

20
2 eje.



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

"COLADOS DE CONCRETO HIDRAULICO
BAJO LIQUIDOS"

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a

ARIEL CINCO VALLE

DIRECTOR DE TESIS:

ING. GILBERTO HERNANDEZ GOMEZ



MEXICO, D. F.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Señor:
ARIEL CINCO VALLE.
Presente.

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-115

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Gilberto Hernández Gómez, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"COLADOS DE CONCRETO HIDRAULICO BAJO LIQUIDOS"

- I.- INTRODUCCION
- II.- DIFERENTES PROCEDIMIENTOS
- III.- MANTENIMIENTO
- IV.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS
- V.- CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 09 de junio de 1992.
EL DIRECTOR.

ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR*rmfa

A MIS PADRES:
MA. ESPERANZA VALLE MADERO
EUQUER CINCO LOPEZ.
CON CARINO Y RESPETO.

A MI HIJA TERESA MARLENE, CON AMOR.

A MI HERMANO EUQUER:
POR EL GRAN APOYO BRINDADO.

AL ING. GILBERTO HERNANDEZ GOMEZ:
POR SU APOYO, PACIENCIA Y COMPRENSION
PARA LA CONCLUSION DE ESTE TRABAJO.

A LA SEÑORA YOLANDA CHAVEZ:
CON AGRADECIMIENTO Y RESPETO.

INDICE.

I. INTRODUCCION	1
I.1. GENERALIDADES DEL CONCRETO	3
II. DIFERENTES PROCEDIMIENTOS	13
II.1 TUBO-TREMIE (TROMPA DE ELEFANTE)	13
II.2 BOMBEO	18
II.3 DE LA VALVULA HIDRAULICA (HIDROVALVULA)	20
II.4 DE LOS CUBOS (CUCHARONES)	21
II.5 BOLSAS DE LONA CON CIERRES	26
II.6 CONCRETO O MORTERO PREEMPACADO	27
II.7 CONCRETO CON AGREGADO PRECOLADO	28
III. MANTENIMIENTO	29
III.1 NIVELES DE INSPECCION	31
III.2 INSPECCION BAJO LIQUIDO CON Y SIN BUZO (S)	33
III.3 EQUIPO DE INSPECCION	37
IV. VENTAJAS Y DESVENTAJAS	39
IV.1 ALTERNATIVA ENTRE TOLVA Y CUCHARON	40
IV.2 CONCRETO CON AGREGADO PRECOLADO	40
V. CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFIA	43

I. INTRODUCCION.

La vida moderna con los adelantos tecnológicos actuales nos lleva a poder realizar procedimientos que en otros tiempos no podíamos ni pensar, uno de tantos procedimientos es el colado bajo líquidos. Para lo cual tenemos que conocer que en muchos sentidos, las reglas y recomendaciones para el concreto colado bajo el agua son las mismas que aquellas para el concreto vaciado en superficies secas. El concreto debidamente mezclado es un material estable, con una densidad más de dos veces superior a la del agua, y una vez en su sitio, el agua en la cual ha sido sumergido no le afecta a menos que se agite ésta ó se le someta a otro tipo de movimiento al ser vaciado. El cemento fragua como resultado de una reacción química y no de un proceso de secamiento, de tal manera que el concreto endurece tan rápidamente debajo de los líquidos como al aire y en general, se comporta normalmente una vez que se ha logrado vaciar adecuadamente.

El concreto masivo puede vaciarse con todo éxito bajo líquidos, en la mayoría de las circunstancias en las cuales el secamiento es impracticable ó antieconómico.

El concreto reforzado puede también trabajarse bajo el agua pero existen dificultades importantes que hay que salvar para poder asegurar buenos resultados.

La inspección del trabajo resulta más difícil bajo líquidos que en la atmosfera, esto mismo se aplica a las reparaciones de un trabajo defectuoso.

En parte por estas razones ó por las características de la mezcla y las condiciones especiales de su vaciado, resulta poco aconsejable proyectar concretos de alta resistencia a la compresión, cuando van a colarse bajo líquidos. La resistencia a la compresión más alta normalmente especificada es de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, aproximadamente.

Cuando una revoltura de concreto fresco ha sufrido algún movimiento al colarse bajo líquidos ó cuando el líquido fluye bajo la superficie del concreto fresco; algo del cemento se deslava de la zona en que la mezcla quedó en contacto directo con el líquido. Por lo que uno de los fines que deben lograrse al colar concreto bajo el agua es mantener la mayor cantidad posible de éste fuera del contacto directo con el líquido durante el vaciado y evitar cualquier movimiento rápido ó de agitación de las superficies expuestas. El agregado y la lechada que puedan acumularse como resultado del deslave carecen de valor estructural y no debe llenarse el interior del colado con el nuevo concreto depositado en la parte superior ya que produce una zona de falla. Lo principal es tener un concreto con suficiente manejabilidad, para ser alimentado hacia el centro de la masa del concreto ya

vaciada, de manera tal que el concreto se mantenga en movimiento, bajo la presión del concreto que está entrando. Esto evita que el rápido movimiento que resulta cuando el concreto se vacía desde la parte alta de una orilla en declive y también tiende a mantener la superficie deslavada apartada del resto de la revoltura. A menudo resulta difícil mantener estas condiciones, al colocar el concreto desde un lanchón ó chalán flotando con la marea alta, en corrientes ó en aguas broncas. Bajo condiciones adversas se recomienda vaciar el concreto desde plataformas fijas. Resulta también impracticable vaciar concreto con una trabajabilidad adecuada a la compactación por medio de vibración, y aún más, el uso y control de vibradores; es difícil ó por ahora no es recomendable bajo el agua. Cualquiera que sea el método de vaciado que se use, es menester contar con un alto grado de manejabilidad para que el concreto se distribuya y se compacte con el mínimo de intervención mecánica.

El concreto puede vaciarse en aguas de flujo lento, pero ahí donde la corriente sea bastante rápida como para desincorporar los componentes de la mezcla, la superficie del concreto deberá protegerse ó bien las aguas deben de ser desviadas. A menudo se vacía más concreto que el necesario en base a la teoría de que las capas de concreto exteriores, más deslavadas puedan no tomarse en cuenta, estructuralmente hablando, y de que el concreto originalmente proyectado permanezca intacto. Esto es difícil de controlar y no puede considerarse como un buen sistema.

I.1 GENERALIDADES DEL CONCRETO.

CEMENTO:

Se usa generalmente el cemento Portland normal.

A decisión de usar cementos resistentes a los sulfatos u otros cementos especiales se fundamenta en los mismos criterios que emplean para usar cualquier tipo de concreto en el medio ambiente y de acuerdo a como se presenten las circunstancias.

AGREGADOS:

En la elección de los agregados se aplican las reglas y normas acostumbradas, pero debe recordarse que se requiere una especial y excelente manejabilidad. Por lo tanto, al elegir entre grava redonda y piedra triturada, la decisión debe fundarse en el mismo criterio aplicable al concreto de gran manejabilidad, producido para usos ordinarios. Los agregados finos de roca triturada generalmente deben evitarse, por que su graduación, por lo general es deficiente y la configuración de las partículas inadecuada. Ahí donde su uso resulta necesario en áreas desprovistas de la arena natural, adecuada, ó ahí donde ésta posea una deficiente graduación, podrá requerirse completar los finos mediante la aportación del material idóneo. Aumentar la proporción de material fino y/o del cemento puede mejorar la calidad, pero antes debe de hacerse la prueba correspondiente, tomando en cuenta que al usar material de dimensiones menores hay que utilizar más cemento.

AGUA:

Normalmente se usa agua dulce para la mezcla; pero en general, no existe objeción en el uso del agua de mar para la revoltura de concreto, con tal de que se encuentre libre de contaminación orgánica ó de otras materias nocivas.

ADITIVOS:

Generalmente éstos no son necesarios, pero en determinadas circunstancias pueden usarse provechosamente para alterar las propiedades de fluidez, cohesión, velocidad de fraguado y endurecimiento. El mismo criterio que se aplica en la elección de aditivos para concreto en superficie debe emplearse para el caso que nos ocupa.

CALCULO DE LA MEZCLA.

El cálculo de la mezcla debe ejecutarse de la misma manera que si fuese para trabajo en superficie, tomando en cuenta los siguientes requisitos:

- 1).- Los agregados, generalmente no deberán ser mayores de 40 mm (3/4") para trabajo con tolva ordinaria, con

objeto de evitar arqueamientos en el tubo; pero en casos de grandes vaciados bajo el agua y especialmente si se usan tubos de gran diámetro, pueden emplearse agregados mayores de 40 mm. Por lo tanto, la dimensión de los agregados debe elegirse de acuerdo con el diámetro del tubo y trabajabilidad de la mezcla. Para concreto que requiera emparejarse a regla bajo el agua, los agregados mayores de 40 mm deben evitarse en cualquier caso ya que los agregados grandes, son difíciles de nivelar, sin provocar al mismo tiempo excesiva agitación de la superficie.

- 2).- Se requiere una excelente manejabilidad y que el concreto tenga la misma proporción de agua que marcan las normas comunes; al probar el concreto en la superficie, es esencial que su revenimiento exceda de más ó menos 125 mm. Cuando se trata de trabajos bajo el agua y se emplea concreto de consistencia adecuada, resulta muy difícil el vaciado sobre planos con inclinación superior a los 5 grados. No es preciso tener que hacerlo en favor de la manejabilidad, es mejor que la mezcla tenga una mayor proporción de arena en vez del caso contrario, que esté escasa de ésta.

Generalmente no se requiere de concretos de alta resistencia y las condiciones del trabajo dificultan lograrlo. Debido a esto, cálculos detallados para la mezcla y pruebas de la misma resultan ociosos. Un método común para lograr las debidas proporciones de la mezcla es tomar las ya conocidas y darle la resistencia y manejabilidad requerida normalmente para trabajos en superficie por que para una mayor manejabilidad es menester un aumento del 25% en la proporción del cemento. Esto se hace por dos razones:

- a).- Producir resistencia y durabilidad semejantes con aumento de manejabilidad, sin la ayuda de sistemas mecánicos de compactación.
- b).- Para proporcionar un margen de tolerancia en la pérdida de cemento en las superficies expuestas.

Debe tomarse en cuenta que existe un margen muy reducido para vaciado de concreto pobre bajo el agua, aún cuando las fatigas de trabajo sean bajas, porque el objeto es la manejabilidad y no la resistencia.

Mezclas que contengan menos de 330 Kg de cemento por metro cúbico son difícilmente aceptables ó pueden usarse aditivos para aumentar la trabajabilidad.

PRUEBAS.

La calidad del concreto ya en el sitio no puede probarse de una manera satisfactoria tal que se debe confiar en un buen control del vaciado para asegurar los resultados esperados. Se puede introducir sondas, pero sus muestras no son necesariamente representativas de la mezcla del concreto, el cual, debido al sistema técnico de su vaciado, es muy probable que varíe considerablemente en calidad. Los cubos de prueba de concreto tomados de la mezcla, únicamente se pueden considerar como pruebas de la consistencia. El resultado no puede aceptarse como representativo de la resistencia en el sitio, sino, sólo la más alta teóricamente alcanzable. En la práctica es difícil extraer cubos adecuados bajo el agua.

EJEMPLO: CALCULO DEL CONCRETO.

Se requiere concreto para una pila de un puente que estará expuesta a agua dulce en un clima severo. El requerimiento promedio de resistencia a la compresión es de 200 Kg/cm² a los 28 días. Las condiciones de colocación permiten un revenimiento de 3 a 5 cm; así como el uso de agregado grande, pero se utilizará el único agregado grueso de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual posee una graduación de 4.7 mm (malla No.4) a 25 mm. Se determinó que su peso, compactado con varilla y seco, es de 1520 Kg/cm².

PASO 1.

El revenimiento deseado es de 3 a 5 cm.

PASO 2.

Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee una graduación de 4.75 a 25 mm.

PASO 3.

Puesto que la estructura estará expuesta a intemperismo severo, se utilizará concreto con aire incluido. La cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir un revenimiento de 3 a 5 cm en un concreto con aire incluido de 25 mm es de 160 Kg/cm², de acuerdo a la tabla II. El contenido recomendable de aire es de 5%.

Tabla II Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos del agregado*

Revenimiento, cm	Agua en kg/m ³ de concreto para los tamaños máximos del agregado indicados							
	10 mm	12.5 mm	20 mm	25 mm	40 mm	50 mm**	70 mm**	150 mm**
	Concreto sin aire incluido:							
3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125
8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	—
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido, por ciento	—	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	* Concreto con aire incluido:							
3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120
8 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135
15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	—
Promedio recomendable de contenido total de aire, por ciento.	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

* Estas cantidades de agua de mezclado deben utilizarse en los cálculos de los factores de cemento para mezclas de prueba. Son las máximas para agregados gruesos angulares razonablemente bien formados, graduados dentro de los límites de las especificaciones aceptadas.
 ** Los valores de revenimiento para un concreto que contenga un agregado mayor de 40 mm están basados en pruebas de revenimiento efectuadas después de remover los partículas mayores de 40 mm por medio de cribado húmedo.

PASO 4.

De acuerdo a la tabla III, la relación agua/cemento necesaria para producir una resistencia de 200 kg/cm² en un concreto con aire incluido se estima en aproximadamente 0.61. Sin embargo, la tabla IV indica que la relación agua/cemento no debe exceder de 0.50 cuando se prevee una exposición a condiciones ambientales severas. Este valor (0.50) regirá y deberá usarse en los cálculos.

PROCEDIMIENTOS PARA LA DOSIFICACION DE CONCRETO NORMAL

Tabla III Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días, kg/cm ² *	Relación agua/cemento, por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0.38	—
400	0.43	—
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

* Los valores indican las resistencias promedio estimadas para concreto conteniendo un porcentaje de aire no mayor que el indicado en la Tabla II. Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme el contenido de aire aumenta. La resistencia está basada en cilindros de 15 y 30 cm, curados en humedad por 28 días a 23 ± 1.7°C, de acuerdo con la Sección 9(b) de la Norma ASTM C 31, "Fabricación y Curado de Muestras de Concreto para Pruebas de Flexión y a Compresión en el Campo." La resistencia de cubos será aproximadamente 20% más alta. La correspondencia indicada asume un tamaño máximo del agregado de aproximadamente 20 a 30 mm; para agregados de una procedencia determinada, la resistencia producida para una relación agua/cemento dada aumentará conforme el tamaño máximo del agregado disminuya.

Tabla IV Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto expuesto a condiciones severas*

Tipo de estructura	Estructura continua o frecuentemente húmeda y expuesta a congelación y deshielo**	Estructura expuesta al agua de mar o a sulfatos
Secciones delgadas (rieles, bordillos, durmientes, obras ornamentales) y secciones con menos de 3 cm de recubrimiento sobre el acero.	0.45	0.40***
Todas las demás estructuras.	0.50	0.45***

* Basada en el reporte del Comité ACI 201, "Durabilidad del concreto en servicio", citado previamente.

** El concreto también debe ser del tipo de aire incluido.

*** Si se utiliza cemento resistente a los sulfatos (Tipo II o Tipo V de la Norma ASTM C 150), la relación agua/cemento permisible podrá aumentarse en 0.05.

PASO 5.

De acuerdo a la información obtenida en los pasos 3 y 4, el contenido requerido de cemento será de:

$$160/0.50 = 320 \text{ Kg/cm}^3.$$

PASO 6.

La cantidad de agregado grueso se estima de acuerdo a la tabla V. Para un agregado fino con 2.8 de módulo de finura y un agregado grueso con tamaño máximo de 25 mm, dicha tabla recomienda el uso de 0.67 m³ de agregado grueso, compactado con varilla y seco, por cada metro cúbico de concreto. Por lo tanto, el peso seco del agregado grueso será de:

$$1520 * 0.67 = 1080 \text{ Kg.}$$

Tabla V Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto

Tamaño máximo del agregado, mm	Volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla,* por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena**			
	2.40	2.60	2.80	3.00
10	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.76	0.74	0.72	0.70
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.81	0.79	0.77	0.75
150	0.87	0.85	0.83	0.81

* Los volúmenes están basados en agregados secos y compactados con varilla, como se describe en la Norma ASTM C 29, "Peso unitario de los agregados." Estos volúmenes se han seleccionado de relaciones empíricas para producir un concreto con un grado de trabajabilidad apropiada para la construcción referida usual. Para obtener un concreto con menos trabajabilidad como el que se utiliza en la construcción de pavimentos de concreto, estos valores se pueden aumentar en un 10%. Para un concreto con más trabajabilidad como el que algunas veces se requiere cuando la colocación se efectúa por bomba, estos valores se pueden reducir hasta en un 10%.

**El módulo de finura de la arena es igual a la suma de las relaciones (acumulativas) dadas en tamices de malla con aberturas de 0.149, 0.297, 0.595, 1.18, 2.38 y 4.76 mm.

PASO 7.

Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales restantes para completar un metro cúbico de concreto son la arena y el aire.

La cantidad de arena requerida se puede determinar con base en el peso ó en el volumen absoluto, como se muestra a continuación:

Con base en el peso. De acuerdo a la tabla VI. El peso de un metro cúbico de concreto con aire incluido, elaborado con agregados con tamaño máximo de 25 mm, se estima en 2315 Kg (para la primera mezcla de prueba, los ajustes exactos de este valor, debidos a las diferencias usuales en el revenimiento, el factor de cemento y el peso específico de

los agregados, no son criticos). Los pesos conocidos son los siguientes:

AGUA (de mezclado neta)	160 kg.
CEMENTO	320 kg.
AGREGADO GRUESO (seco)	<u>1018 Kg.</u>
TOTAL	1498 Kg.

Por lo tanto, el peso de la arena se estima en:

$$2315-1498= 817 \text{ Kg. (seco)}$$

Con base en el volumen absoluto. Con las cantidades de cemento, agua, aire y agregado grueso ya determinadas, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

VOLUMEN DE AGUA	=	$160/1000 =$	0.160 M3.
VOLUMEN ABSOLUTO DE CEMENTO	=	$320/(3.15*1000) =$	0.102 M3.
VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADO GRUESO	=	$1018/(2.68*1000) =$	0.380 M3.
VOLUMEN DE AIRE	=	$0.05*1.0 =$	<u>0.050 M3.</u>
VOLUMEN TOTAL DE LOS INGREDIENTES, CON EXCEPCION DE LA ARENA	=		0.692 M3.
VOLUMEN ABSOLUTO REQUERIDO DE ARENA	=	$1.000-0.692 =$	0.308 M3.
PESO REQUERIDO DE ARENA SECA	=	$0.380*2.64*1000 =$	813 Kg.

Tabla V I Primera estimación del peso del concreto fresco

Tamaño máxima del agregado, mm	Primera estimación del peso del concreto kg/m ³	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
10	2285	2190
12.5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2375
70	2465	2400
150	2505	2435

* Valores calculados con la ec. (a) para concretos medianamente ricos (330 kg de cemento por m³) y revenimiento medio, con un agregado cuyo peso específico es de 2.7. Los requerimientos de agua están basados en los valores de revenimiento de 8 a 10 cm. de la Tabla II. Si se desea, se puede precisar más la estimación del peso, como se indica a continuación, siempre que se posea la información necesaria por cada 5 kg de diferencia en el agua de mezclado de la Tabla II. Para valores de 8 a 10 cm de revenimiento, se corrigió el peso por m³ en 8 kg en la dirección opuesta, por cada 20 kg de diferencia en el contenido de cemento de 330 kg, se corrigió el peso por m³ en 3 kg en la misma dirección, por cada 0.1 de desviación de 2.7 en el peso específico del agregado, se corrigió en 70 kg el peso del concreto en la misma dirección.

A continuación se comparan los pesos para la mezcla de un metro cúbico de concreto, calculados según las dos bases:

	CON BASE EN EL PESO ESTIMADO DEL CONCRETO.Kg	CON BASE EN EL VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS INGREDIENTES.Kg
AGUA (de mezcla seca)	160	160
CEMENTO	320	320
AGREGADO GRUESO (seco)	1018	1018
ARENA (seca)	817	813

PASO 8.

Las pruebas indican una humedad total de 3% en el agregado grueso, y el 5% en el agregado fino. Si se utilizan las proporciones de la mezcla de prueba bajadas en el peso estimado del concreto, los ajustes en los pesos de los agregados son:

$$\text{AGREGADO GRUESO (húmedo)} = 1018(1.03) = 1048 \text{ Kg.}$$

$$\text{AGREGADO FINO (húmedo)} = 817(1.05) = 858 \text{ Kg.}$$

El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse del ajuste por adición de agua. De esta manera, la cantidad de agua superficial que aporta el agregado grueso es de $3 - 0.5 = 2.5\%$, y el agregado fino aporta $5 - 0.7 = 4.3\%$. Por lo tanto, el requerimiento estimado de agua de adición es:

$$160 - 1018(0.025) - 817(0.043) = 100 \text{ Kg.}$$

Los pesos estimados de la mezcla para un metro cúbico de concreto son:

AGUA	(por añadir)	100 Kg.
CEMENTO		320 Kg.
AGREGADO GRUESO (húmedo)		1048 Kg.
AGREGADO FINO (húmedo)		<u>858 Kg.</u>
TOTAL		2326 Kg.

PASO 9.

Para mezclas de prueba de laboratorio, se reducen a escala los pesos para producir 0.02 m³ de concreto.

Aunque la cantidad calculada de agua por añadir fué de 2 Kg, la cantidad que realmente se utilizó, en un intento por obtener el revenimiento deseado de 3 a 5 cm, fué de 1.78 Kg, la mezcla por consiguiente, consistió en:

AGUA (añadida)	1.78 Kg.
CEMENTO	6.4 Kg.
AGREGADO GRUESO (húmedo)	20.96 Kg.
AGREGADO FINO (húmedo)	<u>17.16 Kg.</u>
TOTAL	46.30 Kg.

El concreto tiene un revenimiento medio de 5 cm, un peso unitario de 2272 Kg/m³ y un contenido de aire de 6.5%.

Se considera que está ligeramente excedido en arena, lo que dificulta su colocación. Para obtener el rendimiento adecuado y otras características en mezclas elaboradas posteriormente, se harán los siguientes ajustes:

Puesto que el rendimiento de la mezcla de prueba fué de:

$$46.3/2272 = 0.02038 \text{ m}^3$$

El revenimiento fué satisfactorio pero, puesto que el contenido de aire se excedió en un 1.5%, se necesitará más agua para obtener el revenimiento adecuado cuando se corrija el contenido de aire. Como se indicó en los ajustes a la mezcla de prueba, el agua de mezclado debe aumentarse aproximadamente en 3 Kg por cada 1% de contenido de aire, por lo que se tiene $3 \times 1.5\% = 4.5 \text{ Kg.}$ y, de esta manera, la nueva estimación será de 151 Kg/m³.

Al disminuir el agua de mezclado se requerirá menos cemento para obtener la relación agua/cemento deseada de 0.5. El nuevo contenido de cemento es de:

$$151/0.5 = 302 \text{ Kg/m}^3.$$

Fuesto que se encontró que el concreto estaba excedido en arena, la cantidad de agregado grueso por metro cúbico es:

$$1520 \times 0.74 = 1125 \text{ Kg (seco)}.$$

$$\text{ó } 1125 \times 1.03 = 1159 \text{ Kg (húmedo)}.$$

$$\text{y } 1125 \times 1.005 = 1131 \text{ kg (sss*)}.$$

* saturado y superficialmente seco.

La nueva estimación del peso del concreto con 1.5% menos de aire es:

$$2272 / (1 - 0.015) = 2307 \text{ Kg/m}^3.$$

Por lo tanto, el peso de la arena es:

$$2307 - (151 + 302 + 1131) = 723 \text{ Kg (sss)}.$$

$$\text{ó } 723 / 1.007 = 718 \text{ Kg (seca)}.$$

Los pesos básicos y ajustados de la mezcla por metro cúbico de concreto son:

AGUA (de mezclado neta) 151 Kg.

CEMENTO 302 kg.

AGREGADO GRUESO (seco) 1125 Kg.

AGREGADO FINO (seco) 718 Kg.

Se deberá reducir la dosificación del aditivo para obtener el contenido deseado de aire.

II. DIFERENTES PROCEDIMIENTOS.

Existen dos criterios básicos para afrontar el problema del vaciado del concreto bajo líquidos; ya sea que el concreto se mezcle en forma usual y se vacíe mediante métodos especiales, o bien que se emplee un procedimiento determinado, mediante agregados que se embeben en mortero.

Los principales métodos para vaciar el concreto bajo líquidos son los siguientes:

I.1 TUBO - TREMIE (TROMPA DE ELEFANTE).

El tubo-tremie consiste en tubo de acero suspendido verticalmente en el líquido con un embudo ó tolva fijo en el extremo superior, para recibir el concreto fresco. El tubo deberá ser terso en su interior y tener la suficiente sección transversal para el tamaño de los agregados que serán usados. Un diámetro de 150 mm se considera ordinariamente como el mínimo para agregados de 20 mm y, 200 mm es el límite inferior para agregados de 40 mm. La tolva actúa como un depósito para transformar una dotación intermitente de concreto en una mezcla constante a lo largo del tubo. Este deberá mantener la dimensión suficiente para permitir mantener el concreto a determinado nivel, sin que éste descienda hacia el fondo. Por su armado, tanto el tubo como la tolva deberán estar provistos de dispositivos que permitan un rápido izamiento e igual descenso, cuando se encuentren cargados de concreto fresco. El material que esté en los bloques simples ó en trazo, es generalmente inadecuado para este sistema, a menos que se efectúe un gran esfuerzo.

A medida que avanza el trabajo se iza lentamente el tubo ó se sacude constantemente para el vaciado.

En principio hay tres sistemas tubulares: La forma más simple es el tubo rígido que se va elevando gradualmente por encima de la plataforma de alimentación; después tenemos el tubo de secciones, del cual se van quitando tramos conforme emerge el tubo y finalmente, el tubo telescópico, cuyas secciones se empalman sucesivamente.

Para que el concreto no entre en contacto con el líquido antes de iniciarse la operación, previamente se colocará un tapón de papel ó una bola de hule en la parte inferior del tubo. La profundidad de penetración del tubo dentro del concreto deberá ser de 1.00 a 1.50 m procurando que así se mantenga constantemente.

Como el concreto se ve sometido a una gran presión alrededor del tubo, no se formará una superficie plana.

Con el fin de obtener una superficie relativamente plana, se procurará que los puntos de salida de los tubos estén suficientemente cercanos entre sí; es usual una separación de 4.00 a 6.00 m.

El diámetro del área de descarga del concreto deberá ser de unos 48 a 50 cm. Con el método del tubo-tremie pueden lograrse un concreto altamente resistente y bastante homogéneo.

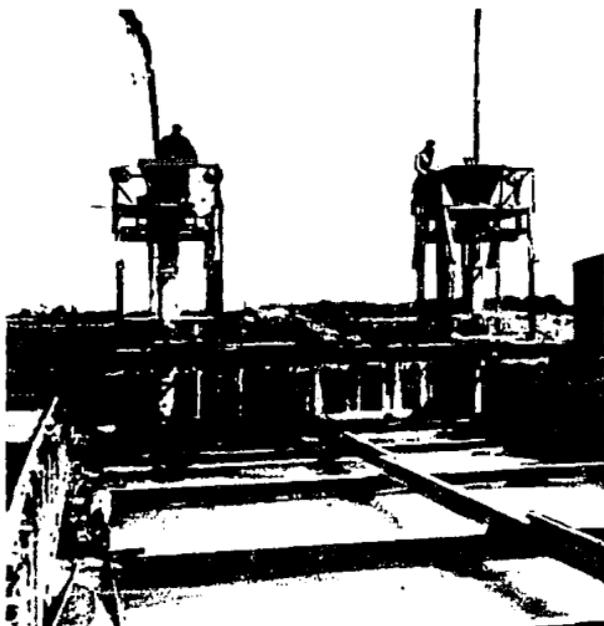


Figura 1. El método del tubo-tremie (trampa de elefante)

EJEMPLO: CONSTRUCCION DE MURO MILAN.

El colado del muro milan se realiza utilizando una tubería de 10" de diámetro cedula 80 en tramos de 1.80 m cada uno, atornillados por medio de cuerdas de listón grueso; la tubería esta rematada en su parte superior por una tolva de forma cónica.

El colado se inicia llevando el extremo inferior de la tubería hasta aproximadamente 50 cm arriba del fondo de la excavación colocando en el interior de la tubería un dispositivo neumático, con el objeto de impedir que se contamine el concreto con el lodo bentonítico.

Conforme avanza el colado, se levanta la tubería desacoplando tramos de tubo mediante llaves caimán apropiadas para el diámetro de la tubería; la elevación de la tubería debe estar controlada tanto por el volumen teórico de la zanja en función de los metros cúbicos vaciados como por medio de sondas midiendo directamente el nivel del concreto; es muy importante mantener el extremo inferior de la tubería embebido en la masa de concreto, para evitar contaminación.

El concreto debe ser fluido con tamaño máximo de agregado no mayor de 20 mm y revenimiento de 18 ± 2 cm. El lodo bentonítico desplazado por el concreto es bombeado simultáneamente a camiones pipa, para ser reciclado ó tirado posteriormente en sitios apropiados.

Carga de la tolva:

La tolva se levanta verticalmente sobre el área por colar con el extremo inferior del tubo apoyado sobre el fondo. Se han empleado varios sistemas para el cierre inferior del tubo, a efecto de mantenerlo fuera del líquido y poder llenarlo en seco; pero es difícil encontrar un medio de abrir el fondo, que sea efectivo, y que al mismo tiempo no obstruya el flujo del concreto ó el izamiento del tubo una vez terminada la operación. Además la flotación de un tubo vacío puede ser un inconveniente cuando éste ha sido ya armado en su sitio. Por estas razones, actualmente es una práctica corriente colocar un obturador corredizo en el extremo superior del tubo como barrera entre el concreto y el líquido. El líquido del tubo es desplazado a medida que el peso del concreto empuja el obturador hacia el fondo. Lo más frecuente usado para el sistema de obturador corredizo son las bolas y sacos de cemento, convenientemente adaptadas al caso; pero los obturadores de hule espuma y los globos inflados han hecho su aparición en los últimos tiempos. Se espera que los obturadores ligeros, fabricados especialmente para el caso, se despeguen ellos mismos del concreto y suban a la superficie; ya que de otra manera, no se recobran, aunque un tapón de éstos no causa tantos problemas en un colado de este tipo ya que son masivos y el tapón es un pequeño punto de una gran masa de concreto. Puede causarse mayor daño si se intenta sacarlos, que si se deja donde quedaron.

Vaciado del concreto:

Después de que el tubo ha sido llenado con concreto, aquél se levanta unas cuantas pulgadas de la base y el concreto comienza a correr, cubriendo rápidamente el extremo del tubo. De ahí en adelante, la mezcla del concreto continuará alimentando el interior del volumen vaciado. La cantidad de mezcla del concreto que entra en el tubo, se controla levantando y bajando la tolva y debe tenerse mucho cuidado en que el extremo del tubo permanezca dentro del concreto vaciado. Al mismo tiempo, el nivel superior del concreto debe mantenerse (tanto como sea posible) dentro de la tolva. Es particularmente importante mantener una carga adecuada de concreto en el tubo cuando los diámetros de éstos son mínimos en relación a los tamaños de los agregados que están en uso.

La mezcla del concreto siempre debe ser muy manejable, de manera tal que, el aire no quede atrapado dentro del concreto en el tubo.

Cuando sea necesario reducir ó aumentar la longitud del tubo de la tolva durante el vaciado, la unión que se utilice deberá de ser de tipo sencillo con un ajuste suficientemente exacto para mantener liso el interior del tubo y cerrar herméticamente las caras en contacto. Para disminuir ó aumentar la longitud del tubo, debe dejarse caer el concreto ligeramente debajo del nivel de la junta en cuestión.

Cierres rotos:

Si el extremo inferior del tubo de la tolva deja de estar sumergido en el concreto fresco, el cierre se romperá, permitiendo que el concreto fluya por fuera del tubo y en su paso a través del líquido, aquél se segregará ó producirá una contaminación en el líquido. En estas condiciones ya no sirve y debe ser expulsado totalmente, antes de que la tolva sea cargada nuevamente y se reanude el trabajo. Además la descarga rápida del concreto, a menudo causa serios perjuicios en el propio material por vaciar y este concreto también debe ser extraído antes de proseguir nuevamente.

Se hace incapié en que la mejor medida para prevenir estos contratiempos es producir concreto con suficiente trabajabilidad para descender por el tubo y distribuirse por sí mismo en el sitio de vaciado, con el mínimo de supervisión. Se ha comprobado que la mayoría de los cierres se rompen, cuando se intenta distribuir un bloqueo. Bloqueos y roturas de cierres suceden a pesar de todo, y si ya se ha vaciado una gran cantidad de concreto, resulta imposible determinar la extensión del daño. Bajo estas circunstancias cualquier intento para sacar el material de las zonas sospechosas, resulta aún más perjudicial y lo mejor es suspender el vaciado ese día y permitir que fragüe. El concreto dañado y la lechada pueden quitarse el día siguiente,

y continuar el trabajo.

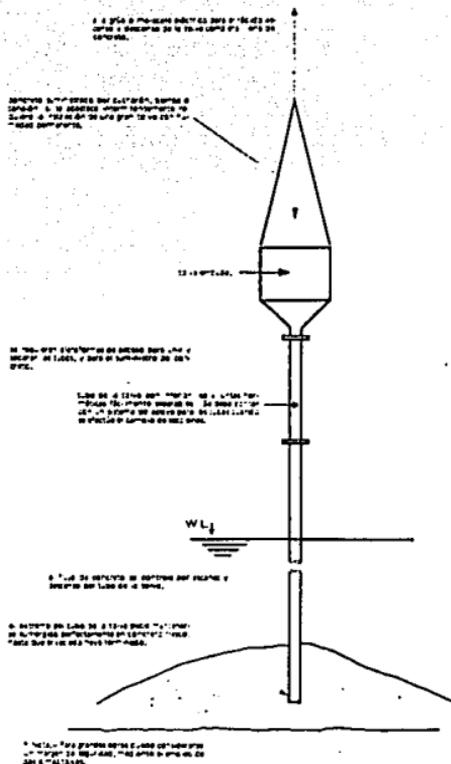


Diagrama explicativo de una tolva para concreto

Vaciado en grandes áreas:

Quando el concreto no puede ser vaciado desde un sólo punto, se recomienda efectuar vaciados simultáneos por medio de más de una tolva. Lo normal es que una sola tolva provea una área de 30 m² aproximadamente, pero este resulta ser un límite arbitrario que puede aumentarse con la práctica.

La costumbre de tratar de cubrir una gran zona con una sola tolva, moviéndola progresivamente, en tanto que el tubo permanece sumergido en el concreto es, desde luego reprobable. La inevitable alteración del concreto produce una excesiva lechada y es casi imposible continuar el vaciado sin

que se rompan los cierres. Un sólo tubo se puede vaciar, mover y volver a cargar de manera normal, pero en este caso, debe tenerse un cuidado especial de asegurar que el líquido expulsado al realimentar el tubo no perjudique al concreto recién vaciado. Cualquiera que sea el procedimiento empleado, el concreto deberá vaciarse de tal manera, que la lechada atrapada y el deslave se reduzcan al mínimo.

11.2 BOMBEO.

El procedimiento de bombeo es una variante del tubo-tremie ó trompa de elefante, en el cual se lleva el concreto a la boca del tubo por medio del bombeo. En este caso, también deberá darse al tubo una profundidad de inmersión en el concreto de 1.00 a 1.50 metros.

El diámetro del área de descarga deberá ser aproximadamente de 42 a 44 cm. La separación entre los puntos de salida, debido a la mayor consistencia de este concreto no deberá ser demasiado grande, debe de andar entre 0.50 y 0.80 m aproximadamente.

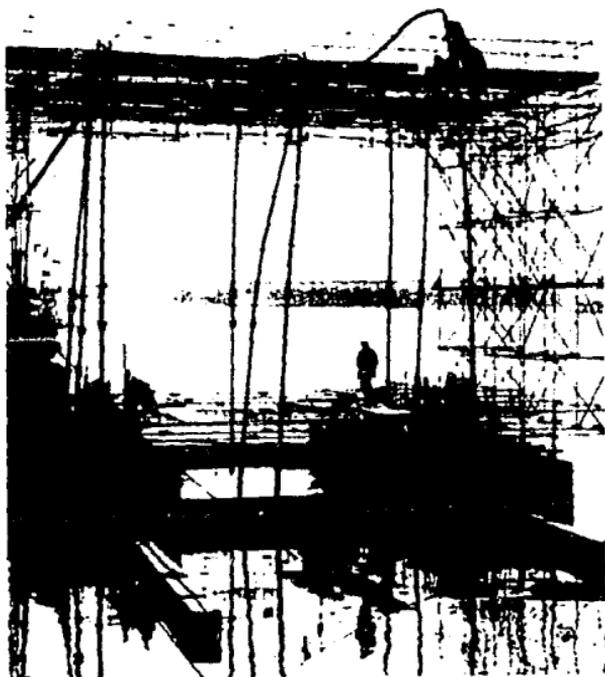


Figura 2. El método de bombeo

Progresos recientes en el diseño de bombas para concreto han hecho posible concebirlas para el vaciado directo de concreto bajo líquidos. Hasta ahora la experiencia es limitada y las siguientes observaciones se fundan en el colado de pilotes, para funcionamiento bajo líquidos. Puede ser que, mediante la experiencia, el uso de las bombas se intensifique en el futuro.

El bombeo de concreto a presión, directamente dentro de la mezcla, suprime la necesidad de los frecuentes levantamientos del tubo y asegura un suministro constante del concreto dentro del vaciado. El tubo vertical consistiría en secciones estrechamente unidas por pares a una distancia desde el fondo del vaciado, equivalente a la longitud de dos secciones, debiendo ahí conectarse un tubo de punta larga. Las uniones pueden ser del tipo de operación rápida, pero deben ser lo suficientemente resistentes para soportar el peso del tubo lleno de concreto y tener un cierre para prevenir escapes accidentales. Es necesario disponer de una grúa ó malacate con objeto de levantar y poder quitar las secciones. Así mismo, se necesita una abrazadera en la mitad inferior de la unión para soportar el peso de la tubería vertical. Antes de iniciar el bombeo, el tubo debe de quedar ajustado, dándole unas cuantas pulgadas de holgura para ajuste. Por otra parte, deberá introducirse dentro de la tubería (adyacente a la bomba) una esponja ó pelota de hule. Este obturador avanza por delante del concreto y evita su caída dentro del tubo vertical. El concreto deberá ser suministrado velozmente, en especial durante las etapas iniciales, cuando el extremo del tubo se está introduciendo en la mezcla. Se recomienda bombear tanto como sea posible en cada ocasión y levantar la tubería únicamente en caso necesario. El espesor del concreto que pueda ser vaciado (entre las distintas operaciones de izamiento de la tubería) queda sujeto a la experiencia, por que depende del área de vaciado, de las características del concreto que se use, de la dimensión de la tubería y de la posible presión que la bomba genere. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que una tubería con excesiva longitud, introducida en el volumen vaciado y unida a una lenta alimentación, puede dar como resultado que el nuevo concreto sumerja al que ya comenzó a endurecer (fraguar).

Los concretos más trabajables son los más recomendables para bombear directamente dentro del vaciado ó para operación de la tolva, aunque ésto no es absolutamente indispensable. El concreto necesita tener un revenimiento en la región de 125 mm, pero la prueba respectiva, en un buen ensaye de manejabilidad, nos muestra las demás cualidades deseables. También es necesario que tenga adecuada fluidéz y cohesión, sin ser viscoso. Estas cualidades son requisitos ordinarios, tanto para la operación de la tolva, como para el uso de la bomba.

II.3 DE LA VALVULA HIDRAULICA (HIDROVALVULA).

La invención de la válvula hidráulica presenta un nuevo método para la colocación de concreto bajo líquidos, es investigado y patentado en Estados Unidos y en muchos otros países desde 1969.

La válvula hidráulica se fundamenta en una manguera de material flexible. Está hecha de dos hojas de nylon juntas y selladas por las orillas. Cuando la válvula es sumergida las hojas son presionadas mutuamente por la presión del líquido.

Cuando el colado de concreto ha comenzado, primero se acumula en la parte superior de la manguera hasta que el peso es suficiente para protegerlo y moverlo hacia abajo. En esta situación las fuerzas que están trabajando en el concreto son las siguientes :

1. Presión hidrostática del líquido.
2. El peso del concreto.
3. La fricción a lo largo de la superficie interna de la manguera.

El peso del concreto dirigido hacia abajo es contrarrestado por la fricción dirigida hacia arriba con movimiento lento sin riesgo de segregación.

El concreto es descargado por el extremo abierto de la válvula con un nivel constante en el orificio de salida.

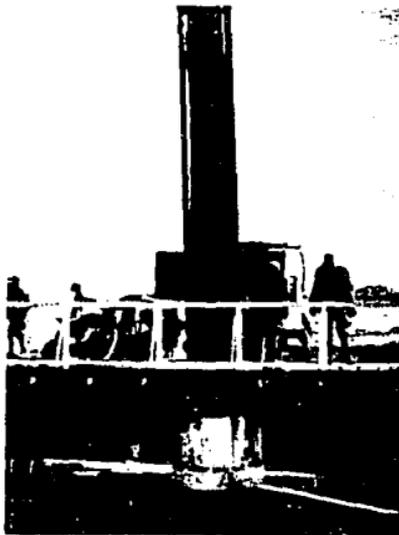
En consecuencia, el concreto no saldrá de manera continua como en el caso del tubo-tremie.

El diámetro del área de descarga será también de 48 a 50 cm.

Se hace solamente una excepción; comenzando el vaciado cuando la válvula es bajada hasta el fondo y levantada hasta alcanzar el nivel superior. La válvula hidráulica es movida después horizontalmente y el concreto fresco es colocado por montones sobre el cúmulo ya constituido. Este proceso es controlado manteniendo, el nivel del concreto en la parte más baja de la válvula entre una marca máxima y una mínima. La transportación del concreto en el líquido avanza sin turbulencia ó sin ser deslavado, lo que evita también la dispersión del mismo.

Con la hidroválvula es posible colocar capas delgadas de concreto (por ejemplo, menores de 70 cm de espesor) lo que es prácticamente imposible de hacer cuando se utiliza el tubo-tremie debido a la necesidad de sumergir el tubo de 1.00 a 1.50 m en el concreto.

Figura 3. El método de la hidroválvula



PRACTICA DEL METODO.

La válvula hidráulica es conectada a la tolva de alimentación suspendida y levantada por una grúa o un barco. No hay restricciones en el método de transportar el concreto a la tolva; este puede ser escogido acorde al equipo disponible y a las circunstancias locales. Tales procesos no introducen ningunas limitaciones al nuestro.

La parte baja es rodeada por un escudo con un tubo de acero. El escudo es siempre puesto en posición vertical, abajo a la derecha de la tolva.

Dicho escudo tiene tres funciones:

- 1.- Toma las fuerzas cuando la válvula se está moviendo horizontalmente.
- 2.- Garantiza una superficie lisa.
- 3.- Aloja señales para controlar el nivel del concreto.

II.4 DE LOS CUBOS (CUCHARONES).

Aquí también tiene lugar la entrega de concreto de manera discontinua. Los cubos se llenan fuera del agua para llevarlos después, lentamente, hasta el punto previsto para depositar el concreto. El peligro de segregación al abrirse los cubos es relativamente grande. Este peligro se puede contrarrestar:

- 1.- Utilizando grandes cubos.
- 2.- Colocando el concreto muy lentamente en el agua.
- 3.- Colocando el concreto contra la pendiente, es decir, de abajo hacia arriba, y/o.
- 4.- Usando concreto cuyas características de hidratación sean las adecuadas.

El concreto puede alcanzar una gran resistencia, sin embargo, en la práctica, en comparación con otros métodos se encuentra que hay segregación del concreto.

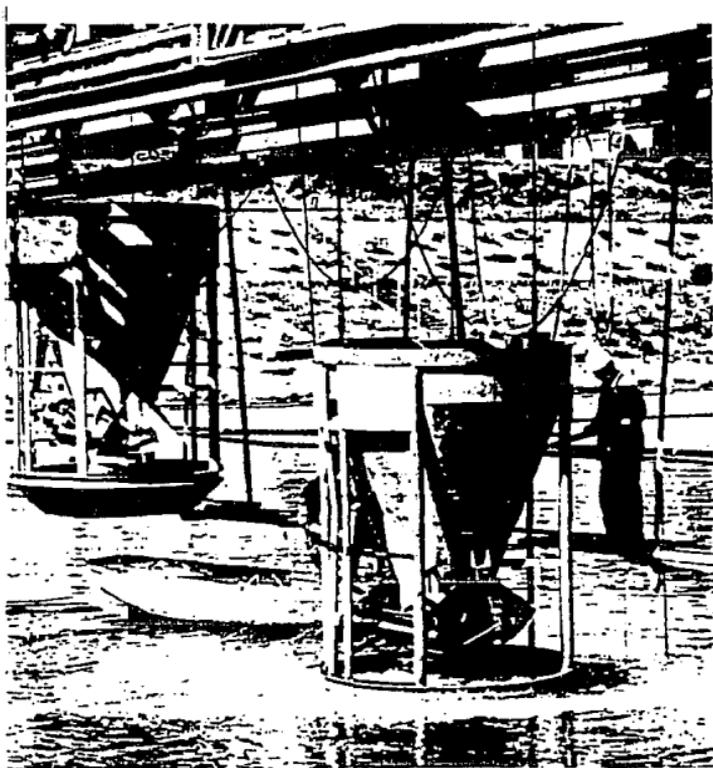
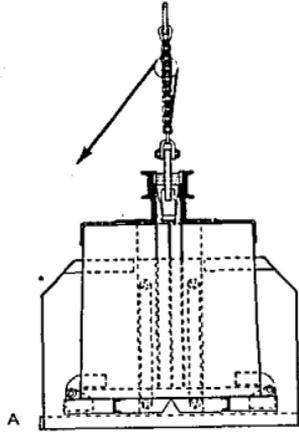
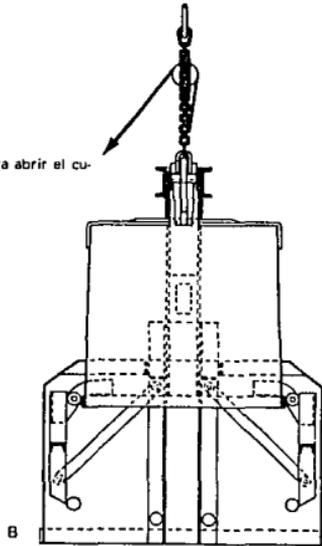


Figura 4. El método del cubo



A
 Tapa inferior del cucharón con faldón "A" (cerrado), "B" (abierto).
 (Reproducido con anuencia de Winget-Blaw Knox).

Cable accionado por operador para abrir el cucharón.



El cucharón deberá ser del tipo cuya abertura está en el fondo y con las siguientes características esenciales:

- 1).- Debe tener fondo con abertura de dobles puertas, susceptibles de operarse automáticamente ó manualmente. Las puertas deberán abrirse causando la mínima alteración en el flujo del concreto y de manera tal, que no puedan abrirse hasta que el cucharón se encuentre sumergido en el preciso sitio del colado.
- 2).- No debe haber obstáculo alguno para la descarga, cuando las puertas estén abiertas; el mecanismo del cierre debe estar en el exterior del cucharón con las bisagras instaladas de tal manera que las puertas oscilen libremente durante la apertura del fondo.
- 3).- Sus costados deben de ser rectos, perfectamente lisos y verticales en su interior.
- 4).- Deberá de estar dotado de una tapa superior consistente en dos hojas de lona abatibles. La presión del líquido mantiene estas puertas en contacto estrecho con la parte superior del concreto durante el vaciado impidiendo que la turbulencia del líquido en el interior del cucharón deslave el cemento.
- 5).- Los cucharones deben ser lo más grande posible, de acuerdo con el trabajo a realizar.
- 6).- Además, en algunas circunstancias se instalan en la parte inferior faldones que permiten aislar el concreto, mientras se deposita en su lugar.

VACIADO DEL CONCRETO.

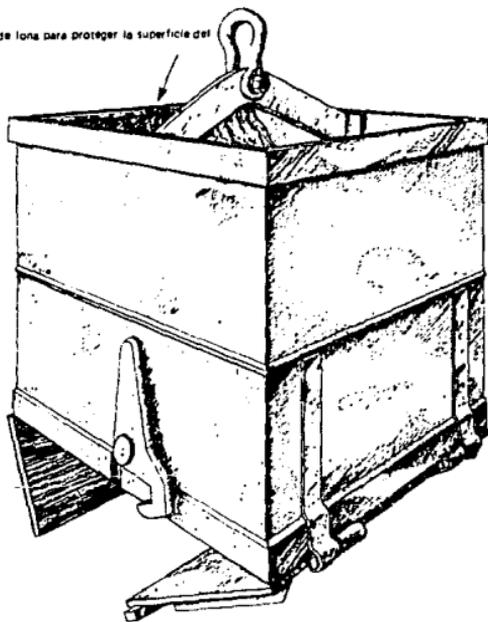
Los cucharones deben quedar completamente llenos antes de que se coloquen las tapas que los cubren.

Deben hacerse descender lentamente, en especial al momento de sumergirse, para evitar agitación en el concreto bajo las tapas superiores y de nuevo, al acercarse al fondo, para evitar la agitación excesiva del concreto ya colado.

Una vez que ha sido descargado el cucharón, debe levantarse lenta y suavemente para evitar que el concreto depositado cause turbulencia en el líquido que lo rodea. El objeto de depositar concreto fresco del cucharón en el interior del concreto vaciado previamente y desplazar la superficie inclinada de la masa hacia la cimbra.

Excepto en casos de vaciados en espacios muy confinados, es muy conveniente contar con la cooperación de un buzo para el vaciado de los cucharones, aún cuando el mecanismo de operación sea automático.

Cubierta de lona para proteger la superficie del concreto.



Cucharón tépico con doble puerta inferior.

OTROS METODOS DE VACIADO:

II.5 Bolsas de Lona con Cierres.

Estas bolsas, de uso repetidos, con abertura en el fondo y sello en la parte superior, conocidas como "Toggle Bags", pueden emplearse para vaciados pequeños y para depositar cantidades reducidas de concreto. Las bolsas se hacen descender dentro del líquido con la boca hacia abajo y con ambos extremos bien sujetos por una cadena ó cuerda y asegurados por un cierre. Para el vaciado con bolsas se aplican exactamente los mismos principios que los mencionados respecto al cucharón

A pesar de que anteriormente tenían un uso muy extenso, tanto en trabajos permanentes como en reparaciones, actualmente las bolsas han quedado relegadas para trabajos temporales, tales como el sellado, cimbras desechables y trabajos variados que no requieren estrictas normas estructurales.

Generalmente, las bolsas están hechas de "Hessian" y están llenas hasta la mitad, con concreto muy manejable. Las bolsas tienden a adoptar una forma cilíndrica; por lo que resulta difícil colocarlas sobre la superficie; pero las bolsas a medio llenar pueden ser apisonadas para lograr una mayor área de contacto. La adherencia entre los concretos de vaciados sucesivos, se verificó a través de la trama del "Hessian". Las bolsas que se colocan en forma semejante al cuatraperó ó amarres de los tabiques en un muro, deben unirse para formar una estructura firme. Las mezclas de escaso revenimiento deben evitarse y el tamaño de los agregados deberá ser razonablemente pequeño.

II.6 CONCRETO O MORTERO PREEMPACADO.

Este procedimiento consiste en llenar sacos de concreto de consistencia #1 especificada en las normas DIN, fuera del agua con agregados cuyo tamaño máximo sea de 40 mm. Los sacos colocados bajo el agua pueden servir para cerrar aberturas entre el terreno y la cimbra, aumentar la base de una pendiente ó proteger el terreno contra la erosión ocasionada por una corriente de agua.

También pueden colocarse esferas de plástico bajo el agua a las que se rellena con mortero. Pueden servir para recubrir los bordos ó contener el lecho subacuático.



Figura 5. Concreto empacado en bolsas de plástico para contener bordos

II.7 CONCRETO CON AGREGADO PRECOLADO.

Este procedimiento consiste en colocar con antelación el agregado en la cimbra para después inyectar la lechada de mortero. La grava debe estar limpia antes y durante la inyección de la lechada. Los espacios huecos entre los agregados deberán llenarse lo más rápido posible con mortero para evitar la presencia de algas en estos huecos ó sedimentos de otros materiales que estén en suspensión en el líquido. El mortero se inyectará por tubos de 35 mm de diámetro. Al iniciar el trabajo, las bocas de los tubos se deben encontrar al nivel del suelo. Al subir el nivel del mortero se elevarán simultáneamente los tubos, mismos que estarán situados a una distancia aproximadamente de 2.00 m entre sí.

El mortero debe de ser muy fluido y al bombearse con poca presión no deberá segregarse. La resistencia del concreto con agregado precolado quedará determinada principalmente por la resistencia del mortero y su grado de adherencia con el agregado. Como no es posible conocer el tamaño de los huecos del agregado dentro de la cimbra de madera, se recomienda dosificar el volumen de concreto en kg/m^3 de mortero de cemento.

En la preparación de la lechada de mortero para inyectar, existen por regla general dos procedimientos:

A).- Mortero Pretratado.

Consiste en un mortero muy fluido, al cual después de añadirsele un aditivo especial "includor de aire", se mezcla instantáneamente. Este aditivo tiene el efecto de espesar un tanto el mortero, lo que evitará que se desincorpore con facilidad.

B).- Mortero Fluido.

Se premezcla a un número elevado de revoluciones (1500 a 2500 por minuto) un cemento de composición específica, después de lo cual en una segunda fase se mezcla con arena. Esta modalidad de mezcla conforma un mortero más estable con propiedades de fluidéz satisfactorias.

III. MANTENIMIENTO.

- 1.- Estructuras Ingenieriles con Fallas ó fallas parciales que pueden poner en peligro muchas vidas ó causar daños técnicos y en general, deben ser continuamente evaluados para estabilizar las normas de seguridad estructural y los modos de operación. Una evaluación puede ser transformada en una propia inspección con el propósito de proveer la información necesaria para conocer la condición (capacidad, seguridad, clase de deterioro, etc.) de una estructura. Por lo tanto la utilidad de cualquier revisión depende de la confiabilidad y anotaciones de las observaciones obtenidas por uso en las evaluaciones ingenieriles. Cuando se observa evidencia de deterioro del concreto, los resultados de la evaluación son usados para determinar el remedio más propio, estimando la futura vida de servicio ó la necesidad de reemplazo, ó rehabilitación planeada.
- 2.- Normas específicas han sido establecidas para la continúa evaluación de estructuras. Por instancia, el Congreso de Leyes Públicas de los Estados Unidos 92-367 autorizó el Programa Nacional de Presas No Federales. Más específicas son las Regulaciones Ingenieriles (ER) 1110-2-100 (Terremotos, Fuerzas Armadas de los Estados Unidos, Grupos de Ingenieros HQUACE 1983) y varias guías técnicas por el Instituto Americano del Concreto (ACI) (ACI 1979 a, b y c 1980). Esas normas son tanto para estructuras bajo líquidos como para las de la superficie.
- 3.- La completa evaluación de las condiciones de una estructura están basadas en numerosos factores como son las condiciones del diseño, existen notas de operación e inspecciones pasadas, exámenes de condición, reparaciones de mantenimiento, anotaciones, instrumentación, identificación de fenómenos destructivos y la evaluación definitiva y final concerniente al estado del concreto (ACI Commites 207 1979b). Esas regulaciones son tan esenciales para estructuras submarinas como para estructuras sobre el nivel de líquidos.
- 4.- La evaluación de las condiciones de una estructura de concreto bajo líquidos es mucho más completa que la de una estructura de la superficie. La razón de ésta es que antes de que la estructura pueda ser evaluada y diagnosticada, datos preliminares y otra información debe ser obtenida para esta evaluación. Esta actividad es mucho más tardada y complicada cuando se lleva acabo bajo los líquidos que cuando se realiza sobre el nivel del líquido. Y es mucho más que poner juntos a un equipo de técnicos expertos para evaluar el problema. Es necesario un grupo de expertos para coleccionar y anotar la

información pertinente. Es posible, claro, que los miembros del equipo técnico requerido para la evaluación de una estructura raramente son buzos entrenados u operadores de vehículos controlados a control remoto.

5.- Por lo tanto, en el caso de estructuras bajo líquidos, el equipo técnico está usualmente suplementado con colectores de datos, que buzos entrenados u operadores de vehículos a control remoto manejan bajo el líquido.

6.- Los procedimientos, técnicas y equipo mencionados en este reporte, los encontramos también en un reporte anterior por Stowe y Thornton (1984) y en muchos otros reportes.

Los objetivos generales de un examen de condiciones de una estructura de concreto en acuerdo con la Sociedad Americana para pruebas y materiales (ASTM C-823) son:

- a). Determinar la habilidad del concreto para corresponder satisfactoriamente a anticipadas condiciones de futuro.
- b). Identificar los materiales y procesos que podrían causar fallas o desastres.
- c). Para descubrir las condiciones en el concreto que causaron o contribuyeron al desarrollo satisfactorio o una falla.
- d). Estabilizar métodos para reparar o reemplazar sin interrumpir o provocar un desastre.
- e). Determinar la conformidad con especificaciones de construcción y requerimientos.
- f). Desarrollar datos que podrían llevarnos a quiebras financieras o responsabilidad legal por casos de fallas o desarrollo insatisfactorio.
- g). Evaluar el desarrollo de los componentes usados en el concreto.

En otras palabras, como una prueba es creada para determinar tanto los diseños y condiciones de servicio conocidos como su desarrollo satisfactorio en un futuro.

El objetivo es recopilar en una guía ingenieril de contenido propio los pasos para realizar un informe de condiciones para una estructura de concreto bajo líquidos. La seguridad de la estructura es la razón y el mayor interés para realizar dicho informe.

Aquí nos enfocaremos en técnicas para inspeccionar el concreto de estructuras bajo líquidos o porciones de las mismas, también bajo líquidos. Una descripción general de los

planes y la preparación requiere un programa de inspección y métodos presentando resultados que deben ser incluidos en el reporte con la descripción de los procedimientos de inspección recomendados; primeramente el estado del objeto en estudio es presentado como reporte de las Fuerzas de Ingenieros y otras agencias técnicas que tienen potencial en inspecciones bajo líquidos.

La estructura bajo el líquido debe ser evaluada con una visión completamente específica a su naturaleza y propias condiciones y con el completo cuidado de las muchas variantes involucradas, algunas de las cuales no podrán ser precisamente detectadas.

Un informe de condiciones puede ser limitado solamente por áreas insoladas demostrando deterioro; ó puede que la investigación involucre fallas, como una inclinación excesiva ó el desplome de miembros de la estructura. Esto puede involucrar estudios de dislocación de estructuras completas ó grandes porciones de estructuras. La investigación puede estar limitada principalmente al estudio del concreto, o puede requerir búsqueda de otros datos, como condiciones de soporte, condiciones de servicio y comparaciones con otras estructuras (ASTM C-823).

III.1 NIVELES DE INSPECCION.

Una técnica manual Naval (HAN-Padron Associates and Naval Civil Engineering Laboratory (NCEL) 1984) reconoce tres niveles básicos de inspección bajo líquidos. Se distinguen por la preparación y recursos necesitados para hacer el trabajo y el tipo de daño/defecto que es detectable, son los siguientes:

A). NIVEL 1 - Inspección de Visión General.

Este tipo de inspección no involucra limpieza de ningún elemento estructural y puede, por lo tanto, ser llevado a cabo mucho más rápidamente que los otros tipos de inspección. El propósito del nivel 1 es confirmar, como en planos de construcción prevee de una entrada para una inspección estratégica y detectar daños existentes.

B). NIVEL 2 - Inspección Visual.

Este tipo de inspección se hará generalmente después de una previa limpieza de los elementos de la estructura. El propósito del nivel 2, es detectar daños superficiales que podrían estar escondidos por vegetación marina. Desde el proceso de limpieza se hará este tipo de inspección y será generalmente restringida a las áreas críticas de la estructura.

C). NIVEL 3 - Pruebas no destructivas.

Este tipo de inspección será conducido para detectar daños escondidos. El trabajo, limpieza y pruebas, serán varias y varían dependiendo del tipo de daño ó defecto que se presente y el tipo de equipo de inspección usado: en general, por lo tanto, el equipo y los procedimientos de evaluación serán más sofisticados y requerirán considerablemente más experiencia y entrenamiento que el nivel 1 ó el nivel 2 de inspección.

A continuación se muestra la tabla de los defectos/daños detectables con los tres tipos de inspección en estructuras de concreto bajo líquidos:

NIVEL	PROPOSITO	DAÑOS DETECTABLES
1	Confirmar y detectar daños severos.	Daños Severos (Congelación, erosión, desgaste).
2	Detectar defectos en la superficie normalmente cubiertos por plantas marinas ó sedimentos.	Cuartheaduras superficiales, deterioro del concreto, erosión moderada, desgaste, severa corrosión.
3	Detectar daños escondidos y nuevos.	Cambio en la fuerza del material, huecos internos, principios de corrosión.

El nivel de inspección es usado con un particular interés que debe ser claramente decidido en la etapa de planeación. También, los requerimientos de la oficina local de obras públicas u otra autoridad dictarán el nivel de inspección.

El tiempo y equipo requerido para llevar a cabo los tres niveles de inspección es totalmente diferente para cada uno. El tiempo, requerido para cualquier nivel en particular dependerá en el número de factores incluyendo, visibilidad, corrientes, acción de las olas, profundidad, severidad en los cambios de nivel del líquido y de la habilidad y experiencia del personal. Por instancia una aproximación es que bajo condiciones moderadas un nivel 1 de inspección de un 12-18" ancho muro de concreto requerirá 3 minutos, un nivel 2 requerirá 15 minutos. Se considera importante ya que el costo será aproximadamente 1/5 uno de otro.

III.2 INSPECCION BAJO LIQUIDO CON Y SIN BUZO (S).

La inspección bajo el líquido puede incluir el uso de uno ó más buzos ó vehículo operado remotamente (ROV). Los ROVS usados en estas inspecciones usualmente tienen videocámaras y lámparas instaladas y controladas desde la superficie con una pequeña participación de buzos. Estos pueden extenderse desde un pequeño, relativamente barato hasta un altamente sofisticado y muy caro sistema.

La ventaja de usar un sistema ROV, es que los ROVS no tienen las limitaciones de un buzo por que ellos pueden estar a un nivel profundo, trabajar mucho tiempo, desarrollar repetidamente la misma misión sin desgaste físico y ser operados en lugares donde las corrientes de agua y condiciones de la marea hagan a buzos inaceptables.

Las desventajas de usar los sistemas ROV son:

A). Son usualmente costosas ya que requieren de grandes inversiones, no importa la misión; ni su profundidad de operación.

La inversión consiste en un equipo de apoyo como generadores de poder, monitores, controladores del vehículo, cables y partes adicionales.

B). Son usualmente menos flexibles y menos confiables.

C). Requieren mucho más mantenimiento que los sistemas para buzo.

D). Las videocámaras instaladas en los ROV pueden distorsionar ángulos y dimensiones, éstos pueden causar deterioro ó daños cuando no son atendidos.

Las inspecciones con sistema ROV, no sólo dependen de la naturaleza de la actividad bajo el líquido sino también del tipo del ROV. Por lo tanto, detalles de los procedimientos de inspección deben realizarse en cada caso consultando la manufactura y/o operación del ROV en cuestión. En un reciente informe preparado por la Marine Technology Society (MIS) Subcomite en vehículos operados por control remoto; está contenida información incluyendo una descripción general de los diversos tipos de ROV. Hay vehículos remolque con fondo de reptil, vehículos con su propia fuente de poder; y otros que son controlados remotamente desde la superficie. Aunque esto no es una prueba, estos son seis tipos básicos de ROV:

1). RESTRINGIDO, FLOTANTE.

Este tipo constituyen la mayor parte de vehículos ROV. Todos tienen circuito cerrado de televisión por medio de cámaras,

maniobrabilidad en tres dimensiones y son conectados por cables a la superficie ó plataforma desde donde son controlados y a donde envían sus datos y observaciones.

Todos estos vehículos están diseñados para operar sobre el fondo del agua. La mayoría de estos ROV operan con energía recibida de la plataforma, pero hay algunas que operan con baterías que se cargan a bordo. Estos son generalmente ligeros y descansan sobre una vertical al introducirse para descender. Muchos vehículos están equipados con manipuladores mecánicos para desarrollar una variedad de trabajos y para desplegar instrumentos.

Este tipo de vehículo es parte de un sistema que consiste en: Una fuente de poder que depende de un barco ó de un generador especial, una consola de controles que es usada para monitorear las condiciones del vehículo, un sistema de manejo que sumerge y emerge el vehículo y una jaula que es opcional. Recientes variaciones en éstos han tenido que ser añadidas a los flotantes para hacerlos capaces de moverse en tres dimensiones. El manipulador bajo el líquido y a control remoto (RUM III), por ejemplo, opera generalmente jalado, pero puede también operar en el modo Réptil-Fondo (este modo es cuando el vehículo se desplaza con un mecanismo parecido al de un reptil bajo el líquido). El jalado sumergible tripulado (TUMS) opera remolcado, flotado y puede cuando es necesario parar, desarrollar investigaciones detalladas y subir. Opera como el vehículo flotante, con movilidad libre, pero emplean un muelle para sumergirse. La mayoría de éstos están diseñados para operar en profundidades de 100 hasta 10,000 pies.

Una cuadrilla de operación y mantenimiento de uno a diez es requerida, dependiendo de la complejidad del aparato y de la naturaleza del trabajo , pero generalmente con tres será suficiente.

2). REMOLCADO.

A).- FLOTANTE. Este tipo de aparatos son propulados y generalmente reciben su energía de la superficie desde un barco via cable. CCTV (tiempo real ó búsqueda lenta) y sistemas de fotografía son provistas. Están diseñados para operar en niveles medios pero pueden hacer contactos periódicos con el fondo. Los vehículos de esta categoría son generalmente multiinstrumentados y son usados para reconocimiento y trazo de extensas áreas, rescate de mineral, búsqueda , identificación y localización de objetos de interés. La mayoría de éstos están diseñados para operar a profundidades de 20,000 piés.

B).- FONDO - Y ESTRUCTURALMENTE CONFINADO. Propulsión y

energía están controlados desde el barco flotante. Estos vehículos están diseñados para ser remolcados en contacto con el fondo ó son suministrados y en contacto con un conducto. (Estructuralmente confinado). Todos estos vehículos son de un tipo y propósito especial y son usados por un cable ó conducto enterrado.

3). FONDO CONFIABLE.

Todo el poder y control para este tipo de vehículo vienen de la embarcación de sustento. Cámaras CCTV son usadas para observar y documentar el trabajo en progreso. Los vehículos obtienen propulsión de las ruedas ó de la banda de rodamiento en contacto con el fondo. Estas son generalmente grandes, de acción masiva en cualquier superficie, pueden también ajustar su flotabilidad en una condición negativa, positiva ó neutral. Todos están especialmente diseñados para desarrollar una tarea individual, como un conducto/cable para cavar ó surcar, excavaciones del fondo, mantenimiento, inspección, investigación de tierra, extracción de metal por conductos, etc.

4). ESTRUCTURALMENTE CONFIABLE.

Esta categoría de vehículos también obtienen su energía y control desde la superficie. La propulsión es obtenida de ruedas y orugas ó empuje-jale. También hay flotantes para tránsito hacia/desde la estructura. La mayoría tienen cámaras de T.V y todos están diseñados para desarrollar tareas individuales como excavaciones, llenado de tanques de petróleo, limpieza e inspección del casco de un buque, sistemas de producción submarina (SPS), mantenimiento, e inspección.

5). NO RESTRINGIDO (AUTONOMO).

Estos vehículos son autoenergizados y operan sin conexión física con la superficie (estas características dan forma al término "AUTONOMO"). La maniobrabilidad es generalmente tridimensional, colecta y almacena información en el vehículo. Ninguno hasta ahora transmite señales de TV a través del líquido a la superficie. Pueden ser operados sin programar horarios ó en algunas instancias pueden recibir cambios de curso y altitud por medio de comandos desde la superficie via señal acústica. Operan en profundidades desde 100 hasta 20,000 pies y su duración sumergido es de 4 a 6 horas aproximadamente.

6). HYBRIDO.

Los vehículos híbridos son relativamente recientes y su operación es nueva en este campo de uso submarino. Constituyen una combinación de los ROV que son remotamente operados ó también pueden ser operados por un buzo ó piloto. Los trabajos que desarrollan este tipo de vehículos son: excavaciones. (controladas por buzos; guiadas usando vehículos de tipo réptil). Ayuda a buzos (controlada desde el líquido ó desde la superficie). inspección y mantenimiento de estructuras (con piloto y/o controlada desde la superficie, autónomo de libre andanza); anclaje (controlado por buzos ó desde la superficie ó con orugas de réptil).

La primera distinción entre estos grupos es la manera de obtener la energía para operación (MTS 1984). El ROV usualmente estará equipado con una CCTV y será portador de algunos tipos de manipuladores mecánicos. Limpieza de equipos en la superficie, pruebas ant destructivas y otros aparatos han sido operados desde un ROV.

El resto de las partes de este reporte nos enfocará en inspecciones con buzo(s).

Los requerimientos que dicta una misión específica de inspección ó seguridad son costos efectivos, sistemas de seguridad y mucha eficiencia para poder efectuarse.

La inspección con buzos puede ser conducida por un buzo a nado libre con un tanque de oxígeno ó por un buzo suplido de aire desde la superficie.

Las ventajas de usar buzos para la investigación submarina son las siguientes:

- A). Es un sistema versátil y flexible.
- B). Es muy simple y requiere poco equipo, especialmente cuando se usan buzos con tanque en operaciones no muy profundas .
- C). Es relativamente económico, la mayoría de los casos.

Las desventajas de usar buzo(s) en inspecciones bajo líquidos son:

- 1).- El buceo profundo es limitado. Cuando es buceo muy profundo el soporte necesitado (barco, ayuda médica, cámara de descomposición , etc) y número de personal de ayuda incrementan los costos y equipo necesario.
- 2).- El bucear en grandes profundidades y en profundidades no muy lejanas tiene limitaciones de tiempo. Por ejemplo:

el tiempo máximo en una profundidad de 27 m es 30 min.

- 3).- El buzo está limitado por el número de veces que debe bajar, aún en profundidades moderadas. Esto es especialmente cuando son profundidades mayores a los 30 m aproximadamente.
- 4).- El tacto, visión, audición y percepciones naturales del buzo son diferentes bajo el agua que en la superficie. Por lo tanto, es susceptible que cometa errores en observaciones y anotaciones de datos.
- 5).- Las frías temperaturas decrecientan la habilidad de concentración del buzo, consecuentemente; la observación del total de la información de la situación bajo el líquido es raramente observada ó es retenida.

III.3 EQUIPO DE INSPECCION.

Cada agencia debe valorar sus propios requerimientos para su inspección bajo líquidos antes de seleccionar un método para desarrollar esa inspección. Los tres métodos con práctica que existen son:

- Contratar buzos.
- Equipo de buzos.
- Combinación de buzos de casa y contratados.

Los niveles de inspección y los equipos para inspección submarina difieren entre las agencias. Un factor que determina si se utiliza personal de la agencia ó contratado es el tamaño que tenga la estructura bajo el líquido. Algunas guardias costeras han entrenado a sus propios equipos submarinos para rutinas y trabajos de emergencia.

De acuerdo con Lambertson et al (1981), las ventajas de contratos para toda la inspección:

- a). Eliminar la necesidad de reclutar, entrenar y mantener equipos de buceo.
- b). Reduce la posibilidad de que el equipo comience a fallar cuando no están activamente en operaciones de buceo.
- c). Da la oportunidad de especificar un rango de trabajo, calificación, equipamiento, etc; en cada contrato.
- d). Eliminación del problema de asociar a otro trabajo a los buzos.

Las desventajas de los contratos para inspecciones bajo líquidos son:

- a). Inhabilidad para responder rápidamente a las situaciones de emergencia.
- b). Problemas asociados con órdenes por servicios ingenieriles.
- c). Asignamiento de la responsabilidad final para el reporte de inspección ingenieril.

Las ventajas de usar equipos de buzos de casa son:

- a). Control total de la inspección.
- b). Habilidad para entrenar inspectores en problemas específicos de diseño, construcción y materiales.
- c). Uso de equipo propio para inspección de construcciones.
- d). Acumulación de experiencia y conocimientos adquiridos en las diversas etapas de inspecciones.

Las desventajas de usar equipos de buzos de casa son:

- a). Posibilidad de un equipo de buceo no necesario en algunos casos (inútil).
- b). La necesidad de alternar buzos en tareas diferentes cuando el personal no está calificado.
- c). Conflictos con los horarios de buceo e inspección así como de su duración entre los trabajadores.

Tal vez la mejor situación existe cuando una agencia ha limitado sus inspecciones de rutina, construcción y de emergencia con el respaldo de contratos adicionales de buceo. En algunos casos las agencias de buzos trabajan con contratos directos con sus buzos.

IV. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

En la evaluación de los métodos de construcción se ha hecho patente que la resistencia a la compresión del concreto colocado bajo el agua puede darse por segura.

El procedimiento que produce la máxima resistencia a la compresión es en promedio el método del tubo-tremie, mientras que los métodos de la hidroválvula y de bombeo dan valores más bajos, que quizá se originan en el hecho de que con tales procedimientos se usa un concreto más rígido, que por lo tanto, fluye más difícilmente, dando lugar a la aparición de huecos en el concreto.

Con cada uno de los tres primeros procedimientos mencionados puede evitarse la segregación de la mezcla de concreto. En el caso del procedimiento del cubo, esto no ocurre, pero aún se alcanza una resistencia suficiente. El método del cubo produce diez veces más segregación del agregado que los tres métodos antes mencionados.

Desde el punto de vista de la resistencia en el que se obtiene la más baja es en el concreto con agregado precolado.

La uniformidad de la superficie depende tan sólo de la consistencia del concreto y del procedimiento de construcción. En un tramo de 50 cm se produce más o menos una pendiente de 1:5. Así es que la uniformidad de la superficie sólo depende de la separación entre los puntos de alimentación. De esto se puede concluir que la mayor uniformidad de la superficie se alcanza con el procedimiento de la hidroválvula ó bien con el procedimiento de los cubos.

Una comparación de los métodos más frecuentes (los métodos del tubo-tremie, de bombeo y de los cubos) conduce a afirmar que el costo por metro cúbico, en lo que respecta a la preparación, maquinaria y personal, es más bajo cuando se usan los métodos del tubo-tremie y el de los cubos. Al aumentar el volumen de concreto se abaten rápidamente los costos por metro cúbico. En cuanto al método de bombeo, los costos resultan más altos y varía poco (por metro cúbico) si se aumenta el volumen total. Los costos de construcción si se utiliza este método, son (digamos, para un volumen de 6000 m³ de concreto) aproximadamente el doble que los costos generados al usar los dos primeros métodos. Si entran en consideración también los costos propiamente dichos del concreto (material), la diferencia de los costos es tan sólo de un 12% aproximadamente.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

IV.1 ALTERNATIVA ENTRE TOLVA Y CUCHARÓN.

La selección del vaciado por tolva o cucharón generalmente depende del factor económico, del personal y equipo disponibles. El vaciado por cucharón es más lento; por lo tanto, para obras grandes, se prefiere generalmente la tolva. Esta también es preferible cuando existen obstáculos bajo los líquidos. Los cucharones son más prácticos para vaciado de escaso espesor ó para trabajos cuya superficie debe quedar emparejada, también son útiles para el manejo de pequeños volúmenes de concreto, por ejemplo; en el vaciado de cilindros; pero si se trata de una obra pequeña en la que hay una cierta repetición del trabajo, a menudo resulta más económico equipar una tolva, que emplear un cucharón con descarga en la parte inferior, cuyo costo es elevado. La característica de intermitencia del trabajo con el cucharón y la manera en que se realiza el vaciado mediante determinado número de descargas aisladas expone una mayor cantidad de concreto al riesgo de deslave local y a que absorba sedimentos ó pierda cemento; todo lo cual es mucho menos probable, si el trabajo se efectúa debidamente por medio de tolva. Sin embargo, puede ocurrir que estos inconvenientes resulten insignificantes hasta cierto punto, y aceptables en relación con el volumen total de la obra. El vaciado del concreto por medio de la tolva resulta más homogéneo y mejor terminado, pero por otra parte, el efecto de descarga con cucharón mal efectuada resulta menos desastrosa que la ruptura de uno sólo de los sellos en el tubo de una tolva.

IV.2 CONCRETO CON AGREGADO PRECOLADO.

VENTAJAS.

- a).- Fácil colocación del armado desde arriba.
- b).- Método de trabajo sencillo y continuo, ya que para inyectar la lechada sólo hay que preparar y encargarse del mortero.
- c).- Poco espacio necesario debido a que la lechada puede llevarse directamente a la cimbra.

DESVENTAJAS.

- a).- Baja resistencia del concreto.
- b).- Mayor porosidad, pues los huecos no se llenarán completa y uniformemente y,
- c).- El procedimiento es costoso.

En la preparación de la lechada de mortero para inyectar existen por regla general dos procedimientos:

- 1).- Mortero Pretratado. Consiste en un mortero muy fluido, al cual después de añadirle un aditivo especial "incluser de aire", se mezcla intensamente. Este aditivo tiene el efecto de espesar un tanto el mortero, lo que evitará que se desincorpore con facilidad.
- 2).- Mortero Fluido. Se premezcla a un número elevado de revoluciones (de 1500 a 2500 por minuto) un cemento de composición específica, después de lo cual, en una segunda fase se mezcla con arena. Esta modalidad de mezcla conforma un mortero más estable con propiedades de fluidéz satisfactorias.

V. CONCLUSIONES.

Dado que los conocimientos en el área del concreto bajo líquidos no son del todo satisfactorios y que en años recientes se ha incrementado más su uso, se han llevado a cabo estudios tanto de la literatura existente sobre el tema así como de experiencias prácticas con resultados muy favorables. Se ha llegado a la conclusión que resulta impracticable vaciar concreto con trabajabilidad adecuada a la compactación por medio de vibración, y aún más, el uso y control de vibradores es difícil ó por ahora imposible bajo líquidos.

Cualquiera que sea el método de vaciado que se use, es menester contar con un alto grado de manejabilidad, para que el concreto se distribuya y compacte con el mínimo de intervención humana.

Otro de los fines que deben lograrse al vaciar concreto bajo líquidos mediante cualquier procedimiento, es mantener la mayor cantidad de éste fuera del contacto directo con el líquido durante el vaciado y evitar cualquier movimiento rápido ó de agitación de las superficies expuestas, esto depende en gran medida de la suficiente manejabilidad que tenga el concreto, como ya se mencionó anteriormente, para que así pueda ser alimentado hacia el centro de la masa de concreto ya vaciada, de manera tal que éste se mantenga en movimiento, bajo la presión del concreto que está entrando.

En lo que se refiere a la revisión y mantenimiento de estructuras de concreto bajo líquidos, después de que se ha trabajado con tanto ahínco en tratar de eliminar al buzo, se vuelve a él al descubrirse que gracias a los avances de la tecnología del buceo la efectividad y rapidéz del trabajo bajo el agua a profundidades importantes efectuado actualmente por técnicos buzos especializados, es un factor decisivo en cualquier operación.

En casos de vaciados de concretos muy reducidos (confinados), es muy conveniente contar con la cooperación de un buzo aún cuando el mecanismo de operación sea automático, por ejemplo en el caso de vaciado con los cucharones.

Por último, se puede decir que los procedimientos vistos permiten resolver problemas en obras marítimas, hidráulicas, fluviales y terrestres (construcción del muro Milán), con equipos ligeros y portátiles y una inversión adecuada, utilizando al máximo los materiales que la naturaleza ofrece casi gratuitamente en los lugares de las obras, como son el agua, la arena y la grava; aprovechando también la mano de obra local ya que se requieren de pocos técnicos calificados.

BIBLIOGRAFIA.

- REVISTA IMCYC, Vol. XI, No. 63, Julio-Agosto 1973
- REVISTA IMCYC, Vol. XVI, No. 95, Nov.-Dic. 1978
- CONCRETE SEA STRUCTURES
Paul V. Maxwell-Cook
Federation International Precontrainte
Londres, 1969
- INSPECTION OF THE ENGINEERING CONDITION OF UNDER WATER
CONCRETE STRUCTURES
Popovics Sandor
University Philadelphia
Willy E. Mc. Donald
- BOLETIN DEL CEMENTO PORTLAND
Publicación del Instituto del Cemento Portland Argentino
Boletín No. 141, Mayo- Junio 1991
- SYMPOSIUM OF CONCRETE CONSTRUCTION IN AQUEOUS ENVIRONMENTS
Mayo de 1965
- "PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION PESADA" CONCRETO
Ing. Rafael Aburto Valdés
Facultad de Ingeniería, UNAM
- CONCRETE IN MARINE ENVIRONMENTS
Journal Of The American Concrete Institute
No. 10, Vol. 29, Abril de 1958
- UNDERWATER TRANSPORTING OF CONCRETE WITH THE HIDRO-VALVE
Louis C. Schoewert and Henri F. Hillen
ACI Journal, September 1972