio-económico, hábitos de población, clima y aspectos técnicos del sistema.

Asimismo, debe conocerse o fijarse el régimen de alimentación del reservorio: continuo o discontinuo, número de horas de bombeo, caudal de bombeo, etc.

El método consiste en graficar las curvas del caudal horario de consumo y del caudal de abastecimiento para el día más desfavorable o de mayor consumo. Determinar en este gráfico las diferencias en cada intervalo entre los volúmenes aportados y consumidos. La máxima diferencia será la capacidad teórica del reservorio (véanse figuras 2 y 3).

Esta capacidad puede ser determinada también con la ayuda del diagrama de masas o curva de consumos acumulados construida sobre la base de la curva de caudales horarios de consumo, tal como se muestra en la figura 4. En este diagrama, la capacidad del reservorio se determina mediante la suma de los segmentos verticales $C1$ y $C2$.

Debe considerarse que la capacidad del reservorio estará determinada por el tiempo de bombeo y por el periodo de bombeo.

A mayor tiempo de bombeo menor capacidad de reservorio y viceversa; sin embargo, al aumentar el periodo de bombeo aumenta también los costos de operación y mantenimiento, de modo que la solución más conveniente estará definida por razones económicas y de servicio (véase figura 5).

Para un mismo tiempo de bombeo existirán diferencias en función a los horarios o periodos que se seleccionan para el bombeo. La selección en los turnos de bombeo debe ser hecha tomando en cuenta los horarios que menos desajustes provoquen a los horarios normales de trabajo, o al menos, aquellos que no signifiquen excesivos costos de operación. Es conveniente, por tanto, que el proyectista señale en la memoria descriptiva, los turnos de bombeo aconsejables para la fase de operación.

En el volumen del reservorio debe preverse también una altura libre sobre el nivel máximo del nivel de aguas, a fin de contar con un espacio de aire ventilado; es recomendable que esta altura sea mayor o igual a 0,20 m.

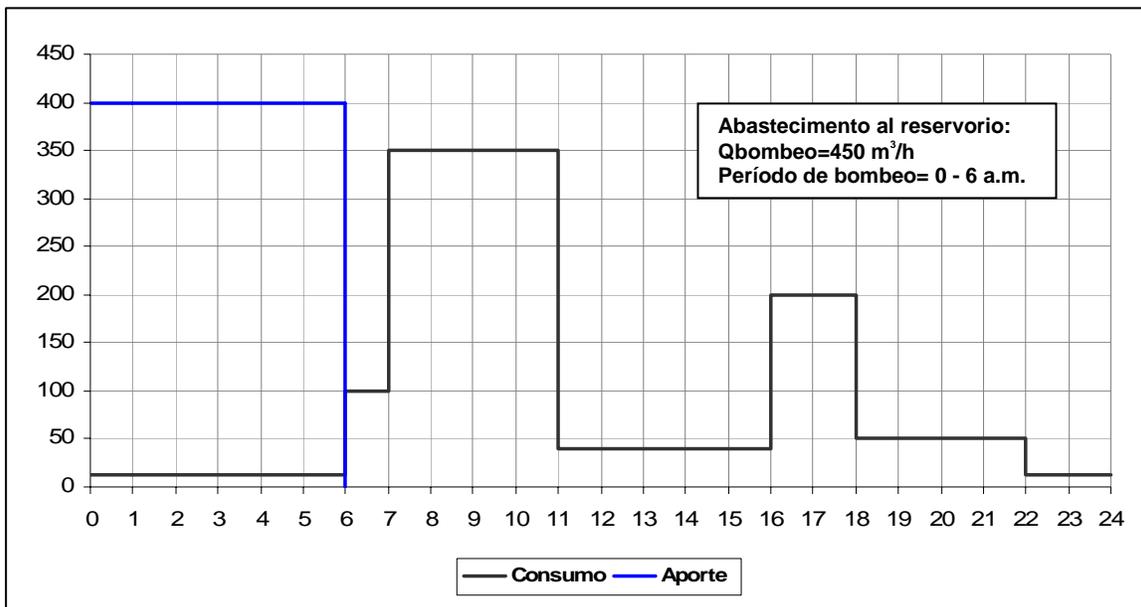


Figura 2. Curvas de caudal de consumo y de abastecimiento al reservorio.

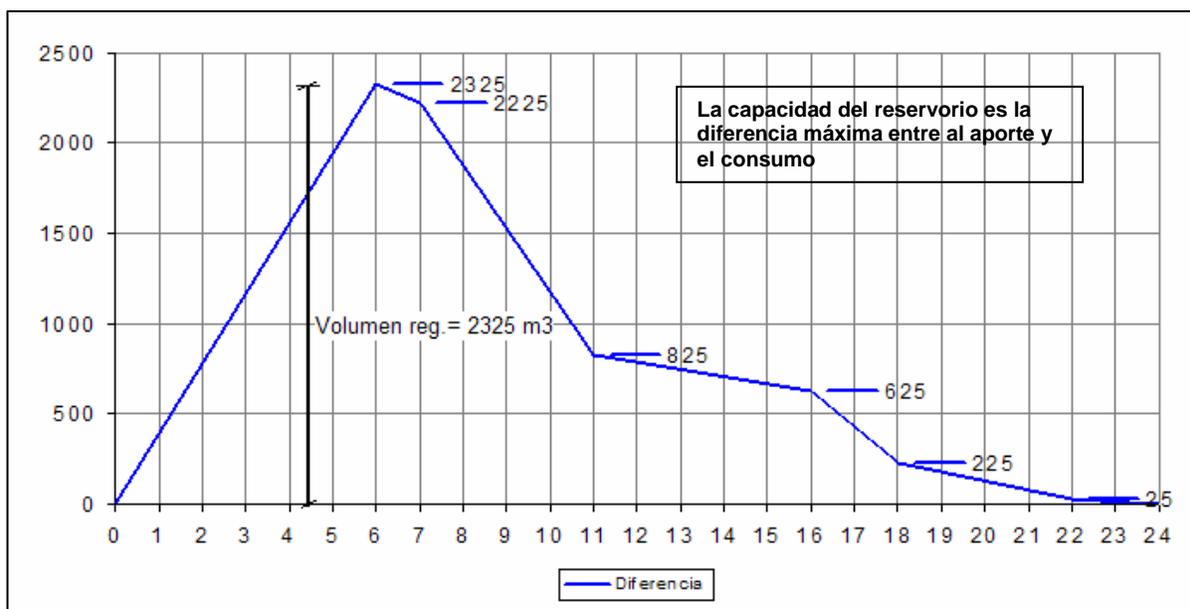


Figura 3. Determinación gráfica del volumen de regulación de un reservorio.

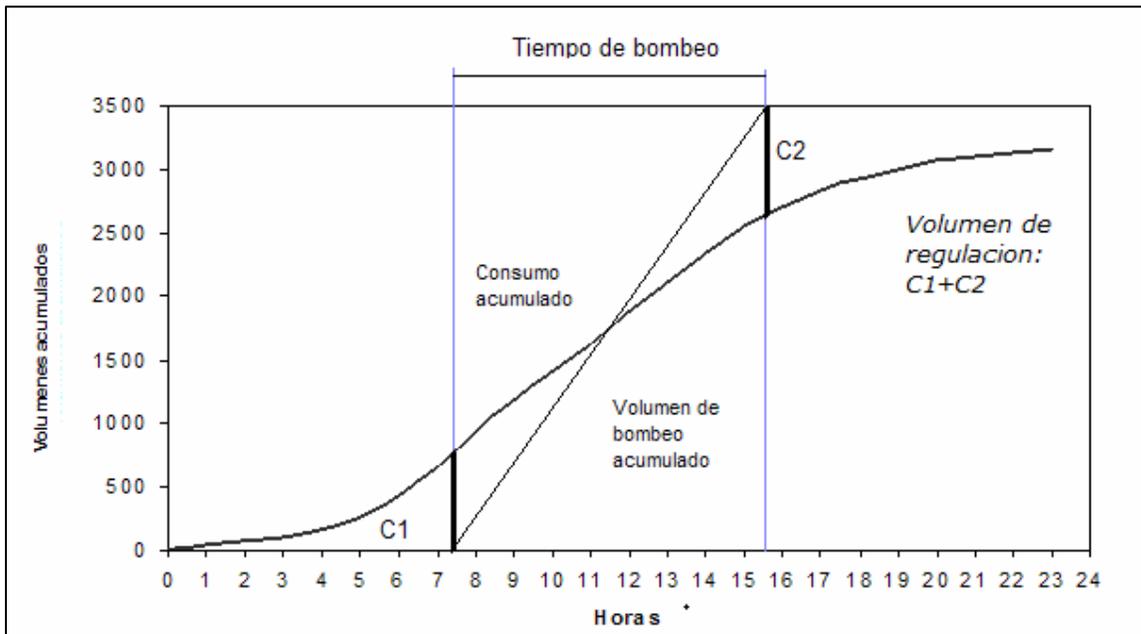


Figura 4. Determinación del volumen de regulación de un reservorio elevado mediante el diagrama de masa.

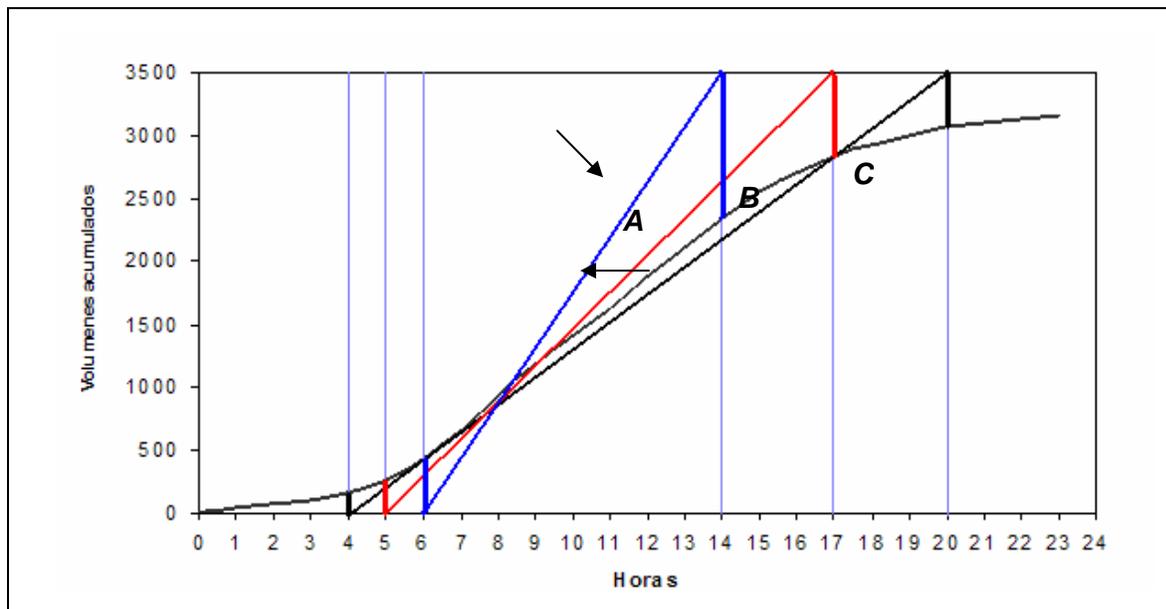


Figura 5. Curva de consumos acumulados y tasas de bombeo A, B, C, determinantes de las diferentes capacidades del reservorio al variar el tiempo de bombeo.

b) Método empírico

Para sistemas por bombeo, el volumen de regulación deberá estar entre el 20 a 25% del caudal promedio diario, dependiendo del número y duración de las horas de bombeo, así como de los horarios en los que se realicen dichos bombeos.

Por tanto, el volumen debe ser determinado utilizando la siguiente expresión:

$$V_r = C Q_m$$

Donde:

V_r	=	Volumen de regulación en m^3 .
C	=	Coefficiente de regulación 0,20 – 0,25.
Q_m	=	Consumo promedio diario anual en m^3

4.2.2 Reserva para emergencias por incendios

Para poblaciones menores a 10000 habitantes no son necesarios y resulta antieconómico el proyectar demanda contra incendios: sin embargo, el proyectista podrá considerar este aspecto cuando sea justificado técnicamente.

4.2.3 Situaciones especiales

Podrán proyectarse reservorios elevados con capacidades diferentes al volumen de regulación, siempre que se den razones técnico - económicas que sustenten tal decisión, en especial en los siguientes casos:

- a) Si la fuente de agua es superficial, se podría distribuir el volumen de almacenamiento entre una cisterna y el reservorio. Se presentan dos alternativas de diseño, las cuales deberán evaluarse en términos de costos y elegir la solución óptima:
 - El bombeo desde la cisterna al reservorio se hace con el caudal máximo horario de la red de distribución. En este caso el reservorio tendrá una capacidad pequeña, la suficiente para mantener un nivel de agua que aseguren presiones adecuadas en la red. Todo el volumen de agua para el consumo de la población estará en la cisterna.
 - Bombeo con el caudal medio del día de mayor consumo. El reservorio deberá tener la capacidad necesaria para atender a la población. La cisterna sería el receptor del agua procedente de la fuente y la cámara de succión del sistema de bombeo.
 - Para seleccionar una de las alternativas deberá considerarse los siguientes criterios:
 - A medida que crece la capacidad del reservorio se reduce la capacidad de la cisterna, siendo constante la capacidad total. El costo total aumenta con el incremento de la capacidad del reservorio.

- El caudal de bombeo disminuye cuando aumenta la capacidad del reservorio, disminuyendo en consecuencia el costo del sistema de bombeo.
 - El costo total incluyendo reservorio y sistema de bombeo es variable. La solución óptima corresponde a la del menor costo.
 - Se deberá fijar la capacidad del reservorio entre el 10 al 20% del volumen de regulación total.
- b) En el caso que el reservorio a proyectarse sirva como almacenamiento parcial y de depósito de bombeo o rebombeo a redes más elevadas, simultáneamente a su condición de servicio para una red baja, es recomendable incrementar la capacidad del reservorio en un 10% del gasto medio diario anual a 100 m³.

4.3 Ubicación del reservorio

La ubicación y nivel del reservorio de almacenamiento deben ser fijados para garantizar que las presiones dinámicas en la red de distribución se encuentren dentro de los límites de servicio. El nivel mínimo de ubicación viene fijado por la necesidad de que se obtengan las presiones mínimas y el nivel máximo viene impuesto por la resistencia de las tuberías de la red de distribución. La presión dinámica en la red debe estar referida al nivel de agua mínimo del reservorio, mientras que la presión estática al nivel de agua máximo.

Por razones económicas, sería recomendable ubicar el reservorio próximo a la fuente de abastecimiento o de la planta de tratamiento y dentro o en la cercanía de la zona de mayores consumos.

El área para el emplazamiento del reservorio no debe situarse en lugares que constituyan escurrimiento natural de aguas de lluvia.

4.4 Formas del reservorio

No es un aspecto importante en el diseño del reservorio; sin embargo, por razones estéticas y en ocasiones económicas se realizan evaluaciones para definir formas que determinen el mejor aprovechamiento de los materiales y la máxima economía.

4.4.1 Esférica

Tiene las siguientes ventajas: a) presenta la menor cantidad de área de paredes para un volumen determinado y b) toda ella está sometida a esfuerzo de tensión y compresión simples, lo cual se refleja en menores espesores. Su mayor desventaja estriba en aspectos de construcción, lo cual obliga a encofrados de costos elevados.

4.4.2 *Paralelepípedo*

Tiene la ventaja de reducir grandemente los costos de encofrado; sin embargo, al ser sus paredes rectas producen momentos que obligan a espesores y refuerzos estructurales mayores. Las formas que reducen los momentos por empuje de agua son aquellas que tienden a la forma cilíndrica, como los hexágonos, octágonos, etc.

4.4.3 *Cilíndricas*

Tienen la ventaja estructural que las paredes están sometidas a esfuerzos de tensión simple, por lo cual requieren menores espesores, pero tienen la desventaja de costos elevados de encofrado.

Las losas de fondo y tapa, las cuales pueden ser planas o en forma de cúpula, se articulan a las paredes.

Esta es la forma más recomendable para los reservorios en las zonas rurales, presentándose dos casos:

- Si la capacidad del reservorio es menor o igual a 50 m^3 , es recomendable que la tapa y losa de fondo sean planas.
- Para una capacidad mayor a 50 m^3 , debido a un mejor comportamiento estructural, es recomendable que la tapa y la losa sean semiesféricas (véanse figura 6).

4.5 *Diseño estructural del reservorio*

Las cargas de diseño en un reservorio elevado se determinan a partir de la profundidad del agua almacenada. Las cargas vivas que se superponen a las cargas creadas por los líquidos, las que son normalmente determinadas con bastante exactitud, son bastantes pequeñas. Es importante que el análisis sea lo más exacto posible de manera que el que diseña pueda obtener una idea clara de la distribución de cargas en la estructura. De esta manera la estructura puede ser diseñada para resistir agrietamiento en las zonas de máximo esfuerzo.

La información de suelos es de gran importancia de modo de que la estructura pueda ser diseñada para minimizar asentamientos diferenciales que puedan conducir a agrietamiento.

Las estructuras en sanitarias deben ser diseñadas para minimizar filtraciones. De esta manera el diseño que se usa debe eliminar fisuras grandes y otras fuentes de filtración.

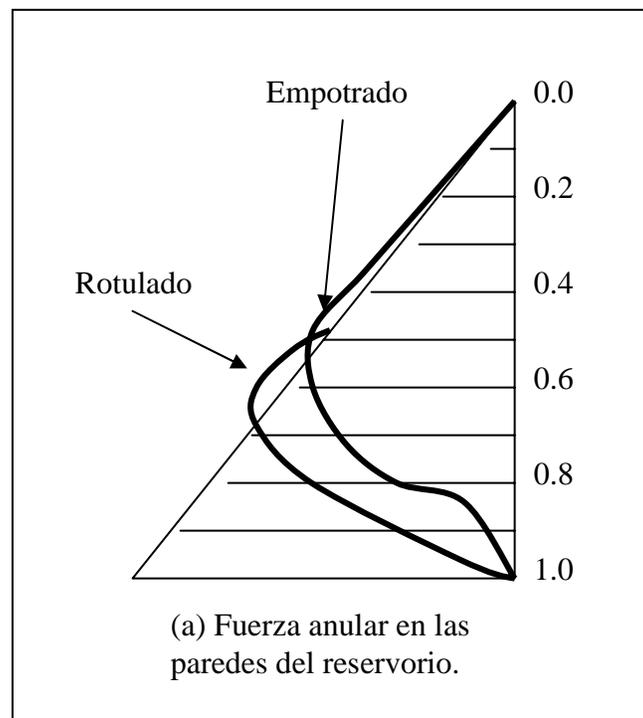
El diseño debe ser realizado utilizando el método en base a cargas de trabajo, ya que da una mejor visión de la distribución de esfuerzos bajo cargas de servicio. El ACI recomienda emplear el método elástico y el método de diseño a la rotura. En esta guía se mencionarán los criterios propuestos por el ACI para el diseño de tanques por el segundo método.

4.5.1 Análisis de reservorios circulares

Los reservorios circulares presentan la ventaja que la relación entre la superficie de contacto con el agua y su capacidad, es menor que la correspondiente a los tanques rectangulares; además, requiere menor cantidad de materiales. Por otro lado presentan la desventaja que el costo del encofrado es mayor.

La distribución de fuerza anular en la pared de un reservorio circular es como se muestra en la figura 6.a), considerándola empotrada en la base en un caso y rotulada en el otro. Como se aprecia, la distribución de fuerzas no es triangular como en los reservorios rectangulares, la cual se presentaría si la base no restringiera su movimiento. La figura 6.b) muestra la distribución de momentos verticales en la pared. La tensión en la cara interior se presenta en la parte baja, mientras que, en casi toda su altura, la cara exterior está traccionada.

Existen tablas que permiten determinar la fuerza anular y los momentos verticales en las paredes de los reservorios circulares. Conocidas estas fuerzas internas es posible determinar el refuerzo horizontal y vertical de las paredes del reservorio. De la misma forma existen tablas que permiten determinar los momentos y fuerzas cortantes en losas circulares sometidas a cargas uniformemente distribuidas.



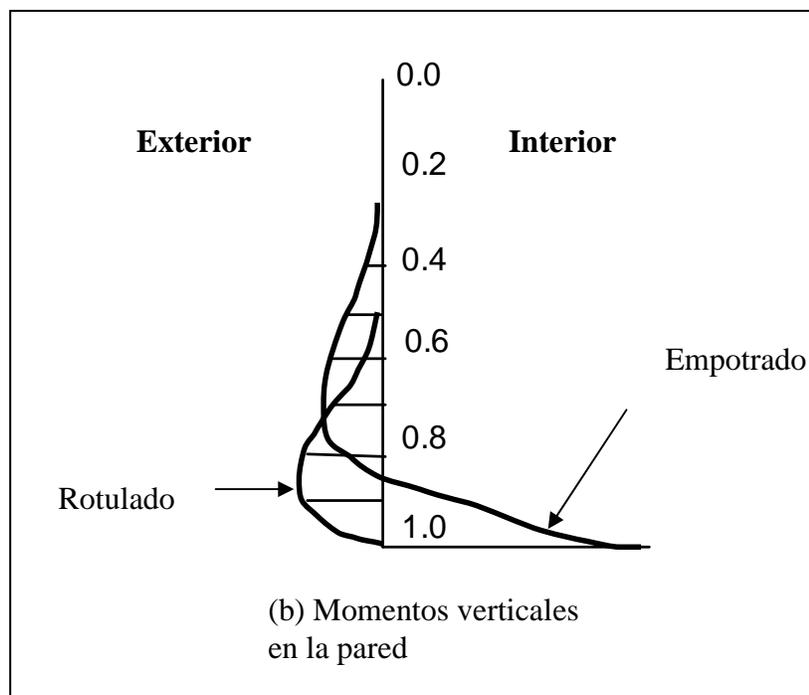


Figura 6. Fuerzas internas en las paredes de reservorios circulares

4.5.2 Reservorios elevados

Consta de dos partes principales: el tanque de almacenamiento o cuba y la estructura de soporte. La estructura portante puede estar constituida por un fuste cilíndrico o tronco cónico (véase figura 10), el cual es empleado para reservorios de gran capacidad o por una serie de columnas arriostradas, usadas en reservorios medianos y pequeños. En las zonas rurales los reservorios son usualmente pequeños o medianos, por lo cual esta sección está orientada al diseño de reservorios que se apoyan sobre columnas arriostradas.

4.5.3 Diseño de la cuba

La cuba que tiene mejor comportamiento estructural es la de sección circular (vista de planta), su diseño es idéntico a lo expuesto en el análisis de reservorios circulares (ítem 5.5.1). Para reservorios pequeños el fondo puede ser construido de forma plana. Las cargas que actúan sobre la estructura son las mostradas en la figura 7. Si el reservorio es relativamente grande, puede ser necesario disponer vigas que sirva de apoyo a la losa de fondo. Sin embargo, en los más pequeños, ésta se apoya en las paredes.

Las paredes, además del refuerzo requerido por el empuje hidrostático del agua, deben diseñarse para soportar las cargas que transmiten: el techo y la losa de fondo. De ser el caso, se diseñan como vigas peraltadas y se calculan con los criterios establecidos para dicha estructura. Las cargas a considerar se muestran en la figura 8.

a) Diseño de la estructura portante

Debido a la configuración de los reservorios elevados, un aspecto muy importante a considerar en el diseño de la estructura portante es la inclusión de las cargas sísmicas. Dado que la mayor parte del peso del reservorio está ubicado en la cuba, se puede considerar que la fuerza sísmica actúa sobre el centro de gravedad de ésta.

Las columnas se diseñan para soportar el peso de la cuba y los esfuerzos generados por la carga sísmica, la cual se recomienda que siempre sea mayor que 20% de las cargas verticales. Para su predimensionamiento se puede asumir que toda la estructura del reservorio es una viga en voladizo. Bajo esta suposición, las cargas axiales en las columnas se determinan en función a la distancia del elemento al eje neutro del conjunto, el cual es también su eje de simetría. El momento de inercia de las columnas respecto al eje neutro (véase figura 9.a), despreciando la inercia propia de las columnas es:

$$I = 4 A v^2$$

Donde:

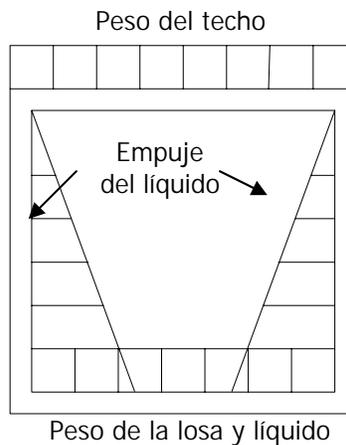


Figura 7. Cargas actuantes en la cuba de un reservorio.

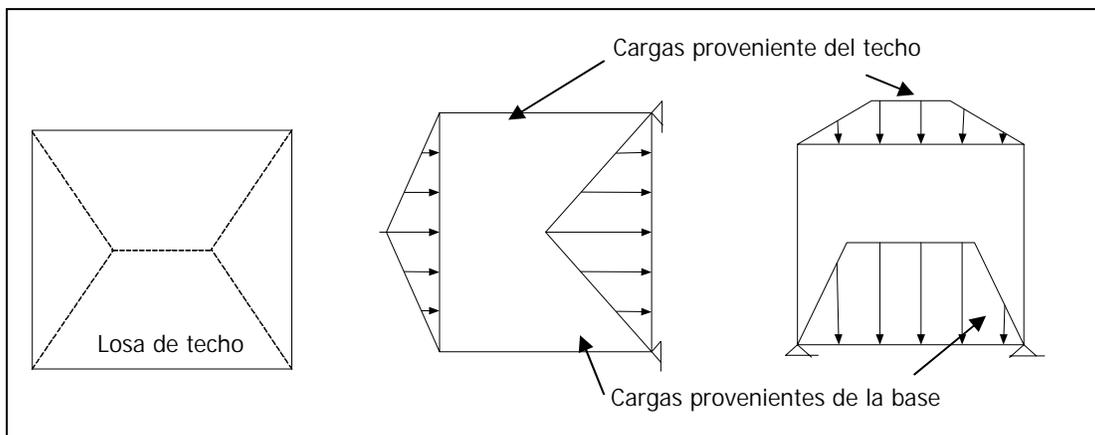


Figura 8. Cargas transmitidas a las paredes de la cuba.

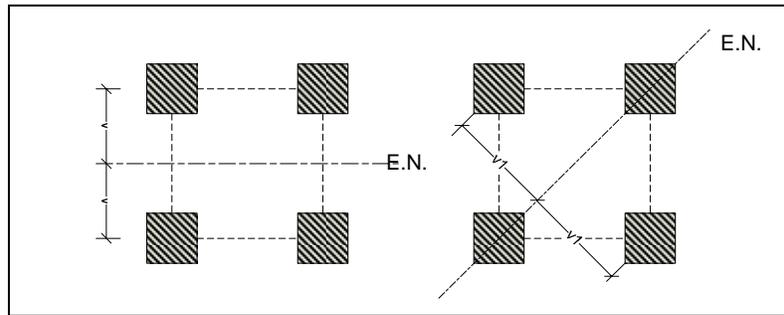


Figura 9. Fuerzas en las columnas del reservorio elevado.

- I** = Momento de inercia del conjunto respecto al eje neutro.
A = Área de una columna.
v = Distancia de la columna al eje neutro del conjunto

La carga axial en la columna más esforzada será:

$$P = \frac{W}{4} + \frac{Hh}{4v}$$

Donde:

- P** = Carga axial en la columna.
W = Peso de la cuba incluyendo todas las cargas de diseño.
H = Fuerza sísmica (se recomienda un mínimo de 0,20W a 0,25W).
h = Distancia entre el punto de aplicación de la fuerza H y la base de la estructura portante.

La flexión alrededor del eje neutro constituido por la recta que une dos columnas opuestas también debe considerarse. En este caso el momento de inercia será (véase figura 9.b):

$$I = 2Av_1^2$$

Donde:

- v₁** = Distancia de la columna al nuevo eje neutro.

Como se aprecia, las columnas ubicadas sobre el eje neutro no participan para la determinación del momento de inercia del conjunto. La carga axial en las columnas más esforzadas será:

$$P = \frac{W}{4} + \frac{Hh}{2v_1}$$

Las columnas se predimensionan con la carga más crítica. Para otras distribuciones de columnas, el procedimiento es similar, es decir, se analiza la flexión respecto a los ejes de simetría que ésta presenta.

Por parte, los arriostres se predimensionan con un peralte de aproximadamente 1/8 a 1/10 de su longitud y un ancho que es de 1/2 a 2/3 del peralte. El ángulo formado entre dos arriostres deberá variar entre 75° y 105° para que el elemento pueda considerarse eficiente. El espaciamiento vertical de estos elementos debe definirse buscando siempre que la esbeltez de las columnas no se incremente al punto de requerir un diseño especial bajo este tipo de consideración.

Estando los elementos predimensionados, la estructura portante se analiza. Se determinan los esfuerzos y se diseña el refuerzo longitudinal y transversal. Los arriostres deben contar con refuerzo en su cara superior e inferior para que puedan soportar la inversión de esfuerzos que se presentan ante sollicitaciones sísmicas. El refuerzo transversal también se extiende a todo lo largo de las piezas para que sirva de apoyo al refuerzo longitudinal y para que absorba las fuerzas cortantes que se desarrollan.

4.5.4 Tipos especiales de tanques elevados

Los reservorios de gran capacidad deben ser provistos de un fondo abovedado que trabaje íntegramente a compresión, evitando el uso de losas planas para los cuales es indispensable colocar vigas de apoyo. En el fondo del tanque se coloca un cinturón armado como se muestra en la figura 10, que absorbe el empuje lateral generado por la bóveda. Este tipo de tanques tienen diámetros de 12 a 14 m. con espesores de losa de hasta 15 cm.

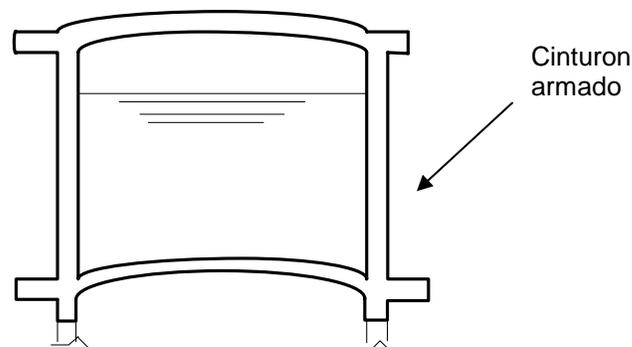


Figura 10. Reservorio elevado con fondo abovedado.

Si el reservorio tiene diámetros mayores, se puede utilizar secciones como las mostradas en la figura 11. De este modo el empuje generado por la bóveda interior es compensado por el empuje generado por el fondo exterior. La carga sobre el cinturón y el diámetro del fuste son disminuidos con el consecuente ahorro en la cantidad de concreto. Este tipo de reservorios se denomina tanque Intze.

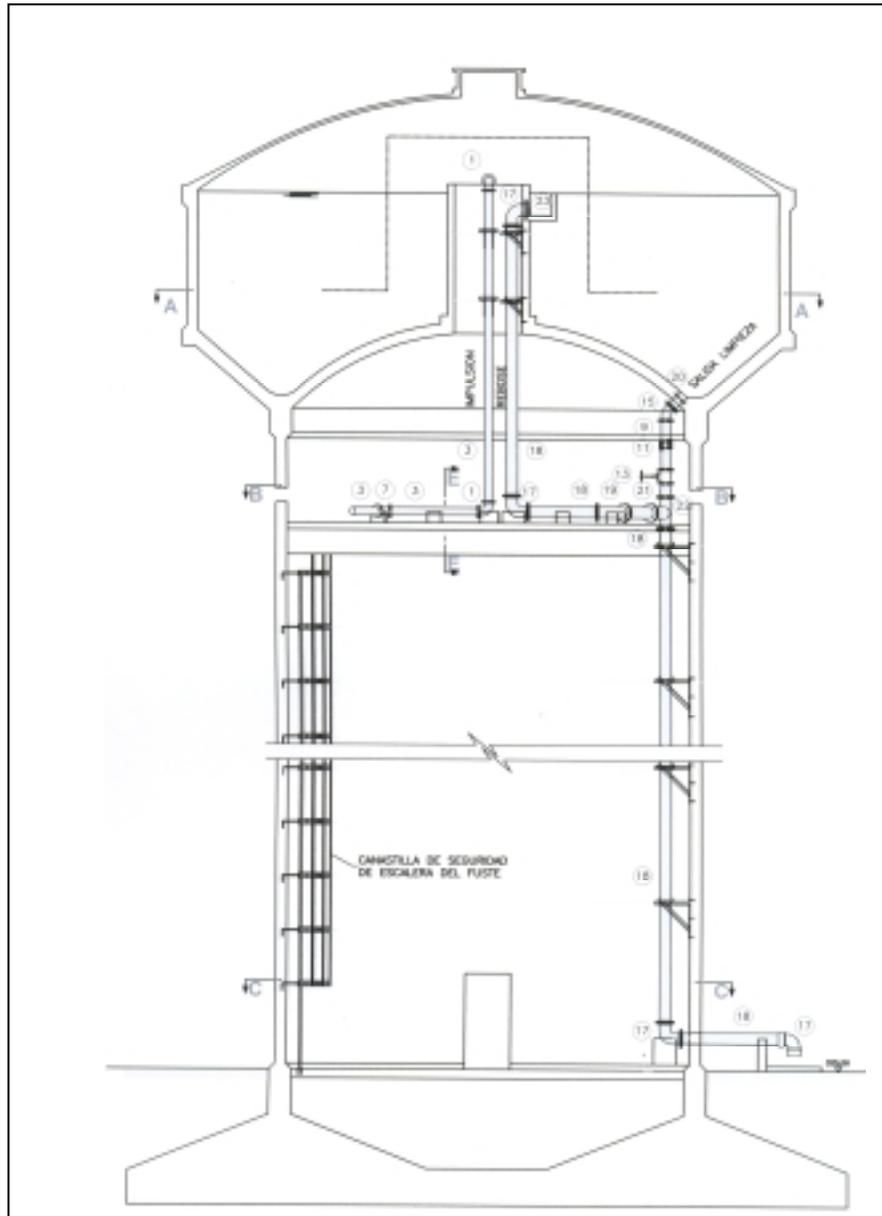


Figura 11. Reservorio elevado (Corte D-D).

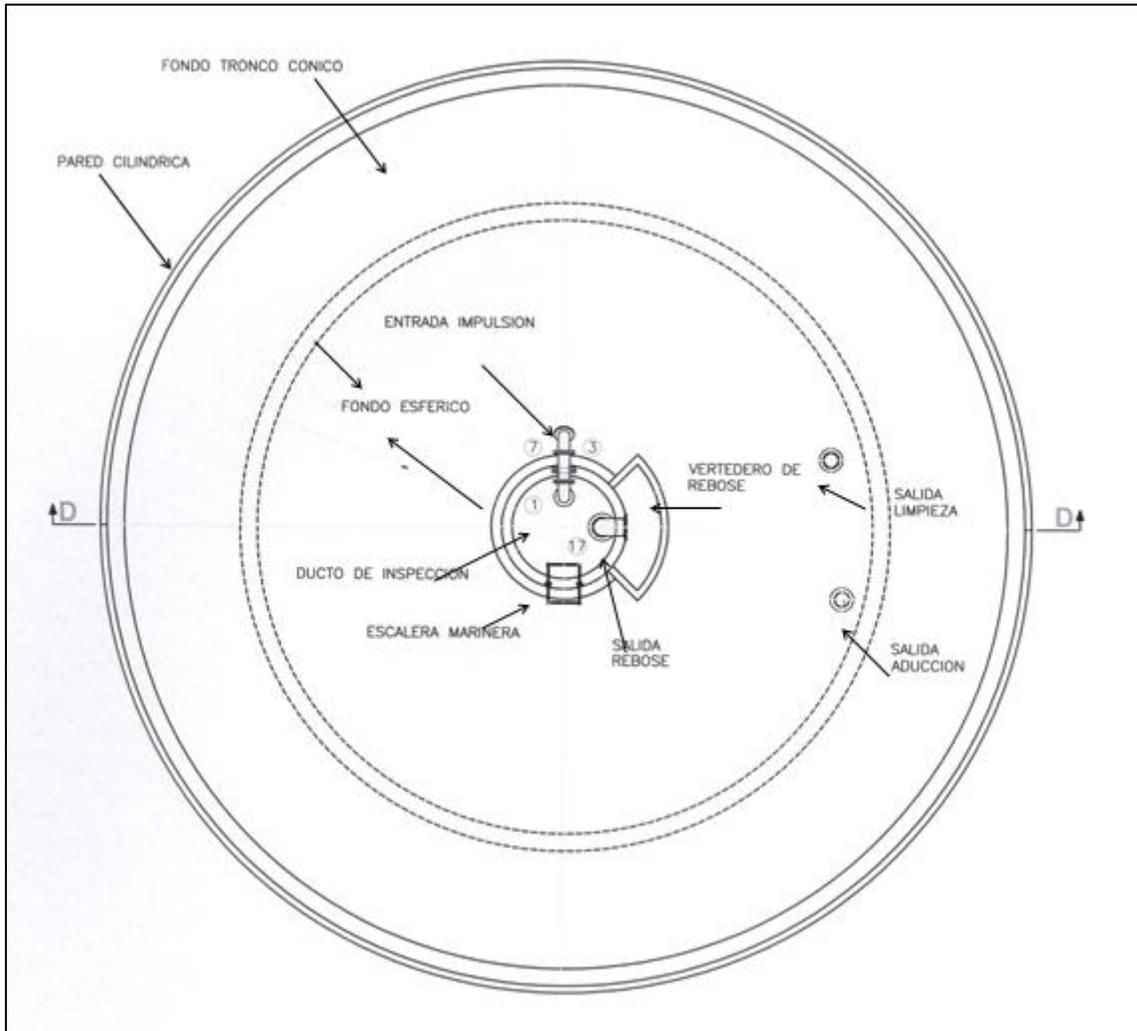


Figura 12. Reservorio elevado (Corte C-C).

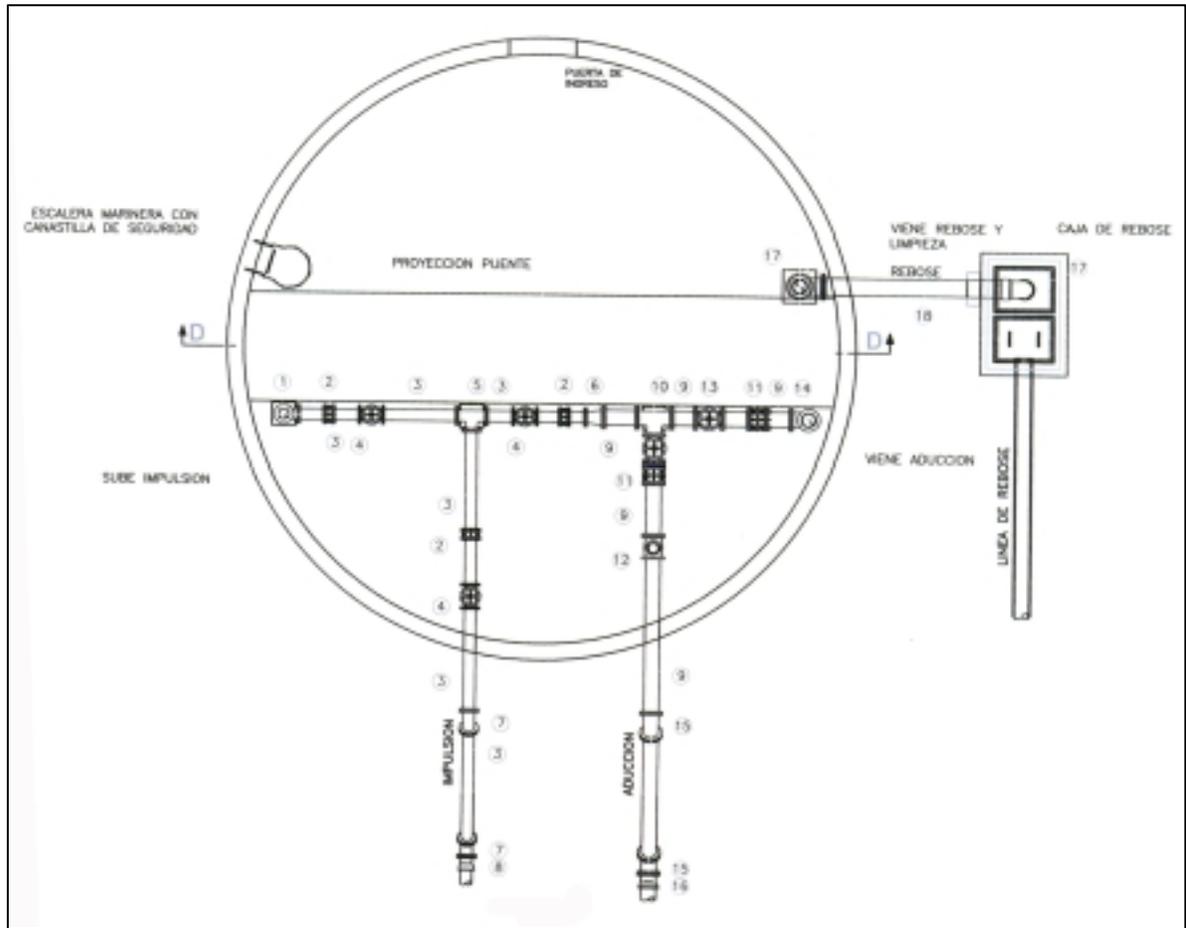


Figura 13. Reservorio elevado (Corte B-B).

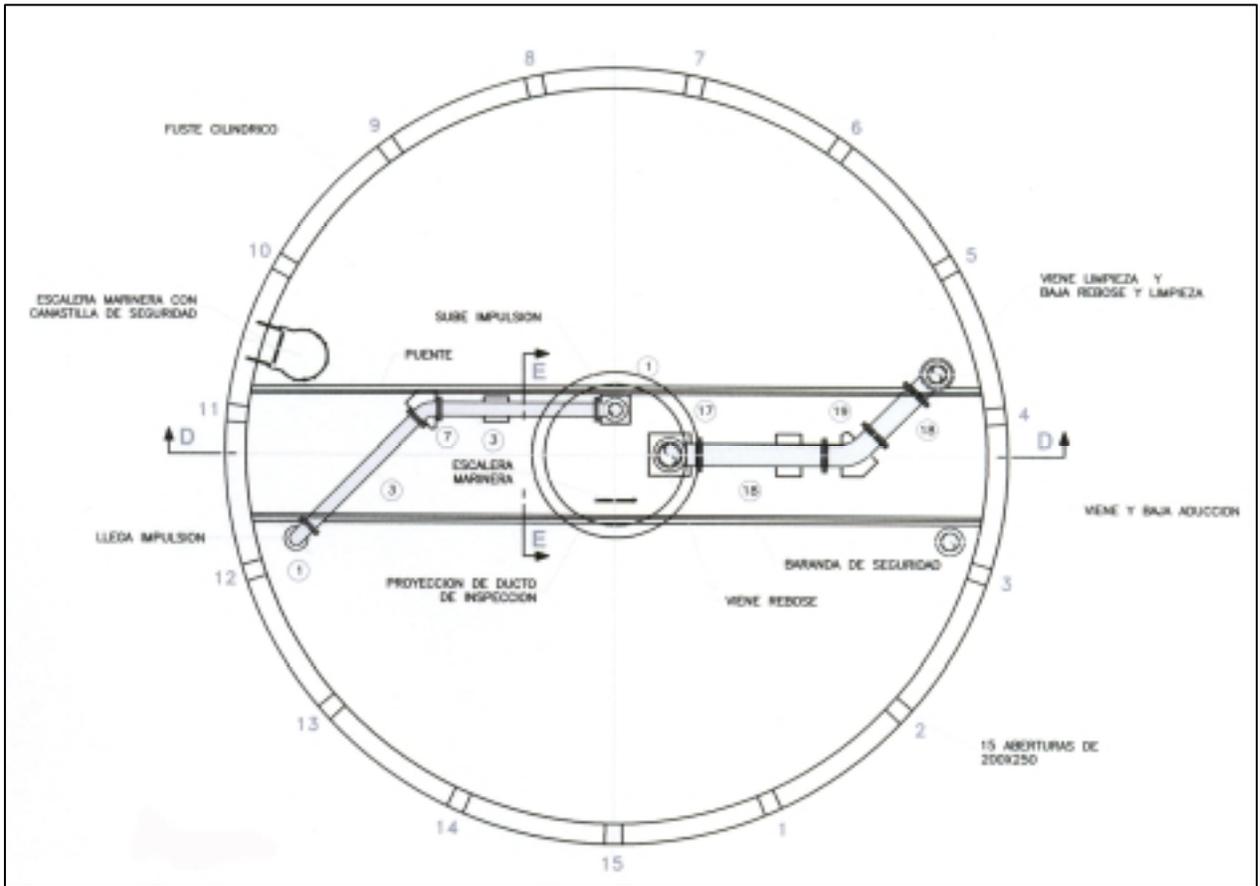
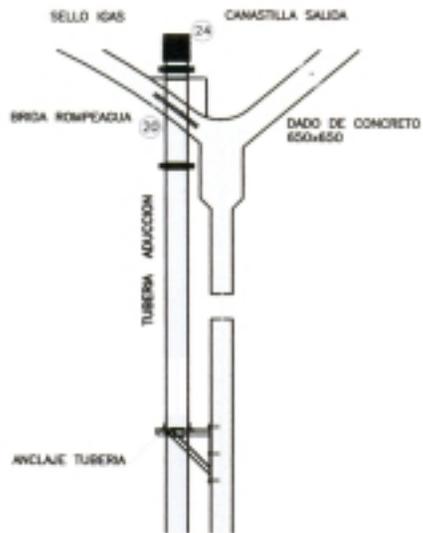
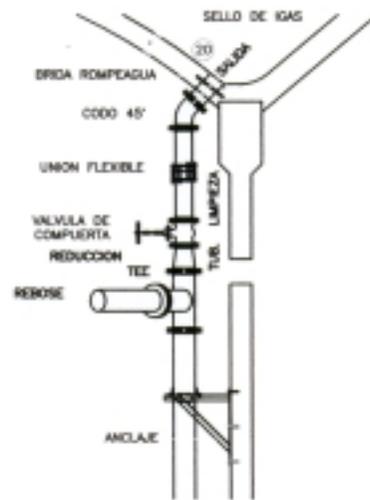


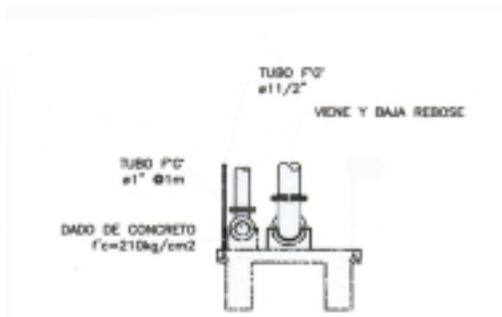
Figura 14. Reservorio elevado (corte A-A).



Elevación detalle - salida de tubería de aducción



Elevación detalle -salida de tubería de limpieza



Corte E-E

Leyenda

Item	Descripción
20	Brida rompe agua
24	Canastilla de succión acero inox.

4.6 Accesorios

La configuración de las tuberías que entran y salen del reservorio, así como la de los diferentes accesorios que los acompañan se muestra en las figuras 7, 8, 9 y 10.

4.6.1 Tubería de entrada

El diámetro esta tubería está definido por la línea de impulsión, y deberá estar provisto de una válvula compuerta de cierre de igual diámetro antes de la entrada al reservorio.

La distancia entre la generatriz inferior de la tubería de ingreso y la generatriz superior de la tubería de rebose debe ser mayor a 5 cm.

La zona de entrada se ubica en el nivel superior del reservorio, sobre el nivel máximo del agua; es recomendable adosar el tubo de entrada a un pilar y terminarle con un codo que evite la proyección hacia arriba del líquido.

4.6.2 Tubería de paso directo (by-pass)

Se debe considerar el uso de by-pass con el objeto de mantener el servicio mientras se efectúa el lavado o la reparación del reservorio. La tubería de paso directo estará provista de una válvula compuerta.

4.6.3 Tubería de salida

El diámetro de la tubería de salida será el correspondiente al diámetro de la matriz de distribución, debiendo estar provisto de una válvula compuerta de cierre.

La tubería de salida debe ubicarse en la parte baja del reservorio y deberá estar provista de una canastilla de succión.

4.6.4 Tubería de limpieza

Se deberá ubicar en el fondo del reservorio el cual deberá contar con una pendiente no menor a 1% hacia la tubería de limpieza. El diámetro de la tubería de limpieza será diseñado para permitir el vaciado del tanque en tiempo no mayor a 2 horas.

La tubería de limpieza deberá estar provista de una válvula compuerta y no es recomendable que descargue directamente al alcantarillado sanitario, por lo cual deben tomarse las previsiones necesarias para evitar contaminaciones, preferentemente se debe descargar al alcantarillado pluvial.

4.6.5 Tubería de rebose

La tubería de rebose debe ser dimensionada para posibilitar la descarga del caudal de bombeo que alimenta al reservorio.

El diámetro de la tubería de rebose estará determinado por la altura de la cámara de aire en el reservorio, evitándose presionar la tapa del mismo. En todo caso, es aconsejable que el diámetro de la tubería de rebose no sea menor que el diámetro de la tubería de llegada.

La tubería de rebose se conectará con descarga libre a la tubería de limpieza y no se proveerá de válvula de compuerta, permitiendo la descarga en cualquier momento.

4.6.6 Ventilación

Los reservorios deben disponer de un sistema de ventilación, con protección adecuada para impedir la penetración de insectos y pequeños animales. Para ello es aconsejable la utilización de tubos en “U” invertida, protegidos a la entrada con rejillas o mallas milimétricas y separadas del techo del reservorio a no menos de 30 cm. El diámetro mínimo de esta tubería es 2”.

4.6.7 Limitadores de nivel

En los reservorios debe disponerse de un dispositivo limitador de nivel máximo de agua, destinado a impedir la pérdida de agua a través del rebose. Una alternativa es el empleo de un sistema que interrumpa el suministro de energía a las bombas cuando el nivel del líquido llegue al límite máximo.

4.6.8 Medidor

Se instala en la tubería de salida con la finalidad de medir los volúmenes de agua entregados en forma diaria y las variaciones del caudal.

4.6.9 Indicador de nivel

Los reservorios deben ser dotados de un dispositivo indicador de la altura de agua en el reservorio, el cual no debe ser capaz de deteriorar la calidad del agua. Para este fin se podría emplear el sistema constituido por una boya, cuerda y regla graduada.

4.7 Aspectos complementarios

4.7.1 Borde libre

El reservorio debe estar provisto de una altura libre por encima del nivel máximo de agua, con el objeto de contar con un espacio de aire ventilado. La altura libre no debe ser menor a 0,20 m.

4.7.2 Revestimiento interior

El fondo y las paredes del tanque, deben ser impermeables, independientemente de cualquier tratamiento especial, como pintura o revestimiento.

4.7.3 *Boca de visita*

Cada reservorio debe contar por lo menos con una abertura para inspección de 0,60 x 0,0 m como mínimo. La abertura estará ubicada en su cubierta, junto a uno de las paredes verticales, de preferencia en la misma vertical de la tubería de ingreso al reservorio. Los bordes de las aberturas de inspección deben situarse por lo menos 5 cm más alto de la superficie de la cubierta del reservorio.

Las aberturas para inspección deben ser cerradas con una tapa que tendrá un sistema de seguridad con llave o candado y debe tener una forma tal que impida la entrada de agua a través de sus juntas.

4.7.4 *Escaleras*

Las escaleras de acceso serán tipo marinera y deben estar provistas de jaula de protección, de manera que permitan el acceso hasta la losa de cubierta del reservorio. La parte superior del reservorio debe contar con un barandado de protección.

4.7.5 *Protección contra la luz natural*

No será permitida la entrada de luz natural al interior del reservorio de forma permanente a fin de evitar la formación de algas en el interior del mismo.

4.7.6 *Cerco de protección*

Los reservorios deben estar protegidos mediante un cerco o muro con una altura y resistencia necesarias para evitar el acceso directo de personas no autorizadas o animales.

5. Referencias

- Manual de Hidráulica, J.M de Azevedo Netto y Acosta A. Guillermo. Sao Paulo, 1975. Ed. HARLA
- Abastecimiento de agua. Arocha R. Simón. Caracas 1980. Ediciones Vega s.r.l.
- Abastecimientos de agua y alcantarillado. Mijares R. Gustavo. 3era Edición, Caracas 1980. Ediciones Vega s.r.l.
- Estaciones de Bombeo, Bombas y Motores utilizados en abastecimiento de agua, Ferreccio N. Antonio. Lima, 1985. CEPIS - Programa de Protección de la Salud Ambiental.
- Módulos para capacitación de personal de servicios de abastecimiento de agua en países de desarrollo. GTZ, Cooperación Técnica Republica federal de Alemania. Lima, 1988. CEPIS.
- Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento de bombas. HIDROSTAL. Lima, 2000.
- Bombas y estaciones elevatorias utilizadas en abastecimiento de agua. Yassuda R. Eduardo et al. Sao Paulo, 1966. Universidad de Sao Paulo.

- Manual de Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable y letrinas en el medio rural. Ministerio de Salud, Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental.
- Expedientes de proyectos de abastecimiento de agua. SEDAPAL. Lima 2005.
- Nuevo reglamento de elaboración de proyectos de agua potable y alcantarillado para habilitaciones urbanas de Lima y Callao. SEDAPAL. Lima, 1994.
- Normas de diseño para proyectos de abastecimiento de agua potable para poblaciones rurales. Ministerio de Salud, DIGESA.
- Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales. PRONASAR. Lima 2004.
- Diseño de estructuras de concreto armado. Harmsen E. 3era Edición Teodoro. Lima 2002. Pontificia Universidad Católica del Perú.