

producirá el líquido contenido en el tanque, es decir; que cuando el tanque está lleno de agua no produzca tensiones, si no descompresiones, en tal forma que el concreto siempre se encuentre comprimido. El concreto en esta forma puede llevarse con facilidad hasta una resistencia de 600 kgs por cm^2 , por ello con esta nueva técnica es posible construir depósitos con ausencia de tracción en el concreto, evitando agrietamientos y filtraciones; entre otras ventajas será su mayor economía, durabilidad, de construcción rápida y un mínimo gasto de conservación, así como se asegura la impermeabilidad de la pared. MEIER, menciona que la altura de tanques de este tipo más económica está entre 5.00 y 15.00 mts. El costo por M^3 de agua almacenada se incrementa para tanques de capacidad entre 4,000 y 12,000 M^3 , disminuyendo después entre éste último valor y 25,000 M^3 .

4.7.1 Muro: La formación de la pared es de concreto, a la cual conviene reforzar verticalmente para absorber los esfuerzos debidos a los cambios de temperatura; rara vez se necesitan refuerzos por flexión. En primer término se construye la pared de concreto en apoyo simple sobre la zapata, que deberá permitir libertad de desplazamiento usándose para tal efecto juntas de bulbo central, de hule o polivinilo. El muro conviene apoyarlo sobre almohadillas de neopreno (módulo de cizallamiento muy bajo) con separación de 0.75 a 1.25 mts. El espacio entre la cara superior de la zapata y la inferior del muro se puede rellenar provisionalmente con papel ruberoide u otro material similar. Finalmente se recomienda rellenarlo con asfalto.

Posteriormente se efectúa el pretensado alrededor del perímetro exterior de la pared, utilizando una máquina embobinadora de alambre. Se inicia en la parte inferior desplazándose hacia arriba lo cual se hace automáticamente. El máximo número de vueltas que se pueden colocar por cada 50 cms. son 50 vueltas, si fuera necesario, se podrían colocar dos o más capas de alambre que se aplicarían sucesivamente separadas por una capa de gunita de 6 mm. de espesor. Posteriormente se aplica un recubrimiento protector, utilizando gunita de 2 cms de espesor que se adhiere íntima

mente al acero y al concreto.

Otras veces se aplica mortero en forma de chorro, el cual está compuesto por una mezcla en seco de cemento y arena en proporción 1:3 1/2 producida en una revolvedora rotatoria, que se introduce a la cámara de un cañón neumático. Aplicándose por medio de una manguera que termina en un chiflón, donde en combinación con un poco de agua, se aplica el mortero sobre la cara exterior de la pared, quedando una mezcla consistente semi-seca. El chorro de cemento-arena se aplica con aire comprimido a una presión de 2 a 4 atmósferas, al aplicarlo sobre la pared se va acumulando sucesivamente el material hasta alcanzar el espesor requerido, el cual se compacta fuertemente. Al notar algunas manchas secas en las áreas recién cubiertas con el mortero, se deberá iniciar inmediatamente el curado que se hace a base de agua atomizada y continuar durante 7 días o bien, si se estima conveniente se podrá aplicar curacreto para darle la consistencia debida.

4.7.2 Fondo: En los tanques de concreto precomprimido, el piso queda separado de las demás estructuras, utilizando juntas de hule para unir el piso a la pared. Estos pisos se construyen de concreto apoyado directamente en el suelo, el cual será necesario reforzarlo con una malla metálica que será necesario impermeabilizarlo. Algunos constructores recomiendan que los espesores de los pisos de concreto sean entre 10 y 12 cms, y cuando se emplea gunita entre 5 y 6 cms, mencionan que es preferible un piso delgado que se pueda amoldar al terreno, en lugar de una placa gruesa con mucha tendencia a agrietarse. Lo importante es que se considere un asiento flexible con bulbo central entre el piso del depósito y la pared, la cual deberá ser elástica a base de hule natural o de polivinilo, en tal forma que permita movimientos de los elementos que integran el tanque, que se producen por los cambios de temperatura cuando se opera el llenado y vaciado del depósito.

Cuando este tipo de tanque son de dimensiones considerables, en tal forma que las paredes no se puedan construir monolíticamente, se prevén juntas verticales pudiendo usarse hule o plástico.

4.7.3 Cubierta: Como se mencionó anteriormente es necesario proteger el agua almacenada contra contaminaciones y agentes nocivos, lo cual se recomienda se construya en forma de cúpula por ser más económico y eficiente, con una relación de altura a diámetro de 1:8 produciendo compresiones en la cubierta. El empuje que produce la cubierta deberá ser absorbido por un anillo que tenga suficiente resistencia en la parte alta del tanque, pudiendo se emplear un anillo metálico o bien si se prefiere, acero pretensado como el usado en la fabricación de la pared.

El espesor de las placas cuando son de concreto, son entre 8 y 12 cm y cuando se emplea gunita basta 5 a 7 cms, reforzado, en cualquiera de los 2 casos para absorber los esfuerzos producidos por cambio de temperaturas. Tómese en cuenta que para la construcción de la cúpula, se necesita solamente cimbrado colocado en la parte interior.

4.7.4 Máquina de embobinar y preesforzadora: Estas máquinas están especialmente diseñadas para preesforzar en tanques cilíndricos o estructuras semejantes. Consta de un carro auto-impulsado que viaja en la parte superior del tanque, sobre un carril provisional. El carro lleva un motor de eje vertical que hace girar una flecha que mueve un aparato tensador, que viaja a la altura donde se efectúa el tensado.

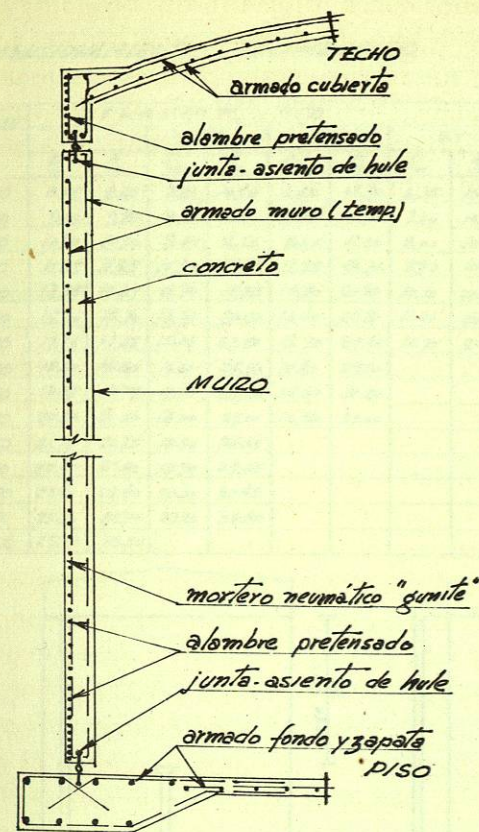
El aparato tensador está integrado esencialmente por dos poleas de eje vertical, de diferente diámetro y colocadas sobre un mismo plano. Utilizando mordazas especiales el alambre es forzado a través de las poleas y como éstas tienen diámetro distinto pero a la misma velocidad de rotación, lo estira. El ajuste de la tensión especificada, se logra calibrando los resortes de las mordazas. La reacción es soportada por fricción mediante una cadena sin fin que abraza al tanque. Las máquinas embobinadoras son de funcionamiento suave y rápidas, permitiendo ajustes en corto tiempo, ya sea en lo referente a la tensión del alambre o regular el paso entre cuerdas. La flexibilidad de estas máquinas les permite ser utilizadas hasta en tanques de 5.00 metros de diámetro.

4.8 Tanques cilíndricos verticales: (Stand Pipe). Estos tanques -- consisten en tubos cilíndricos que se colocan en posición vertical -- sobre el suelo (ver fig. No. 7). La altura de estos cilindros son va -- rias veces su diámetro, ya que se ha establecido como norma que -- cuando la altura es igual o menor que el diámetro del cilindro, se -- clasifique como tanques horizontales. Estos tanques verticales son -- usualmente de forma circular, cuadrados, rectangulares y octagona -- les, estos últimos, cuando se construyen de mampostería o concreto, -- sobre estos tubos no se llega a producir tensiones, debido a la ac -- ción del viento cuando la resultante de las fuerzas verticales (peso -- del tanque cuando está vacío) y el empuje horizontal debido a la -- acción del viento, pasa entre $1/4$ y $1/2$ del diámetro de la base. -- A continuación se mencionan algunas especificaciones en este as -- pecto, cuando se trata de tanques con base octagonal, la resultante -- deberá pasar sobre el $1/4$ del diámetro del círculo inscrito; cuando -- son cuadrados sobre $1/3$ del lado de la base. El diseño de estos -- tanques verticales es más bien económico, siendo resultado de un -- análisis de los efectos de carga sobre las paredes internas, para la -- estabilidad de la estructura y de su cimentación. La carga muerta -- incluye el peso de todo el depósito, incluyendo la carga viva y el -- peso del líquido, otras veces se consideran cargas adicionales por -- nieve y la presión lateral debido a la acción del viento. La presi -- ón debida a la acción del viento, se toma generalmente 150 kgs -- por M^2 para tanques que presenten paredes planas y 100 kgs por M^2 , -- cuando se trata de superficies cilíndricas, considerándose la proyec -- ción vertical. El punto de aplicación de la carga de viento es con -- siderada sobre el centro de gravedad del área proyectada. El va -- lor de los esfuerzos producidos por el viento podrá reducirse en un -- 25% al combinar las cargas viva y muerta.

Los materiales más usados en la construcción de tanques verticales, -- es el acero y concreto reforzado, es probado que para depósitos de -- más de 12 mts de alto conviene construirlos de acero, ya que tienen -- la ventaja de resistir grandes presiones, bajo costo inicial, seguri -- dad de la estructura y facilidad para reparar fugas de agua. Desde -- luego se hace necesario aplicar regularmente pinturas y otros mate -- riales para protegerlos de la corrosión.

FIGURA No. 6

DEPOSITO CILINDRICO DE CONCRETO PRECOMPRESO



ESFUERZOS DEL TANQUE EN SERVICIO

esfuerzos a compresion
iguales y opuestos a las tensiones

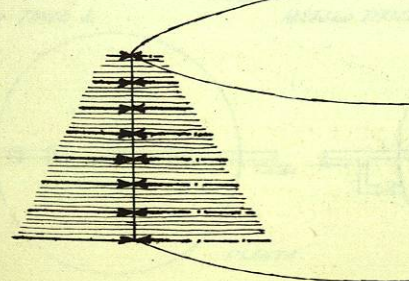
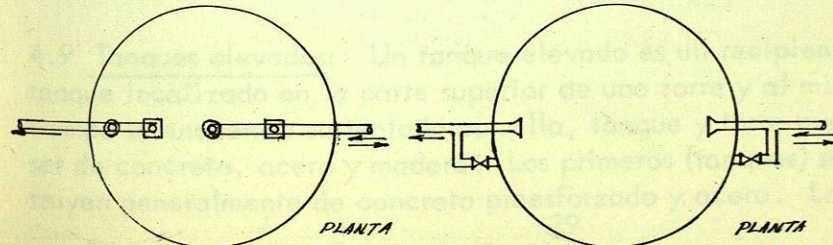
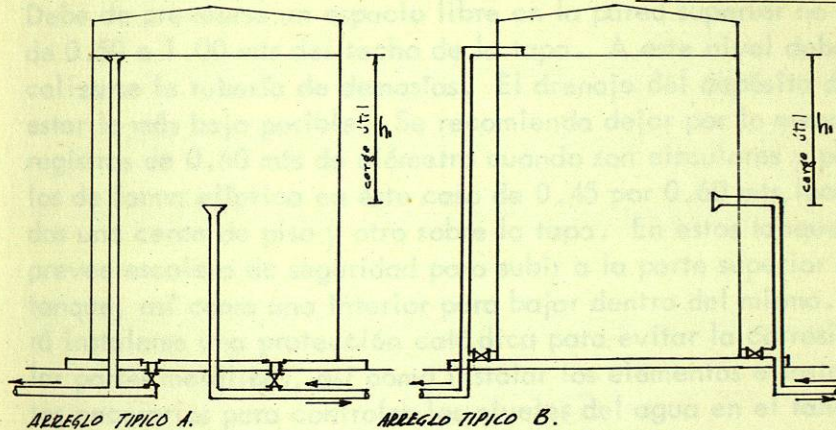
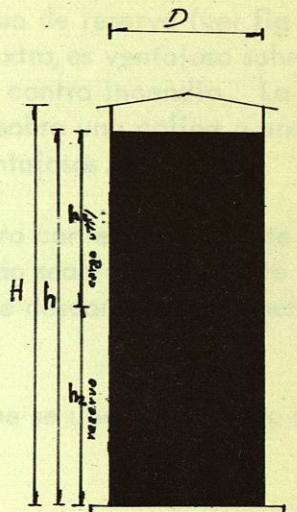


FIGURA No. 7

TANQUES CILINDRICOS VERTICALES

DIMENSIONAMIENTO RECOMENDADO

CAPACIDAD m ³ .	RELACION h/D							
	1		1.5		2.0		2.5	
	D m.	h m.	D m.	h m.	D m.	h m.	D m.	h m.
500	8.65	8.65	7.50	10.25	6.85	13.70	6.35	15.90
750	9.85	9.85	8.60	12.90	7.85	15.70	7.30	16.85
1 000	10.90	10.90	9.45	14.20	8.65	17.30	8.00	20.00
1 500	11.85	11.85	10.30	15.45	9.35	18.70	8.70	21.75
2 000	13.35	13.35	11.90	17.85	10.80	21.60	10.10	25.25
3 000	15.70	15.70	13.60	20.40	12.40	24.80	11.60	29.00
4 000	17.25	17.25	15.00	22.50	13.70	27.40	12.70	31.75
5 000	18.60	18.60	16.60	24.90	14.80	29.60		
6 000	19.75	19.75	17.10	25.65	15.60	31.20		
7 000	20.80	20.80	18.00	27.00	16.50	33.00		
8 000	21.75	21.75	18.90	28.35				
9 000	22.60	22.60	19.70	29.55				
10 000	23.40	23.40	20.30	30.45				
15 000	25.70	25.70	23.20	34.80				
20 000	29.50	29.50						



A continuación mencionaremos las consideraciones generales sobre el diseño de tanques verticales de acero.

La capacidad útil de este tipo de depósito es el volumen del tanque arriba de la elevación requerida, o sea la presión necesaria en la red de distribución, el agua contenida bajo esta elevación sirve para soportar la porción útil del agua de reserva (ver fig. -- No. 7). Este almacenamiento de agua extra, es ventajoso sobre todo cuando se emplean bombas impulsoras contra incendio. La localización de estos depósitos deberá ser sobre una colina o una elevación natural con resultados muy ventajosos.

Los tanques cilíndricos verticales de acero con eje vertical, se prefiere que tanto las paredes como el fondo sean de metal, éste último, de superficie normalmente plana que descansa directamente sobre un piso de concreto.

El piso y las paredes verticales del tanque se unen utilizando soldadura, o por remachado.

Debe de preverse un espacio libre en la pared superior no menor de 0.50 a 1.00 mts del techo de la tapa. A este nivel deberá localizarse la tubería de demasías. El drenaje del depósito deberá estar lo más bajo posible. Se recomienda dejar por lo menos 2 registros de 0.60 mts de diámetro cuando son circulares y para los de forma elíptica en este caso de 0.45 por 0.60 mts, localizados uno cerca de piso y otro sobre la tapa. En estos tanques se prevee escalera de seguridad para subir a la parte superior del tanque, así como una interior para bajar dentro del mismo. Deberá instalarse una protección catódica para evitar la corrosión de las partes metálicas, así como instalar los elementos e instrumentos necesarios para controlar los niveles del agua en el tanque.

4.9 Tanques elevados: Un tanque elevado es un recipiente o tanque localizado en la parte superior de una torre y al mismo tiempo se encuentra sustentado por ella, tanque y torre pueden ser de concreto, acero y madera. Los primeros (tanques) se construyen generalmente de concreto preesforzado y acero. Los tan-

ques de acero ordinariamente se fabrican con fondos suspendidos, de formas diferentes dependiendo del diseño en especial. Son deseables tanques de poca altura, para lograr pequeñas variaciones en la presión.

La necesidad de mayor elevación en el nivel de agua, junto con requerimientos definidos de capacidad, ha desarrollado el tanque elevado, que es el más usado generalmente. El Ingeniero puede determinar independientemente: la mejor localización posible, el volumen de almacenamiento necesario para satisfacer mejor las necesidades, y la elevación apropiada a la cual el agua debe almacenarse. Estos requerimientos pueden lograrse fácilmente por medio de un tanque elevado con la capacidad necesaria y llevado a un nivel determinado para que proporcione la presión de trabajo.

4.9.1 SELECCION.- La selección del lugar; estará gobernada normalmente por cuatro factores:

1o.- El nivel de terreno más alto existente o adyacente al área por servir.

2o.- Costos relativos para asegurar algún sitio disponible.

3o.- Relación de los lugares donde existen tuberías principales.

4o.- Aspecto agradable que armonice con las edificaciones del lugar.

El terreno más alto es deseable para reducir la altura necesaria de la estructura, reduciendo proporcionalmente el costo del agua de abasto. Sin embargo, si el terreno más alto disponible cuesta más que el terreno que le sigue en altura, o requiere una unidad más costosa para llenar otros requisitos necesarios, puede ser mejor seleccionar otro terreno de menor altura. La unidad entera debe diseñarse para que sea estructuralmente segura y tan atractiva como sea posible.

4.9.2 Diseño: Para el diseño se recomienda se sigan las especificaciones de la American Water Association. El espesor de la placa de acero será aquella que resista la presión hidrostática a que estará sometida. Se construyen de lámina soldada o remachada. Las columnas pueden ser construidas con acero estructural o bien tuberías. En general se puede decir que los tanques se construyen de la forma más variada, el fondo de forma cónica para anular los esfuerzos flexionantes, paredes verticales y la tapa cónica. Se construyen de formas semi-esféricas, elípticas y tanques con el fondo cónico radial.

Las fábricas o talleres que se dedican a la construcción de tanques, están especializados en algunas formas y de capacidades determinadas, los cuales tienen catálogos que se muestran a los clientes, tienen la ventaja de que cuentan con personal especializado y plantillas para formar los distintos elementos que integran los tanques, resultando en esta forma más económicos. Desde luego los fabricantes pueden construir cualquier tipo de tanque que muchas veces no son económicos, porque no se construyen en serie.

El diseño de la cimentación es importante. Asentamientos desiguales pueden producir esfuerzos severos en los miembros de la estructura, produciendo derrames.

Las estructuras en forma de torre, que soportan los tanques elevados son diseñados para que resistan los esfuerzos combinados debido al peso y al momento flexionante. Se hace necesario proveer el levantamiento de la estructura que da hacia el lado del viento, haciéndose necesario anclajes. En algunos lugares cuando se efectúa el diseño de tanques elevados, se considera el empuje del aire ocasionado por una explosión atómica o una distancia de media milla. Cuando se construyen tanques elevados muy altos debe consultarse el reglamento de aviación ya que puede ser peligroso cuando vuelan los aviones.