

GUÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RESERVORIOS ELEVADOS DE AGUA POTABLE



Lima, 2005

Tabla de contenido

	Página
1. Objetivo	3
2. Generalidades	3
2.1. Consideraciones	3
2.2. Normas técnicas a adoptarse en la construcción	3
3. Replanteo	3
4. Excavaciones y cortes	4
4.1. Cortes	4
4.2. Clasificación del terreno	4
4.3. Excavaciones para cimentación del reservorio	5
4.4. Esparcimiento de excavaciones	5
4.5. Drenaje	5
5. Relleno y compactación	5
5.1. Material selecto	5
5.2. Material seleccionado	5
5.3. Material de préstamos	5
5.4. Compactación de bases y subbases	5
6. Estructuras que componen los reservorios elevados	7
6.1. Requisitos especiales para estructuras de concreto armado	7
6.1.1. Estanqueidad	7
6.1.2. Durabilidad	8
6.2. Concreto armado	8
6.2.1. Cimentación	8
6.2.2. Estructura de soporte	9
6.2.3. Cuba de almacenamiento	9
6.3. Materiales y proporciones de mezcla	10
6.3.1. Cemento	10
6.4. Materiales	10
6.4.1. Cemento	10
6.4.2. Agua	11
6.4.3. Agregado fino	11
6.4.4. Agregado grueso	11
6.4.5. Aditivos	11
6.5. Proporción y mezcla de materiales	12
6.6. Transporte, colocación y curado del concreto	12
6.6.1. Transporte	12
6.6.2. Colocación	13
6.6.3. Consolidación y cruzado	15
6.7. Encofrado	15
6.8. Enlucido cara interior de la cuba	16
7. Suministro e instalación de tuberías	16
7.1. Suministro y almacenamiento	16
7.2. Nipletería	17

8.	Suministro e instalación de accesorios	17
8.1.	Accesorios de unión de tuberías	17
8.1.1.	Fierro dúctil	17
8.1.2.	Fierro galvanizado	18
8.2.	Válvulas y otros	18
8.2.1.	Válvula de compuerta	18
8.2.2.	Válvulas flotadoras	19
8.2.3.	Medidores de caudal	19
9.	Pruebas hidráulicas y desinfección	19
9.1.	Pruebas hidráulicas	20
9.2.	Desinfección	20
9.2.1.	Reservorios	20
9.2.2.	Tuberías	21
10.	Referencias	21

Guías para la construcción de reservorios elevados de agua potable

1. Objetivo

El objetivo de esta guía es establecer criterios y procedimientos básicos de construcción, aplicables en obras de reservorios elevados de almacenamiento de agua potable.

2. Generalidades

2.1 Consideraciones

La construcción de los reservorios elevados deberá realizarse de acuerdo con los planos aprobados del proyecto. Todo cambio en los mismos, debe ser consultado cuando éste modifique la concepción base del proyecto dándose las razones que puedan motivar tales cambios. Las pequeñas modificaciones deben figurar en los planos de construcción indicando la ubicación definitiva de las obras.

2.2 Normas técnicas a adoptarse en la construcción

La construcción de la obra, se efectuará de conformidad con las siguientes Normas y Reglamentos:

- Reglamento Nacional de Construcciones.
- Norma ITINTEC (Instituto de Investigación Tecnología, Industrial y de Normas Técnicas).
- Normas Peruanas de Concreto.
- Normas A.C.I (American Concrete Institute).
- Normas A.S.T.M. (American Society for testing and Materials).
- Norma A.A.S.H.O. (American Association of State Highway Officials).

3. Replanteo

El replanteo consiste en llevar sobre el terreno, los ejes y niveles establecidos en los planos; la ubicación y dimensiones del reservorio de almacenamiento; las marcas y señales de referencia, fijas y temporales.

Cuando la construcción vaya a realizarse sobre un terreno rústico, es recomendable emparejar el terreno antes del replanteo. Las demarcaciones deberán ser exactas, claras y seguras. El replanteo se deberá realizar antes o después de las excavaciones para los cimientos.

4. Excavaciones y cortes

4.1 Cortes

La excavación en corte abierto tiene como finalidad retirar las elevaciones, montículos, así como los cortes de taludes. Se deberá realizar manualmente o con maquinaria, a trazos anchos y profundidades necesarias para la construcción, de acuerdo a los planos replanteados en obra y/o presentes en las especificaciones.

4.2 Clasificación del terreno

Para los efectos de la ejecución de obras de saneamiento en el medio rural, se considera los siguientes tipos de terrenos básicos:

- a) Terreno normal: Son los que pueden ser excavados sin dificultad a pulso y/o con equipo mecánico y pueden ser:
 - Terreno normal deleznable o suelto: Conformado por materiales sueltos tales como: arena, arena limosa, gravillas, etc., que no pueden mantener un talud estable superior de 5:1.
 - Terreno normal consolidado o compacto: Conformado por terrenos consolidados tales como: hormigón compacto, afirmado o mezcla de ellos, etc. los cuales pueden ser excavados sin dificultad a pulso y/o equipo mecánico.
- b) Terreno semirocoso: El constituido por terreno normal, mezclado con bolonería de diámetros de 200 mm hasta ^(*) y/o roca fragmentada de volúmenes 4 dm³ hasta ^(**) y que para su extracción no se requiera el empleo de equipos de rotura y/o explosivos.
- c) Terreno de roca descompuesta: Conformado por roca fracturada, empleándose para su extracción medios mecánicos y no es necesario utilizar explosivos.
- d) Terreno de roca fija: Compuesto por roca ígnea o sana, y/o bolonería de (*) de diámetro, en que necesariamente se requiere para su extracción el uso de explosivos o procedimientos especiales de excavación.
- e) Terreno saturado: Es aquel cuyo drenaje exige un bombeo ininterrumpido con caudal superior a un litro por segundo por 10 ml de zanja.

^(*)500 mm cuando la extracción se realiza a pulso ó 750 mm cuando la extracción se realiza con cargador frontal o equipo similar.

^(**)66 dm³ cuando la extracción se realiza a pulso ó 230 dm³ cuando la extracción se realiza con cargador frontal o equipo similar.

4.3 Excavaciones para cimentación del reservorio

Las excavaciones para las estructuras de cimentación del reservorio serán efectuadas de acuerdo a las líneas, rasantes y elevaciones indicadas en los planos. Las dimensiones de las excavaciones serán tales que permitan colocar en todas sus dimensiones la estructura de cimentación. Los niveles de cimentación que aparecen indicados en los planos, podrán ser modificados por el inspector o proyectista en caso de considerarlo necesario para asegurar una cimentación satisfactoria.

La excavación deberá ser bien nivelada y cualquier exceso de excavación se rellenará con concreto de la misma calidad de la cimentación. De no alcanzarse el nivel de terreno indicado de cimentación, deberá colocarse subzapatas de concreto de $f'c=100$ kg/cm² con 25% de piedras grandes, cuyo tamaño máximo sea 200 mm.

4.4 Espaciamiento de excavaciones

El espaciamiento de la excavación con respecto a las paredes de los componentes de toda infraestructura de alcantarillado, dependerá de la profundidad, el tipo de terreno, el procedimiento constructivo, etc.; recomendándose que en el fondo de toda excavación se mantengan los siguientes espaciamientos:

- En reservorios, cisternas, estaciones de bombeo y rebombeo: 0,60 – 1,00 m.
- En tuberías y ductos: 0,15 – 0,30 m.

4.5 Drenaje

En todo momento, durante el período de excavación hasta su terminación e inspección final y aceptación, se proveerá de medios y equipos adecuados mediante los cuales se pueda extraer en forma inmediata toda el agua que entre en el momento de la excavación en las diferentes partes de la obra. No se permitirá que suba el agua o se ponga en contacto con la estructura, hasta que el concreto y/o mortero haya obtenido fragua satisfactoria y, de ninguna manera antes de seis (06) horas de haber colocado el concreto y/o mortero. El agua bombeada o drenada de la obra, será eliminada de una manera adecuada, sin daño a las propiedades adyacentes, pavimentos, veredas u otra obra en construcción.

5. Relleno y compactación

Comprende el relleno con material removido, extraído de la zona y colocación, perfilándola hasta lograr un grado de compactación que se indica en los planos de cimentación. Se tomarán las previsiones necesarias para la consolidación del relleno, que protegerá las estructuras enterradas.

El relleno podrá realizarse con el material de la excavación, siempre que cumpla con las características establecidas en las definiciones del "Material Selecto" y/o "Material Seleccionado". Si el material de la excavación no fuera el apropiado, se reemplazará por "Material de Préstamo".

5.1 Material selecto

Es el material utilizado que debe cumplir con las siguientes características:

- a) Físicas: Debe estar libre de desperdicios orgánicos o material compresible o destructible, el mismo que no debe tener piedras o fragmentos de piedras mayores a ¾” en diámetro, debiendo además contar con una humedad óptima y densidad correspondiente. El material será una combinación de arena, limo y arcilla bien graduada, del cual no más del 30% será retenida en la malla N° 4 y no menos del 55%, ni más del 85% será arena que pase la malla N° 4 y será retenida en la malla N° 200.
- b) Químicas: Que no sea agresiva a la tubería instalada en contacto con ella.

5.2 Material seleccionado

Es el material utilizado en el relleno de las capas superiores, debiendo reunir las mismas características físicas del material selecto, con la sola excepción de que puede tener piedras hasta de 6” de diámetro en un porcentaje máximo del 30%.

Si el material de la excavación no fuera el apropiado, se reemplazará por “Material de Préstamo”, previamente aprobado, con relación a las características y procedencia.

5.3 Material de préstamos

Se denomina así a aquel material que es extraído de una zona ajena a la obra, debido a que el volumen de la excavación apto no es suficiente para cubrir los volúmenes de relleno, o en algunos casos el volumen obtenido de la excavación no reúne las condiciones físicas o químicas requeridas para ser un material selecto o seleccionado. Para lo cual es necesario rellenar con material de préstamo que cumpla con las condiciones requeridas.

5.4 Compactación de Bases y Sub-bases

El material seleccionado para la base y sub-base que necesariamente será de afirmado apropiado de acuerdo a la clasificación AASHTO; el cual deberá estar libre de materia vegetal y terrones de tierra, manteniendo una cantidad de finos que garanticen su trabajabilidad y den estabilidad a la superficie antes de colocar el riego de imprimación o la de cada rodamiento, se colocará en capas de 0,10 m procediéndose a la compactación, utilizando planchas vibratorias, rodillos vibratorios o algún equipo que permita alcanzar la densidad especificada.

El porcentaje de compactación no será menor al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado - (AASHTO-T-180), para las bases y sub-bases.

En todos los casos, la humedad del material seleccionado y compactado, estará comprendido en el rango de $\pm 1\%$ de la humedad óptima del proctor modificado”.

El material seleccionado para la base y sub-base necesariamente será de afirmado apropiado.

6. Estructuras que componen los reservorios elevados

Las estructuras de concreto armado que componen los reservorios elevados son:

- La cimentación.
- La estructura de soporte, que puede ser columnas arriostradas o un fuste cilíndrico.
- La cuba de almacenamiento.

Estas, deben cumplir los siguientes requisitos:

6.1 Requisitos especiales para las estructuras de concreto armado

En los reservorios de almacenamiento de agua potable, los aspectos de mayor importancia que deben ser controlados durante el diseño, preparación y colocado del concreto son: la estabilidad, la resistencia, limitar deflexiones y rajaduras, buena durabilidad y baja permeabilidad. El concreto que se usa en este tipo de estructuras deberá tener las siguientes características:

- Ser extremadamente denso e impermeable.
- Tener máxima resistencia a químicos que normalmente se encuentren en la naturaleza.

El concreto es particularmente apropiado para estructuras de almacenamiento. No se tuerce, no se contrae bajo cargas de servicio y en los casos en que es apropiadamente diseñado y colocado es casi totalmente impermeable y extremadamente resistente a la corrosión.

Igual cuidado debe tenerse durante la construcción, debe mantenerse el más estricto control de calidad para obtener el concreto bien compactado y bien curado, de manera de que sea impermeable.

6.1.1 Estanqueidad

La estanqueidad o la habilidad de una estructura para retener un líquido, está razonablemente garantizada si:

- El concreto es impermeable al líquido.
- Los espesores de grietas han sido minimizadas.
- Las Juntas se han sellado apropiadamente.

Generalmente, es mucho más económico y mucho más seguro prevenir pérdida del líquido a través del concreto, usando un concreto de muy buena calidad en vez de construir una barrera impermeable adicional.

Se podrá lograr una mínima permeabilidad si usamos muy baja relación agua-cemento, tan baja como sea posible obtener sin sacrificar trabajabilidad y buena compactación. La impermeabilidad del concreto aumenta con la edad del concreto y se mejora con un curado lento y húmedo. El acabado que se le da a la superficie y el uso del encofrado con formas muy suaves da mejores resultados. El aire incorporado también puede ayudar a reducir la permeabilidad. Otros aditivos pueden ser útiles cuando permiten obtener buena trabajabilidad y menor relación agua-cemento.

Se puede controlar el fisuramiento al mínimo con un buen diseño y con una buena distribución de las juntas. Se tendrá siempre alguna contracción en el concreto, y las juntas deben diseñarse para acomodar estas contracciones y movimientos resultados de cambios en las dimensiones por cambio térmico o por asentamientos diferenciales. Las juntas permiten movimientos a lo largo de planos definidos. Algunos tipos de juntas rompe-agua pueden ser usadas. Las operaciones de colocación del concreto y adecuado curado son esenciales para controlar las fisuras de las estructuras sanitarias.

6.1.2 Durabilidad

La durabilidad del concreto en las estructuras sanitaria se refiere a la resistencia de la estructura a los efectos nocivos del medio ambiente. En particular el concreto debe ser resistente a la acción de químicos, secado y mojado alternativo y exposición al viento, sol, etc. La resistencia al ataque químico puede mejorarse usando un concreto de buena calidad con una superficie suave y lisa. Se deberá tener mucho cuidado en dar un adecuado recubrimiento a las barras de refuerzo y de usar accesorios que no sean corroídos y que puedan causar daño al concreto. La mayoría de las estructuras sanitarias van a ser expuestas a los elementos del medio ambiente y deben tomarse las medidas apropiadas para evitar daños por elementos atmosféricos, por agua subterránea o por congelación. Las estructuras sujetas al movimiento de líquidos deben ser resistentes a la erosión. En estos casos lograr una superficie muy lisa es muy importante. En algunos casos una adecuada durabilidad puede ser obtenida usando recubrimientos protectores.

6.2 Concreto armado

Todas las estructuras de concreto armado que constituyen un reservorio elevado deben cumplir lo dispuesto en el vigente Reglamento Nacional de Construcciones y teniendo en cuenta los siguientes títulos:

- VII: Requisitos para materiales y procedimientos de construcción, capítulos I, II y III.
- VIII: Estructuras.
- Norma E.060 Concreto Armado.

6.2.1 Cimentación

El diseño del cimiento dependerá de la naturaleza del suelo, de la altura de la torre y de la capacidad del reservorio. La profundidad y espesor de la cimentación deben ser de acuerdo a lo especificado en los planos estructurales del proyecto.

Cuando los reservorios tienen pequeña capacidad y las estructuras de soporte son columnas arriostradas, el cimiento lo constituyen zapatas aisladas de peralte constante. Si el suelo es poco resistente o se requiere darle mayor estabilidad al reservorio, sobretodo ante la presencia de fuerzas sísmicas, se pueden añadir vigas de conexión a los cimientos para conectar las zapatas de las columnas entre sí.

Para reservorios de gran capacidad, el cimiento consiste en plateas o anillos de cimentación, pudiendo ser necesaria en algunos casos la construcción de subzapatas con concreto pobre.

El concreto y el acero de refuerzo deberán cumplir con las especificaciones de los planos estructurales del proyecto, usualmente se emplea un concreto con una resistencia a la compresión ($f'c$) entre 210 a 280 kg/cm² y el acero con una resistencia a la fluencia de $f_y=4200$ kg/cm².

Es recomendable, en todos los casos, bañar la cimentación con una emulsión asfáltica para protegerla de las filtraciones de agua de lluvia o filtraciones que se podrían presentar en las tuberías que ingresan o salen del reservorio.

6.2.2 Estructura de soporte

Las estructuras de soporte para los reservorios de pequeña capacidad lo constituyen columnas con arriostramiento transversal.

Las conexiones de los arriostres deben estar diseñadas para ser más fuertes que los arriostramientos mismos. Esto permitirá que el arriostre se estire, desarrolle su fluencia y absorba energía; de esta manera, se reducirá la carga global sobre la estructura de concreto y el acero de refuerzo.

Las columnas que no son arriostradas para resistir el pandeo, constituyen un eslabón muy débil en la estructura.

Cuando los reservorios son de gran capacidad, la estructura de soporte lo constituyen fustes cilíndricos, en lugar de las columnas arriostradas.

La altura de la estructura de soporte, así como el concreto y el acero que se utiliza para su construcción deberán estar de acuerdo a lo especificado en los planos de estructuras. El tipo de concreto y la cantidad de refuerzo variarán de acuerdo a la altura de la estructura y al peso de la cuba de almacenamiento.

6.2.3 Cuba de almacenamiento

En reservorios de pequeña capacidad (menor a 50 m³), la cuba será un tanque cilíndrico con una losa de fondo plana dispuesta sobre vigas de apoyo, las cuales no se requerirán si el reservorio es muy pequeño, ya que en este caso las paredes del tanque cumplirán la función de apoyo a la losa de fondo.

En reservorios de mayor capacidad (hasta 250 m³), es recomendable que el fondo del tanque sea abovedado evitando el uso de losas planas para los cuales es indispensable colocar vigas de apoyo. En el fondo del tanque se colocará un cinturón armado 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.

Si el reservorio tiene dimensiones mayores, se puede utilizar tanques con fondos esféricos. 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.

6.3 *Materiales y proporciones de mezcla*

6.3.1 *Cemento*

El cemento que se utilizará será el cemento Portland normal Tipo I, u otro Tipo especificado en los planos (Tipo, IA, II, IIA, IIIA, o V), debiéndose cumplir los requerimientos de las especificaciones ASTM-C150 para Cemento Portland.

El cemento será transportado de la fábrica al lugar de la obra, de forma tal que no esté expuesto a la humedad y al sol. Tan pronto llegue el cemento a obra será almacenado en un lugar seco, cubierto y bien aislado de la intemperie, se rechazarán las bolsas rotas y/o con cemento en grumos (no se arrumará a una altura de 10 sacos).

Si se diera el caso de utilizar cemento de diferentes tipos, se almacenarán de manera que se evite la mezcla o el empleo de cemento equivocado.

Si el cemento a usarse permaneciera almacenado por un lapso mayor de 30 días, se tendrá que comprobar su calidad mediante ensayos.

6.4 *Materiales*

6.4.1 *Cemento*

El cemento que se utilizará será el cemento Portland normal Tipo I u otro Tipo especificado en los planos, debiéndose cumplir los requerimientos de las especificaciones ASTM-C150 para Cemento Portland

El cemento será transportado de la fábrica al lugar de la obra, de forma tal que no esté expuesto a la humedad y al sol. Tan pronto llegue el cemento a obra será almacenado en un lugar seco, cubierto y bien aislado de la intemperie, se rechazarán las bolsas rotas y/o con cemento en grumos (no se arrumará a una altura de 10 sacos).

Si se diera el caso de utilizar cemento de diferentes tipos, se almacenarán de manera que se evite la mezcla o el empleo de cemento equivocado.

Si el cemento a usarse permaneciera almacenado por un lapso mayor de 30 días, se tendrá que comprobar su calidad mediante ensayos.

6.4.2 *Agua*

El agua que se usa para mezclar concreto será limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, álcalis, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto.

Podrá emplearse agua no potable en la elaboración del concreto, siempre que se demuestre que la resistencia del concreto que se obtiene al utilizarla, no es menor que el 90% de la resistencia que se esperarí del concreto elaborado con agua potable.

6.4.3 *Agregado fino*

El agregado fino será arena natural y limpia que tenga granos sin revestir, resistente, fuerte y dura; libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, esquistos, álcalis, ácidos, materia orgánica, greda u otras sustancias dañinas. No debe tener más de 5% de arcilla o limos ni más de 1,5% de materias orgánicas.

Sus partículas deberán tener un tamaño menor a 1/4" y su gradación debe satisfacer las especificaciones ASTM-C-33-99^a.

6.4.4 *Agregado grueso*

El agregado grueso está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sieníticas. Puede usarse piedra partida en chancadora o grava zarandeada de los lechos de los ríos o yacimientos naturales. Deberá ser limpio y libre de polvo, greda u otras sustancias perjudiciales y no contendrá piedra desintegrada, mica o cal libre. No debe contener más de 5% de arcillas ni más de 1,5% de materias orgánicas. Es conveniente que su tamaño máximo sea menor que 1/5 de la distancia entre las paredes del encofrado, 3/4 de la distancia libre en armaduras y 1/3 del espesor de las losas (ACI-3.3.2).

6.4.5 *Aditivos*

Los aditivos son sustancias que, añadidas al concreto, alteran sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido. Se emplean considerando factores condicionantes de la obra, tales como: resistencia y trabajabilidad del concreto, clima, presencia de heladas, etc.

Para mejorar la resistencia y trabajabilidad del concreto es recomendable utilizar los aditivos plastificantes y súper plastificantes. Si se quiere incrementar el tiempo de reacción del cemento durante el vaciado de estructuras grandes o contrarrestar la fragua rápida que se presenta en climas cálidos, se deben utilizar aditivos retardadores. Por último, en zonas donde es frecuente la presencia de heladas, para evitar deteriorar la resistencia del concreto, se debe utilizar aditivos incorporadores de aire.

No puede realizarse el empleo de aditivos en la obras, sin la autorización previa del responsable de la supervisión.

6.5 Proporción y mezcla de materiales

El proceso de mezclado del concreto consiste en recubrir el agregado con la pasta de cemento hasta conseguir una masa uniforme; dicho proceso se realizará utilizando una mezcladora. El tamaño de la mezcladora se determina en función del volumen de concreto a batir.

En las estructuras de un reservorio elevado de agua potable, el concreto debe ser elaborado de tal manera que todos los materiales sean proporcionados para producir una mezcla bien graduada de alta densidad, máxima **trabajabilidad**, con una resistencia a la compresión entre 210 a 280 kg/cm².

Los materiales del concreto deben ser mezclados suficientemente para producir un concreto uniforme en color y consistencia, con el slump requerido y con el contenido de aditivos requeridos.

6.6 Transporte, colocación y curado del concreto

6.6.1 Transporte

El concreto puede ser transportado satisfactoriamente por varios métodos: carretillas, chutes, buggys, elevadores, baldes, fajas, y bombas. La decisión de que método emplear depende sobretodo de la cantidad de concreto por transportar, de la distancia y dirección (vertical u horizontal) del transporte y de las consideraciones económicas.

Las exigencias básicas de un buen transporte son:

- a) No debe ocurrir segregación, es decir separación de los componentes del concreto; esto ocurre cuando se permite que parte del concreto se mueva más rápido que el concreto adyacente. Por ejemplo, cuando se suelta el concreto desde una altura mayor a 1 m, tiende a producir que el agregado más grande se hunda mientras que la lechada suba a la superficie.
- b) No debe ocurrir pérdida de materiales, principalmente, de la pasta de cemento.
- c) La capacidad de transporte debe estar acorde a la cantidad de concreto a colocar, se debe evitar la ocurrencia de juntas frías por el exceso de material transportado. Debe tenerse en cuenta que el concreto se debe colocar en capas horizontales de no más de 60 cm de espesor, cada capa debe ser colocada cuando la inferior esté aún plástica, permitiendo así la penetración del vibrador.

Si se escoge el bombeo como medio de transporte, se debe considerar lo siguiente:

- a) No se puede bombear concreto con más de 3" de slump: Segregará y la tubería se obstruirá.

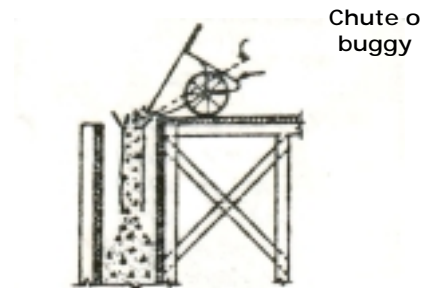
- b) No se puede bombear concreto con menos de siete (7) bolsas de cemento por m^3 . El cemento lubricará la conducción; por debajo de este límite la tubería se obstruirá.
- c) Se debe lubricar la tubería de conducción antes de comenzar el bombeo. Utilizar lechada de cemento y arena o bombear una mezcla muy rica en cemento.
- d) El bloqueo de la tubería puede ocurrir por los siguientes motivos: bolsón de aire, concreto muy seco o muy fluido, concreto mal mezclado, falta de arena en el concreto, concreto con mucho tiempo en la tubería y fuga de lechada por las uniones.

6.6.2 Colocación

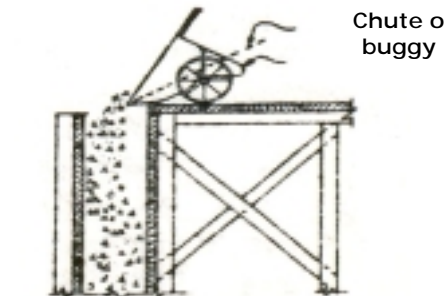
Se deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones para colocar el concreto en el encofrado, evitando la segregación del mismo:

- ✓ Desde la parte alta de una forma angosta

- a) Es correcto descargar el concreto en una tolva desde un chute flexible, esto evita la segregación; y el acero y el encofrado permanecerán limpios hasta ser cubiertos por el concreto.



- b) Es incorrecto permitir que el concreto descargado choque o rebote contra el encofrado y la armadura, ocurrirá segregación el concreto y cangrejas en la parte inferior.



- ✓ Consistencia del concreto en formas profundas y angostas

Se debe utilizar un concreto cada vez más seco (usando un slump variable) conforme sube el concreto en el encofrado. Si se usa un slump constante, ocurre exceso de agua en la parte superior de la llenada, con pérdida de resistencia y durabilidad en las partes altas.

- ✓ Colocacion del concreto en columnas y muros

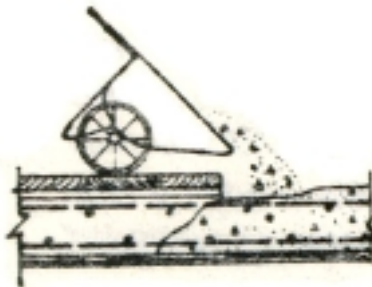
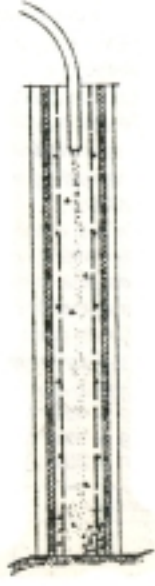
La colocacion del concreto en columnas y muros utilizando bombas, debe ser como se indica en la figura que se muestra a continuación:

✓ Colocacion en losas

Correcto



Incorrecto



a.- Es correcto colocar el concreto contra la cara del concreto llenado

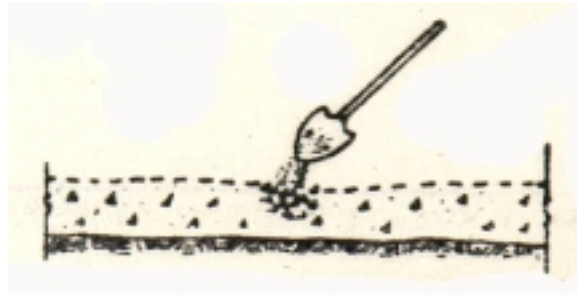


b.- Es incorrecto colocar el concreto alejándose del concreto ya llenado

✓ Bolsones de agregados gruesos



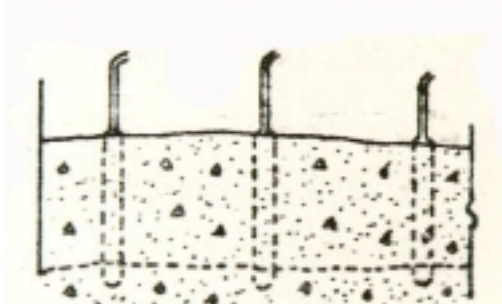
a.- Cuando ocurre un bolsón de piedras, es correcto trasladarlas a una zona mas arenosa y compactar con vibración o con pisadas fuertes



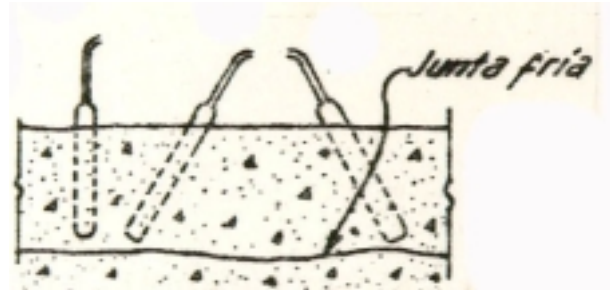
b.- Si se trata de resolver el problema añadiendo mortero al bolsón de agregado grueso

6.6.3 Consolidación y curado

Tan rápido como sea posible después que el concreto haya sido depositado, debe consolidarse de una manera apropiada para que el concreto se acomode alrededor de barras de refuerzo y se evite la formación de vacíos. Cada capa horizontal debe ser consolidada usando el equipo de vibración mecánica apropiada. El vibrado debe ingresar dentro de la capa anterior de manera de soldar las dos capas juntas. No debe permitirse el uso del vibrador para mover el concreto en forma horizontal. No debe vibrarse el concreto más de lo necesario a fin de evitar segregación de los agregados.



a.- Los vibradores deben penetrar verticalmente unos 10 cm. en la llenada previa. La ubicación de los vibradores debe ser a distancia regular, sistemática, para obtener la compactación correcta.



b.- Si se penetra al azar, en diferentes ángulos y espaciamientos sin alcanzar la llenada previa, se impide la obtención del monolitismo del concreto.

El concreto endurece y adquiere resistencia debido a la reacción química entre el cemento y el agua (hidratación del cemento). Es así que el concreto endurece no por que se seca sino por estar húmedo. Además, a mayores temperaturas la hidratación es más rápida.

El curado de concreto deberá iniciarse tan pronto como sea posible sin dañar la superficie del concreto y prolongarse ininterrumpidamente por un mínimo de siete días, el concreto debe ser protegido del secado prematuro, temperaturas excesivamente calientes o frías, esfuerzos mecánicos, debe ser mantenido con la menor pérdida de humedad y a una temperatura relativamente constante por el período necesario para la hidratación del cemento y endurecimiento del concreto. El concreto ya vaciado en la obra debe ser mantenido constantemente húmedo ya sea por frecuentes riegos o cubriéndolo con una capa superficie de arena u otro material. En el caso de superficies verticales; columnas y muros, el curado se efectuará aplicando una membrana selladora.

6.7 Encofrados

Los encofrados se usarán donde sea necesario para confinar el concreto, dándole forma de acuerdo a las dimensiones requeridas. Deberán tener buena resistencia para soportar el peso, la presión lateral y las cargas de construcción. Deberán tener buena rigidez, para asegurar que las secciones y alineamiento del concreto terminado se mantengan dentro de las tolerancias admisibles.

Antes del vaciado del concreto, se debe verificar que el encofrado se encuentre alineado y limpio. Las superficies del encofrado en contacto con el concreto deben ser tratadas con un agente que rompa la adherencia entre el encofrado y el concreto. En reservorios de almacenamiento, la membrana de recubrimiento de encofrados debe ser no tóxica después de 30 días.

6.8 *Enlucido de la cara interior de la cuba*

Las caras interiores de las losas o bóvedas de fondo, paredes circulares y chimeneas de la cuba, serán enlucidas empleando aditivo impermeabilizante aprobado por el encargado de la supervisión de la obra. El trabajo estará condicionado al resultado positivo de la prueba hidráulica.

El enlucido constará de dos capas: la primera de 1 cm de espesor, preparado con mortero de cemento, arena en proporción 1:3 y el aditivo impermeabilizante y la segunda con mortero 1:1 preparado igualmente con el aditivo.

7. *Suministro de instalación de tuberías*

Las tuberías podrán ser fierro galvanizado o hierro dúctil. En los planos de instalaciones hidráulicas se especifica el material y el diámetro de las tuberías. La Tabla 1 muestra las especificaciones para las tuberías mencionadas.

7.1 *Suministro y almacenamiento*

Durante la recepción y almacenamiento de las tuberías deberán considerarse los siguientes aspectos:

- a) Se deberán tomar precauciones para evitar daños a la tubería durante su transporte y su entrega hasta el lugar de la obra.
- b) Deberá tenerse extremo cuidado al cargar y descargar la tubería y sus accesorios, para lo cual se debe implementar las siguientes medidas:
 - Trabajar lentamente utilizando deslizadores (rampas) y mantener la tubería bajo perfecto control en todo momento.
 - Por ninguna circunstancia permitir que la tubería se caiga, choque, arrastre, empuje o mueva de modo que se dañe la tubería.
- c) Si durante el proceso de transporte, manipuleo o tendido, se daña cualquier tubería o su acoplamiento, se deberá reemplazar o reparar la tubería.
- d) En caso de almacenamiento de la tubería en almacén, se debe prever un bloqueo apropiado, instalando estacas para evitar que la tubería ruede. Almacenar la tubería sobre un piso nivelado, colocando cuñas o estacas para bloquearlas de modo que no rueden.

7.2 Niplería

Los nipples de tubería sólo se permitirán en casos especiales tales como: empalmes a líneas existentes a los accesorios y a las válvulas. También en los cruces con servicios existentes.

Para la preparación de los nipples se utilizará cortadoras rebajadoras y/o tarrajas, no permitiéndose el uso de herramientas de percusión.

Tabla 1. Especificaciones para tuberías de agua potable en reservorios elevados

Material	Normas	
	Tuberías	Accesorios
HFD Revestimiento exterior de zinc metálico según ISO 8179 Parte 1-1995 La cantidad de zinc no será < 200 gr/m ²	ANSI/AWWA C150/A21.50; ANSI/AWWA C151/A21.51 ISO 2531	ANSI/AWWA C110/A21.10; ANSI/AWWA C153/A21.53. ISO 2531
F°GVDO. Extremos roscados de 11 hilos.	ISO 1	ISO 1

8. Suministro e instalación de accesorios

8.1 Accesorios de unión de tuberías

Este tipo de accesorios está constituido por: codos, tees, reducciones, cruces, transiciones, etc. El tipo y material de accesorios que se instalarán durante la construcción de un reservorio elevado están especificados en los planos de instalaciones hidráulicas del proyecto.

Los materiales de los accesorios pueden ser: fierro galvanizado o fierro dúctil. A continuación se describen las especificaciones de los accesorios de este tipo de materiales:

8.1.1 Hierro dúctil

Los accesorios bridados de fierro dúctil, codos, tees, reducciones, cruces, transiciones, son fabricados conforme la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2531 1997 de 50 mm. (2") a 600 mm. (24").

Los accesorios de fierro dúctil para tubería de PVC ISO 4422, codos, tees, reducciones, cruces, transiciones, son fabricados conforme la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2531 1997 y con embone flexible, que no necesita transición y en diámetros de 50 mm. (2") a 300 mm. (12").

Los materiales deberán cumplir todas las Normas ITINTEC del caso, garantizándose su vida útil y debidamente aprobadas por la supervisión.

8.1.2 Fierro galvanizado

Los accesorios y conexiones de Fierro Galvanizado Standard ISO I de 11 hilos serán con uniones roscadas, según indicación de planos. Se deberá garantizar en el momento de las pruebas hidráulicas correspondientes el que no existan fugas en los empalmes, para lo cual deberá utilizarse sellador apropiado como teflón o similar.

Los accesorios terminados no deberán contener material que afecte su uso. Deberán ser lisos, libres de arena, sopladuras, grietas y cualquier defecto perjudicial. No deberán presentar su superficie pintada para cubrir tales efectos.

Si tiene que instalarse en la pared, serán alojados de tal manera que no interfieran con los morteros de concreto.

Los materiales deberán cumplir todas las Normas INDECOPI del caso, garantizándose su vida útil y debidamente aprobadas por el Supervisor.

El tamaño de los accesorios es de acuerdo a lo especificado en los planos.

8.2 Válvulas y otros

El tipo y el material de las válvulas serán de acuerdo a lo especificado en los planos de instalaciones hidráulicas. Los principales tipos de válvulas que se instalan en un reservorio elevado son:

8.2.1 Válvula de compuerta

Las válvulas de compuerta son accesorios destinados a regular o impedir el paso de un fluido que circula por una tubería. Deberán ser instalados en las tuberías de: entrada, salida y by-pass.

El material de las válvulas será de preferencia de bronce pesado con embocaduras roscadas. Incluye también el suministro de la niplería necesaria para su instalación. Deberán cumplir con los requisitos indicados en la NTP 350.030, NTP 341.066 y NTP 341.005.

El material y las partes a utilizarse en contacto con agua deben ser de bronce obtenido con porcentajes no menores de 85% de cobre y 5% de estaño, plomo y zinc respectivamente, según ASTM B61 ó ASTM B62. En ningún caso el plomo constituirá más del 5% de la aleación.

Las arandelas, anillos y empaquetaduras que se utilizan para proporcionar hermeticidad y sello entre las partes interiores constitutivas de las válvulas, así como obturación, deben ser de material elastómero que cumpla con las normas de dureza, compresión, envejecimiento indicadas en las Normas Técnicas Peruanas o las Normas ISO 48, ISO 815 e ISO 188.

Las válvulas totalmente armadas deberán soportar, tanto en posición abierta como cerrada, un ensayo de presión hidrostática mínima de 2 Mpa (20 Kg/cm²) durante un minuto sin observarse filtración de agua.

La superficie exterior del cuerpo y de los otros elementos constitutivos de la válvula debe estar libre de rebabas y no debe presentar escamas, ampollas, sopladuras, grietas, etc. La superficie interior del cuerpo y los otros elementos constitutivos de la válvula no deben presentar obstáculos a la circulación del líquido y debe estar libre de residuos metálicos, limaduras y exceso de lubricante.

8.2.2 *Válvulas flotadoras*

Se abren totalmente cuando el nivel alcanzado por un fluido es el mínimo y cierra cuando el fluido ha alcanzado el nivel máximo.

Son usadas para controlar el ingreso de agua en los depósitos de almacenamiento, instalándose por encima de los mismos.

Son de dos tipos:

- Mecánico, con un elemento flotador que efectúa el cierre, hasta diámetro de tubería de ingreso hasta 2" (50 mm).
- Tipo globo-diafragma, a partir de diámetro de tuberías de 3" (75 mm).

8.2.3 *Medidores de caudal*

Elementos de medición de flujo y consumos que permiten proporcionar datos de control en forma inmediata (deberá instalarse en la tubería de salida del reservorio). Deben contar con un indicador de transmisión magnética, lectura instantánea en Litros por segundo, totalizador en M3 y registro acumulado de 8 dígitos, con un margen de error de +2%.

9. **Pruebas hidráulicas y desinfección**

La finalidad de las pruebas hidráulicas y desinfección, es verificar que todas las líneas de agua potable y estructuras de almacenamiento, hayan quedado correctamente instaladas, probadas contra fugas y desinfectadas, listas para prestar servicio.

9.1 Pruebas hidráulicas

Antes de procederse al enlucido interior, la cuba será sometida a la prueba hidráulica para constatar la impermeabilidad, será llenado con agua hasta su nivel máximo por un lapso de 24 horas como mínimo. En caso que no se presenten filtraciones se ordenará descargarlo y enlucirlo.

En caso que la prueba no sea satisfactoria, se repetirá después de haber efectuado los resanes tantas veces como sea necesario para conseguir la impermeabilidad de la cuba.

De la misma forma, cuando se presente filtraciones en cualquier parte de las líneas de agua, serán de inmediato reparadas por el constructor, debiendo necesariamente realizar de nuevo la prueba hidráulica y la desinfección de la misma, hasta que se consiga resultados positivos.

9.2 Desinfección

9.2.1 Reservorios

Las estructuras, antes de ser puestas en servicio, serán completamente desinfectadas de acuerdo con el procedimiento que se indica a la presente Especificación y, en todo caso de acuerdo a los requerimientos que puedan señalar el Ministerio de Salud Pública.

A toda la superficie interior de las estructuras, se les esparcirá con una solución de cloro al 0,1%, de tal manera que todas las partes sean íntegramente humedecidas. Luego la estructura será llenada con una solución de cloro de 50 ppm, hasta una altura de 0,30 m. de profundidad, dejándola reposar por un tiempo de 24 horas; a continuación se rellenará la cuba con agua limpia, hasta el nivel máximo de operación, añadiéndose una solución de cloro de 25 ppm., debiendo permanecer así por un lapso de 24 horas; finalmente se efectuará la prueba de cloro residual, cuyo resultado no debe ser menor de 5 ppm.

Para la desinfección se podrá usar hipoclorito de calcio con una concentración del 30%.

Para la adición de estos productos, se usará una proporción de 5% de agua del volumen a desinfectar para diluir el hipoclorito de calcio, determinándose las cantidades a utilizar mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{C V}{(\%Cl_2) \times 10}$$

Donde:

- P = Peso requerido de hipoclorito en gramos
- C = Concentración aplicada en ppm, o mg/litro
- %Cloro = Porcentaje de cloro libre en el producto, en nuestro caso 30%
- V = Volumen de la instalación a desinfectar en Litros

9.2.2 Tuberías

Todas las líneas de agua antes de ser puestas en servicio, será completamente desinfectadas de acuerdo con el procedimiento que se indica en la presente Especificación y en todo caso, de acuerdo a los requerimientos que puedan señalar el Ministerio de Salud.

El dosaje de cloro aplicado para la desinfección será de 50 ppm. El tiempo mínimo del contacto del cloro con la tubería será de 4 horas.

En el periodo de desinfección, todas las válvulas y otros accesorios, serán operados repetidas veces para asegurar que todas sus partes entren en contacto con la solución de cloro.

Después de la prueba, el agua con cloro será totalmente eliminada de la tubería e inyectándose con agua de consumo hasta alcanzar 0,2 ppm de cloro.

La cantidad de hipoclorito a utilizar puede ser calculado mediante la ecuación anterior.

10. Referencias

- Diseño de estructuras de concreto armado. Harmsen E. 3era Edición Teodoro. Lima 2002. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Estaciones de Bombeo, Bombas y Motores utilizados en abastecimiento de agua, Ferreccio N. Antonio. Lima, 1985. CEPIS - Programa de Protección de la 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.
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (1994). Especificaciones Técnicas para Ejecución de Obras.
- Cámara Peruana de la Construcción (2002). Reglamento Nacional de Construcciones.