

48
24.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLÁN"**

"EFECTOS DEL BOMBEO EN EL CONCRETO"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTA:
Nicolás Rodrigo Salgado Ortiz

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Santa Cruz Acatlán, Estado de México

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

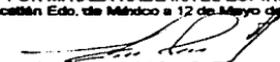
SR. NICOLAS RODRIGO SALGADO ORTIZ.
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.
PRESENTE.

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha de 19 de Septiembre de 1995, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa tuvo a bien asignarle el siguiente tema de trabajo profesional titulado "EFECTOS DE BOMBEO EN EL CONCRETO", el cual se desarrollará como sigue:

- INTRODUCCIÓN.
- I. GENERALIDADES.
 - II. CONSIDERACIONES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA ANTES Y/O DURANTE LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO.
 - III. ANÁLISIS DE EFECTOS CAUSADOS POR LA TUBERÍA.
 - IV. COMPARATIVA ENTRE CONCRETO PREMEZCLADO BOMBEO Y CONCRETO PREMEZCLADO COLOCADO POR OTROS MÉTODOS.
- CONCLUSIONES.

Así mismo fue designado como asesor de tesis el ING. HECTOR ARCE PAZ Ruedo a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares del trabajo profesional, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá publicarse en el interior del trabajo profesional.

ATENTAMENTE.
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Acatlán Edo. de México a 12 de Mayo de 1997


Ing. Enrique del Castillo Fragozo
Jefe del Programa de Ingeniería Civil



PROGRAMA DE INGENIERÍA

**A Dios y la Virgen de Guadalupe,
como lo más grande de todo lo existente**

**A mis queridos padres NICOLÁS Y PIEDAD
mi admiración y cariño por todo su apoyo,
consejos y comprensión hoy y siempre**

**Carifosamente para mis hermanos
JESÚS Y LAURA.**

**LUPITA Y CHUCHITO, espero sea un
pequeño ejemplo para su futura superación**

**Un recuerdo a mis abuelitos: Angela (+),
Guadalupe (+), Gonzalo (+) y Espiridión (+)**

**SILVIA (Risueña), por tu cariño
y tu gran apoyo en los momentos difíciles.
Gracias**

**Con mucho respeto para Braulio S. G. y
Fausto T. Ch., siempre un ejemplo a seguir**

A mis grandes amigos Abel, Ernesto, del CCH y ENEP

**A la UNAM, con profundo agradecimiento
y cariño**

**A los Ingenieros: Felipe Gómez Sánchez,
Fernando Díaz Salazar y Fernando Cháves;
por su gran apoyo en la realización del presente trabajo**

**A mi asesor Ingeniero Héctor Arce Paz,
por sus consejos y orientación**

**A todas las personas que directa o indirectamente
colaboraron con este trabajo**

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
GENERALIDADES	2
I.1. El concreto hidráulico, conceptos y antecedentes	2
I.2. Plantas de concreto premezclado (historia y desarrollo)	5
I.3. Métodos de colocación de concreto y su aplicabilidad	12
I.3.1. Botesado	12
I.3.2. Por carretilla	12
I.3.3. Por volteo	13
I.3.4. Canalón	14
I.3.5. Por bandas	15
I.3.6. Tolva móvil	24
I.3.7. Bombeado	26
I.3.8. Tubo Embudo (Trempe)	32
I.4. Ventajas y desventajas	35
CAPÍTULO II	
CONSIDERACIONES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA ANTES Y/O DURANTE LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO	38
II.1. Resistencia y características del concreto	38
II.1.1. Revenimiento	38
II.1.2. Peso volumétrico	41
II.1.3. Contenido de aire	42
II.2. Tiempos	43
II.3. Costos	44
II.4. Mano de obra	46
II.5. Equipo	47
II.5.1. Bombas (concreto bombeado)	47
II.5.2. Tipos de bombas para concreto	48
II.5.3. Diámetros de tuberías	50
II.5.4. Potencias	54
II.5.5. Accesorios	57
II.6. Equipo auxiliar (pala, vibrador, escantillón, cucharas, etc.)	57
II.7. Fenómenos relativos a la colocación	69
II.7.1. Segregación	69
II.7.2. Temperatura ambiente	71
II.7.3. Sangrado	79
II.7.4. Homogeneidad	80
II.8. Problemas derivados de la colocación	80

CAPÍTULO III	
ANÁLISIS DE EFECTOS CAUSADOS POR LA TUBERÍA	81
III.1. Pérdidas por fricción	81
III.2. Desperdicios (bomba y otros métodos.)	86
III.3. Muestras para pruebas de resistencia (comparativa.)	87
III.3.1. A pie de revoladora	89
III.3.2. A la descarga de la tubería	98
III.3.3. Resultados	102
CAPÍTULO IV	
COMPARATIVA ENTRE CONCRETO PREMEZCLADO BOMBEO Y CONCRETO PREMEZCLADO COLOCADO POR OTROS MÉTODOS	131
IV.1. Tiempos de colado de cada uno de los métodos	131
IV.2. Costo total de colocación	138
CONCLUSIONES	132
GLOSARIO	143
BIBLIOGRAFÍA Y HEMEROGRAFÍA	147

INTRODUCCIÓN

En México a partir de los comienzos de la segunda década del siglo veinte, existe la necesidad de construir en forma rápida, eficaz y económica; esto trae consigo la búsqueda de métodos que satisfagan los requerimientos anteriores.

Universalmente, a través de los siglos, se ha tratado de mejorar la forma de construir. Se tiene conocimiento que una de las primeras formas de edificar, de manera más resistente, es por medio del adobe; el empleo de cementantes, se halla en la construcción de los acueductos romanos de la Via Apia, Roma, hace más de 23 siglos.

Durante mucho tiempo, la gente especializada en el ramo de la construcción investigó diferentes formas hasta llegar al concreto, que hasta la fecha ha conseguido un gran éxito.

El presente trabajo tiene la finalidad de dar a conocer un panorama acerca del surgimiento de las plantas premezcladoras (breve historia), así como de analizar efectos y reparaciones en el momento de aplicar algunos métodos de colocación.

En los siguientes cuatro capítulos, se darán a conocer algunos aspectos importantes con respecto al bombeo del concreto.

También se hace referencia de diferentes métodos de colocación del concreto premezclado, comparando las ventajas y desventajas de cada uno, pues conocemos actualmente que un factor importante para conformar la estructura de la mayoría de las edificaciones es el concreto.

La elaboración de este trabajo, se basa en algunas normas del **ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)**, como la norma **ACI-304 "Colocación del concreto por bombeo"**, sólo por citar alguna.

Se definen algunas características específicas en un concreto (veramiento, peso volumétrico y contenido de aire), así como un panorama general de lo que conlleva al bombeo del concreto premezclado, el cual desde 1950 ha progresado en cuanto a tecnología. También, se toman en cuenta fenómenos relativos al sangrado, temperatura ambiente y segregación.

Se realiza un análisis por medios teóricos para definir si la tubería de la bomba tiene efectos de pérdida de agua o alguna otra repercusión en el producto.

Se efectúan pruebas de compresión en muestras cilíndricas, para saber que tanto varía la resistencia, al salir del cañón revolvera a la bomba y de la línea de conducción (tubería).

Por último se elabora una comparativa en cuanto a tiempos de colocación y su costo.

CAPÍTULO I.

I. GENERALIDADES

I.1. El concreto hidráulico, conceptos y antecedentes

El concreto es un material pétreo; producto de la mezcla de cemento, agregados inertes (gravas y arenas) y agua, dicha mezcla se endurece después de cierto tiempo. Todos los anteriores, cuando son bien dosificados y homogenizados, conforman una masa plástica que puede ser moldeada en forma predeterminada y convertirse en una piedra artificial, resistente y durable.

El concreto está sujeto a la influencia de numerosas variables. Dependiendo de estas, las características de cada uno de los ingredientes de la mezcla, pueden ocasionar variaciones en su resistencia.

El concreto simple sin refuerzo, es resistente solo a la compresión, pero débil en tensión, esto limita su aplicabilidad como material estructural. Para resistir tensiones, se emplea acero de refuerzo, generalmente en forma de barras (varillas) colocadas en las zonas donde se prevé se desarrollaran tensiones, bajo las solicitaciones de servicio.

Los elementos que componen el concreto se dividen en dos grupos: **ACTIVOS** e **INERTES**. Son **ACTIVOS**, el agua y el cemento, a cuya cuenta corre la reacción química por medio de la cual, esa mezcla llamada "*lechada*" se endurece (fragua) hasta alcanzar un estado de gran solidez.

Los elementos **INERTES** (agregados) son la grava y la arena, cuyo papel fundamental es formar el "*esqueleto*" del concreto, ocupando gran parte del volumen del producto final, con lo cual se logra abaratarlo y disminuir notablemente los efectos de la reacción química del fraguado: la elevación de la temperatura y la contracción de la "*lechada*" al endurecerse.

Las proporciones en que se mezclan los distintos componentes, varían de acuerdo con la granulometría de los agregados y con la resistencia final deseada; sin embargo, los siguientes valores en por ciento de volumen dan, una idea aproximada:

Agregados	75%
Cemento	10%
Agua	15%

El agua que entra en combinación química con el cemento es aproximadamente el 33% de su cantidad total y esa fracción disminuye con la resistencia del concreto.

ANTECEDENTES

El empleo de los cementantes en la construcción, se remonta hasta los orígenes mismos de la historia, apareciendo ya en los primeros pueblos sedentarios.

Al investigar sobre la edad histórica del concreto, la mayoría de los concedores, no le concede mayor antigüedad de lo que va de este siglo.

Hay expertos que sitúan su origen entre 1880 y 1900, los menos recuerdan el "*Cementum*" de los romanos, quienes lo habían adoptado de los etruscos, donde recibía el nombre de "*Emplion*". Otros más le atribuyen una edad de 2200 años.

Sin embargo, no hay duda el concreto es el elemento artificial de construcción más antiguo del cual se tiene noticia. Nadie sospechaba la existencia del concreto de la edad de piedra. El arqueólogo yugoslavo Prof. Dr. Dragoslav, quien visitó en 1985 la conocida zona arqueológica de la riberita derecha del Río Danubio, ante las "Puertas de Hierro" (marcan el límite entre Yugoslavia y Rumania, atravesando los Alpes de Transilvania), bajo el manto de piedra caliza Korzo-Brdo, donde descubrió nueve horizontes culturales que como páginas de un libro, podían leerse de nuevo.

Según los jeroglíficos descifrados, entre 5600 y 5000 a.C. había un viva lo allí hombres y se asentaron en una zona, cuyas calles de trazo definido más tarde empedraron.

Los arqueólogos exploraron los estratos, los resultados coincidían: Tapenski Vaz II, nombre dado al estrato más antiguo de ellos, con una edad de 7600 años. La verdadera sensación, la causaron los suelos de las chozas: una vez concluida la cimentación de la casa con piedras, el mortero hecho con una mezcla a base de cal roja¹, arena, grava y agua, se distribuía por el suelo, dándole un espesor de 5 centímetros en las orillas y hasta 25 centímetros en el centro. Análisis de laboratorio revelan que el material empleado era termorresistente, es decir, había sido cocido.

Los antiguos edificios egipcios, hechos con tabiques de adobe, se pintaban con capas de lodo del Nilo, mezclado con paja, lo cual puede considerarse el cementante más simple, los sumeros, asirios y babilonios usaron en sus construcciones tabiques recocidos, pintados con betún asfáltico.

Los primeros en emplear la cal como cementante, fueron las antiguas civilizaciones de la isla de Creta, Grecia. De allí, su uso se difundió a toda Grecia y los romanos. Estos pueblos, empleaban la cal en forma de morteros (mezcla con arena y agua), que obtenían al hidratar la cal viva.

¹ Que los habitantes del lugar obtenían a unos 100mts. Rio arriba.

El uso extensivo de estos, los lleva a descubrir la existencia de algunas arenas de origen volcánico, las cuales finamente molidas y mezcladas con cal hidratada, no solo producían morteros más firmes, sino inclusive, resistían la acción de las aguas dulces y marinas.

Los griegos encontraron en la isla de Thera ahora Santorini, Grecia, una toba volcánica que fue muy empleada por las razones ya mencionadas. Los romanos encontraron en la Bahía de Nápoles, Róma, una arena volcánica del Vesúvio, conocida como Pozzolana.

Cuando no encontraban a la mano arenas volcánicas, recurrían a tabiques o cerámicas, producto de arcillas cocidas, la cual molida y mezclada con cal, proporcionaba efectos similares. Los romanos, no solo emplearon esta mezcla como aglomerante en multitud de construcciones de tabiques y maestronerías, sino con ella también, fabricaron verdaderas piedras artificiales o "concreto romano"².

Ejemplos de construcciones realizadas con este "concreto" la Basílica de Constantino y el Panteón Romano, este último tiene muros colados de 6-10 metros de ancho y su cúpula de 43-50 mts. de claro; lo anterior, se logró vaciando en estado semifluido, una mezcla de este concreto sobre formas de madera.

Los orígenes del concreto hasta la actualidad, se remontan hasta el año de 1756 cuando John Smeaton usó un sistema tal que logró un conjunto de gran resistencia. Junto las piedras una con otra, en cuanto a los cuenteros y material de unión, utilizó la marza³ calcinada (cal viva), arcilla, arena y escoria de hierro en polvo, para la construcción del Faro de Eddystone, siendo este el primero donde se empleó el concreto.

Las primeras aplicaciones del concreto fueron hechas por el francés Joseph Monier en 1845, a quien se le atribuye el invento del concreto armado. Estas aplicaciones, las hizo en la construcción de cajas de concreto armado para utilizarlas en floricultura y jardinería.

Joseph-Louis Lambot, confeccionó en 1849 una barca que puso a flote en el mismo año y la nombró "Bateau-Ciment". El 30 de enero la patentó y obtuvo un éxito considerable, primer antecedente del ferrocemento.

La idea de confinar a los elementos un sistema estático con funciones de resistencia diferentes, había sido aplicado desde hacía siglos. Dan testimonio de esto, las uniones arco-cadena de las arquitecturas bizantina, musulmana, gótica, renacentista y barroca.

² Encontrada en las cercanías de Pozzoli.

³ Lo hacían con la mezcla última de tabiques quebrados o tobas volcánicas, pozzolana y cal hidratada.

⁴ Roca sedimentaria gris amarilla y también negra, es una mezcla de arcilla y carbonato de calcio (tracita), finamente repartida en proporción variable.

En 1853 F. Coignet, había construido una casa de concreto armado, usando este, solo como material para templar a la piedra. En 1861 el mismo expresó los principios del concreto armado y propuso diversos modos de aplicación para la construcción de bóvedas, bóvedas, tubos, puentes, etc. en una obra que publicó.

El año de 1878, las patentes de invención del sistema Monier, fueron adquiridas por una casa alemana, la Sociedad G.A. Wayss et Cie de Berlín, que más tarde se llamó "Actien-Gesellschaft für Beton und Mauerbau".

Al aplicar el sistema Monier esta empresa tuvo experiencias que mostraron las ventajas de la nueva combinación de materiales y al mismo tiempo fijaron los principios a seguir en su aplicación. Esa fue una fase decisiva en la historia del concreto armado y desde entonces este ha extendido día a día su campo de aplicación. Inmediatamente después de ello, en el año 1890 se construyeron los primeros puentes bajo el sistema Monier.

Al finalizar el siglo XIX, antes de generalizarse el empleo del acero de refuerzo, era usual colocar mezclas de concreto bastante secas.

Al comenzar el siglo XX con el uso ya generalizado del acero de refuerzo, se cambió al empleo de mezclas muy fluidas. Los primeros constructores de concreto armado, no fueron técnicos, muchos de ellos no tenían ni idea de la estabilidad de las construcciones.

Corresponde a los alemanes el desarrollo del sistema Monier. Koenen y Wayss fueron a conocer en 1886-1887 fórmulas aplicadas considerablemente al empleo y desarrollo del sistema, estas eran empíricas y no trataban de explicar los diferentes papeles del acero y del concreto en la resistencia del concreto armado.

En el año 1892 se vieron surgir dos nuevos sistemas. F. Hennebique y Edmond Coignet hicieron patentar casi simultáneamente sus tipos de vigas de concreto armado. La viga conocida hasta nuestros días data de 1889.

Hacia 1894, F. Hennebique estudió y realizó la mensula, los tanques y pilotes. hasta 1895, las columnas entre 1896 y 1897 cuando construye el primer puente de concreto armado en arco.

En 1904 apareció el primer cuerpo de especificaciones para el concreto, sin embargo, fue hasta la tercera década del siglo XX cuando se mostró el principio de la relación agua-cemento, se implantó el mezclado mecánico y se encontraron las ventajas que resultan cuando los agregados se clasifican en tamaños distintos, elaborando mezclas de consistencias más apropiadas para los diferentes sistemas de construcción, manejo, colocación y consolidación.

1.2. Plantas de concreto premezclado (Historia y Desarrollo)

El concreto premezclado es producido a nivel industrial en una planta central en vez de dosificarse en la obra para su posterior distribución, con la tecnología más avanzada, en el las

propiedades de sus componentes y del producto terminado están cuidadosamente controladas, ofreciendo así numerosas ventajas en comparación con el método ortodoxo de elaboración.

Este tipo de concreto es de particular utilidad en otros conglomerados, y en la construcción de carreteras donde suele haber poco espacio para una planta mezcladora o para tener almacenadas grandes cantidades de agregado, pero quizá la ventaja más importante de este producto, sea que se puede manejar en mejores condiciones de control que las normales en obras de menor tamaño.

En los albores de la historia de la producción del premezclado en Estados Unidos en 1913, la planta de concreto era generalmente una estructura de varios pisos, a nivel del suelo, se hallaba el tanque de carga del camión mezclador de concreto arriba el piso de dosificaciones, y en la más alta, la tolva de retención del agregado, la cual formaba el techo del edificio.

En el primer piso, bajo la basecula, había una camileta de descarga que llevaba los agregados dosificados hasta el interior del camión. El cemento era vaciado a mano, de los costales a una escotilla en la parte superior de la olla horizontal de este. La anterior, es el modelo como

PLANTA PARA MEZCLADO EN TRANSITO.

Los agregados finos y gruesos se apilaban de forma separada, por medio de grúas, en sitios cercanos a la planta y se depositaban en las tolvas de almacenamiento.

Esta industria, nacida en Estados Unidos, tuvo su origen en las múltiples ventajas que representaba para los constructores, tener a su disposición compañías dedicadas a la producción masiva de concreto. En 1913, se entregó por primera vez concreto premezclado en la ciudad de Baltimore, transportado por medio de camiones de volteo.

A partir de entonces, el desarrollo en los Estados Unidos, fue constante, se estudiaron nuevas técnicas, no solo en lo referente al concreto en sí, sino en todo lo relacionado con su producción.

Fue hasta la cuarta década del siglo XX, debido a que todavía se desconocían muchas propiedades del concreto, cuando se diseñaron equipos de gran magnitud, por ejemplo, se construyó una máquina para pruebas de compresión con capacidad de 1800 toneladas, para probar cilindros de 95 cms. de diámetro como máximo. También, se crearon equipos para determinar el calor específico, la conductividad, difusibilidad³ y dilatación térmica.

La industria del concreto premezclado hizo sus primeros intentos en México en 1940, con la iniciación de labores de la empresa Concretos Arvide S.A., que por todo el campo contaba con una planta de mezclado central y camiones de volteo para transportar el concreto premezclado.

Para 1961 la industria del concreto premezclado, tal como se conoce en la actualidad, comenzó a operar con la empresa **CONCRETOS PREMEZCLADOS DE MIXCOAC, S.A. DE C.V.**

³ Se le llama así, al efecto de los materiales, al extenderse y distribuirse (en este caso, en el concreto).

El desarrollo extraordinario en la industria de la construcción, ha propiciado la expansión acelerada de la industria del concreto premezclado, haciendo que en sus primeros 19 años (1969), se contara con 17 empresas establecidas en 27 ciudades de la República Mexicana, habiendo alcanzado en el mismo año, solo en la ciudad de México, una producción superior a los 2'000.000 de metros cúbicos.

Este crecimiento sin precedente, está apoyado indubitablemente en la confianza que tienen los constructores en el concreto premezclado, este se lleva a cabo y lo ha efectuado la *ASOCIACION MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO, A.C.* (AMICOPAC), antes *ASOCIACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE CONCRETO PREMEZCLADO, A.C.* (ANPCOPAC).

La anterior, fue creada el 19 de mayo de 1958, iniciando actividades en septiembre del mismo año, con el fin de controlar la calidad uniforme de la producción de cada una de las plantas, así como verificar la calidad del concreto en las obras.

Para promover la utilización del concreto premezclado, la asociación recien formada pensó, con criterio técnico, en instalar un laboratorio que verificara y controlara en cualquier momento, el concreto producido por las empresas establecidas, así como establecer normas de producción saludables para estas.

La industria del concreto premezclado inició sus operaciones tratando con plantas profesionales que justificaban por peso y contaban con el mezclador de planta, más con esto se introdujo el cañon revolvedora, resolviendo la problemática de transportar el concreto a mayores distancias, sin alterar sus propiedades (fotos 1 y 2).

La revolvedora del cañon, utilizada como agitador durante el trayecto así como los mecanismos de descarga, complementaron la operación requerida para la centralización de la producción de concreto.

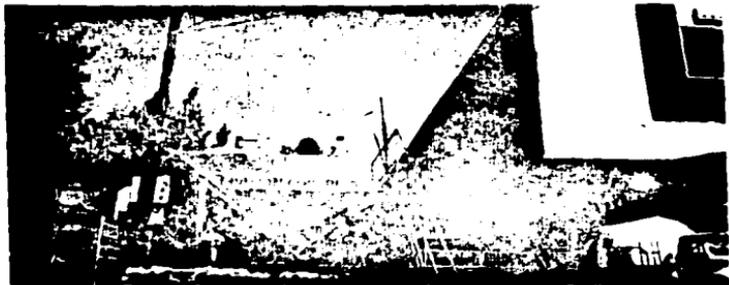
Los muchos constructores que aparecieron debido al número de obras cada vez mayor, se quitaban así una responsabilidad. De esta manera, la base de comercialización se inició para garantizar la resistencia a la compresión del concreto y no por la de asegurar un determinado consumo de cemento.

A diferencia de otros países altamente desarrollados en el mundo en donde la industria se inició por los productores de agregados, los cuales al conocer la existencia de los cañones revolvedores, tuvieron la idea de preguntar a las obras que cantidad de cemento deseaban que se le pusiera al concreto y mandarlo a sus instalaciones, mezclándolo en el vehículo, aumentando con ello un valor agregado a su comercio, sin prácticamente ninguna especificación técnica, pero su sentido comercial muy agudo, a tal grado, que es curioso ver hoy en día a estos países del ejemplo, en los cuales la tecnología del concreto es de las más avanzadas del mundo.

Hay aun porcentajes importantes de operaciones comerciales que marcan una herencia ancestral de la práctica original de comercialización, por consumo de cemento.



1



2

Foto 1 Vista lateral de una planta dosificadora de concreto en la actualidad
Foto 2 Vista frontal de una tolva "el barco" receptora de agregados

La falta de una adecuada comercialización en los países de la industria del concreto en México, ha marcado, también una herencia ancestral en el sentido inverso de los países del ejemplo anterior, esto marca dos extremos: el desarrollo de nuestros medios industriales, al compararse al del viejo mundo es en el momento y que son:

- Una base comercial "sólida" en materia de condiciones, importantemente en la técnica.
- Una base técnica "sólida" en materia de condiciones, importantemente en la técnica.

Para establecer contratos de compraventa, elaborados por un comité de normalización, donde participaron elementos de la industria del concreto premezclado, laboratorios independientes, universidades, instituciones privadas de investigación y dependencias gubernamentales, se crearon normas de producción, viables para la industria. Este comité, toma en cuenta las normas del ASTM, pero sobre todo, se basa en la experiencia de los técnicos mexicanos, así como en las condiciones locales.

El crecimiento de la Industria del Concreto Premezclado hizo necesario el crecimiento de un laboratorio de pruebas, contando con seis máquinas hidráulicas eléctricas, dos de ellas "Universal", para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto y a la tensión y doblado del acero de refuerzo, además con 21 equipos de muestreo, con 1800 moldes para la fabricación de los especímenes de ensayo, seis equipos para el cabeceo de los cilindros, ocho columnas huecas para curar adecuadamente las muestras y ocho camiones que permiten desarrollar la labor de muestreo, de manera satisfactoria.

En el año de 1969 la industria del concreto premezclado, establecida en la ciudad de México, trabajó con un coeficiente de variación promedio del 17%, habiéndose entregado una resistencia del concreto promedio superior en 18% a la solicitada.

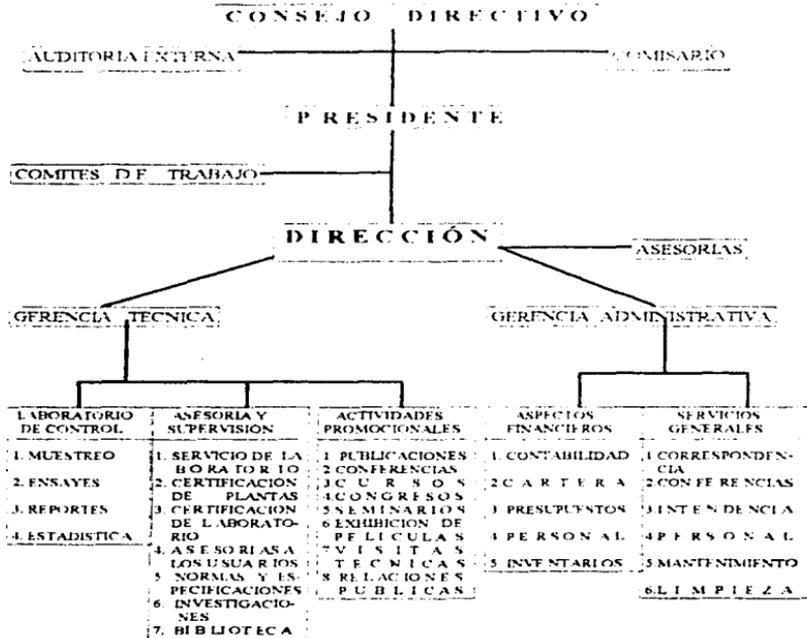
La **ASOCIACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE CONCRETO PREMEZCLADO A.C.** es administrada por una junta directiva compuesta por presidente, secretario, tesorero, comisario, vocales y sus respectivos suplentes.

Cabe destacar al presidente fundador de la asociación, así como al actual, Ing. Fernando Guzmán Frías (1958-1960) e Ing. José Luis Padilla de Alba (1994-1996). Hasta la fecha las funciones de la ANICPAC, a través de su laboratorio central de concreto, se han enfocando primordialmente a controlar la calidad del concreto, empleado en las diferentes obras realizadas.

Para poder alcanzar la meta que se ha propuesto, la ANICPAC ha incrementado sus actividades y modificado su estructura interna (organigrama).

Una de las metas más importantes, es la elaboración de un código AMIC para la fabricación de concreto premezclado, el cual debe ser cumplido por todo aquel productor, diseñado a esta industria y con deseos de ser socio de la asociación, ya que así resulta ser una necesidad para el aseguramiento de la calidad del producto que exige la construcción moderna.

Este código de fabricación, estipula las condiciones mínimas a cumplir por los productores, con el fin de que el producto fabricado y comercializado sea de alta y confiable calidad, de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), ahora Normas Mexicanas (NMX) correspondientes, a continuación se presenta el organigrama de la AMIC PAC:



El código en sus cinco capítulos, aborda los diferentes condiciones mínimas indispensables en cuanto a:

1.-Especificaciones y Evaluación. Define la resistencia del concreto, forma de determinarla y los grados de calidad disponibles.

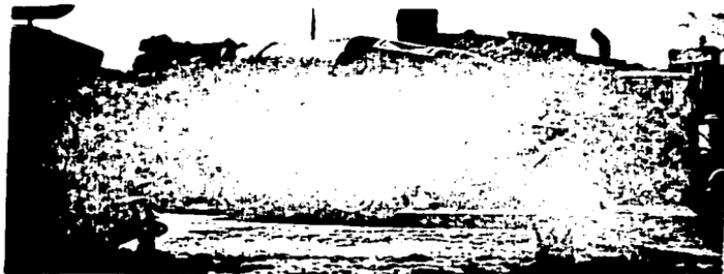
2.-Fabricación. Se enuncian las características mínimas de calidad que las materias primas deben cumplir, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas, las condiciones mínimas que deben cumplir los depósitos y las tolvas en donde se almacenan los diversos materiales, la precisión de las basculas de dosificación y su calibración, las tolerancias y las mezclas del agua y los criterios para considerar el agua de mezclado.

Menciona las características que deben cumplir las unidades mezcladoras.

3.-Personal. Se hace diferencia entre personal de fabricación y el de control de calidad, especificando el conocimiento preciso de las actividades a realizar del primero, habiendo recibido entrenamiento adecuado.

Para el personal de control de calidad, se exige experiencia y capacitación mediante cursos aplicados con regularidad, a fin de reafirmar continuamente los conocimientos enfocando estos hacia las Normas Mexicanas.

4.-Dosificación. De vital importancia es el que se cuente con tablas o tarjetas de dosificación adecuadas al tipo de planta usada (foto 3).



3

Foto 3 El ingeniero debe verificar que la llegada del concreto a la obra sea en condiciones óptimas para obtener una buena calidad de la estructura a colar.

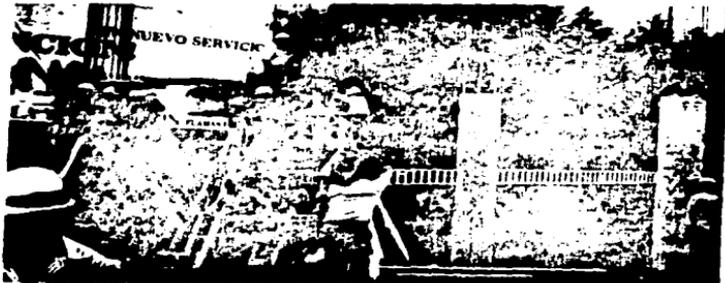
5. Control interno de calidad. Establece la necesidad de un sistema de control interno de calidad, tanto del producto como de las materias primas que la integran, definiendo intensidades de muestreo y otros mínimos.

1.3. Métodos de colocación del concreto y su aplicabilidad

1.3.1. Botado

En realidad no existe una bibliografía que detalle lo referente a este tema. Podemos definirlo como un método rústico, el cual, como su nombre lo dice es transportado en botes, del lugar donde se elabora el concreto (ya sea premezclado o hecho en obra) hasta donde se vacía.

Generalmente se maneja en distancias cortas, ya sea algunos metros o máximo tres pisos de altura, esto debido a que es "acarreado" por peones y su peso es grande, el rendimiento es bajo en lo referente a lo que se puede colocar en m³ por hora (Foto 4).



4

Foto 4 Transporte del concreto por medio de botes "alcoholeros"

1.3.2. Por carretilla.

Las carretillas se utilizan todavía en la actualidad para transportar pequeñas cantidades de concreto a distancias cortas y son especialmente útiles en áreas inaccesibles para otros equipos. En una carretilla se puede acarrear cómodamente una carga alrededor de 0.03 m³ de concreto (30 litros); de manera que se necesitan seis cargas aproximadamente para trasladar la descarga de una mezcladora de 200 litros de capacidad.

Un indicio de la productividad con el empleo de carretillas, es que seis hombres pueden

transportar con ellas alrededor de 2.5 m^3 por hora a una distancia de 70 metros desde la mezcladora hasta el lugar del colado. Rara vez son redituables las trayectorias mayores de 70 metros.

Cuando se emplean carretillas para acarrear concreto premezclado, el tiempo de espera de la olla puede reducirse si se descarga el concreto en una tolva intermedia, de donde puede tomarse después para trasladarlo por medio de este equipo.

El rendimiento y la eficiencia pueden mejorarse acondicionando vías uniformes y bien construidas para las carretillas, evitando así la segregación del concreto durante el transporte; se evitan teniéndolas separadas para los viajes de ida y los de regreso (Foto 5).



5

Foto 5. El transporte con carretilla implica poco volumen a cortas distancias.

1.3.3. Por volteo.

Los camiones de volteo abiertos, ya sean de descarga posterior o lateral, se limitan, por lo general, a transportar concreto pobre. Deben estar provistos de lousas o cubiertas para proteger al concreto de la lluvia, o para evitar la evaporación de la humedad en clima caluroso; las compuertas de descarga deben ajustarse bien.

Cuando los camiones se han empleado para el transporte de otros materiales, deben ser perfectamente lavados antes de utilizarlos para transportar concreto, pues, de lo contrario, puede contaminarse y afectarse su resistencia y durabilidad.

La caja metálica debe tener superficies de contacto lisas, perfiladas y, en general, esta diseñada para descargar el concreto por la parte de atrás, cuando esta volteada. Una puerta de

descarga y vibradores instalados en la caja deben proveerse en el punto de salida, para controlar el flujo. Un agitador ayuda en la descarga y mezcla el concreto al vaciarse. Jamás debe agregarse agua en la caja del camión, por que no se logra nada de mezclado con el agitador.

El uso de cubiertas protectoras para las cajas del camión durante el mal tiempo, la apropiada limpieza de todas las superficies de contacto y caminos de transporte llanos, contribuyen significativamente a la calidad y eficiencia de esta forma de transportación. El lapso de entrega usualmente especificado, es de 30 a 45 minutos, aunque por las condiciones de temperatura pueden, o requieren menos tiempo, o permitir períodos más largos.

1.3.4. Canalón.

Los canalones se emplean con frecuencia para traslado al concreto de elevaciones superiores a interiores. Deben ser de fondo curvo y contrados forrados de metal y tener suficiente capacidad para evitar derrames. La inclinación debe ser constante y suficiente para permitir que el concreto del revestimiento requerido en el sitio, fluya continuamente por el canalón sin segregarse (Foto 6 y 7).

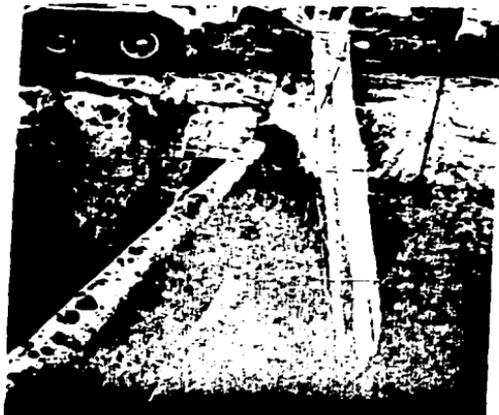


Foto 6 Preparación para colar con canalón

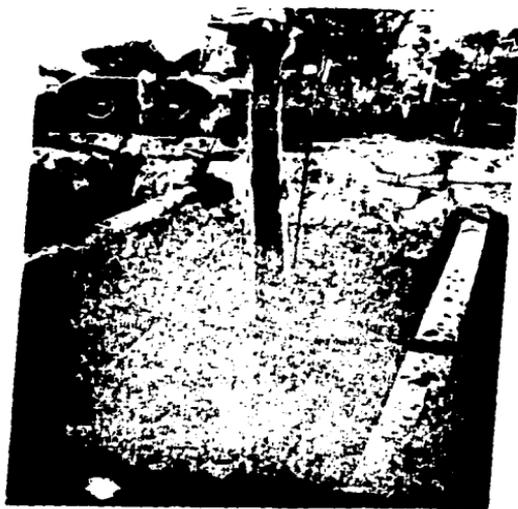


Foto 7 Banda del concreto a través del canal, revenimiento de 10 a 12 cms

Debe controlarse el flujo del concreto en el extremo del canal para evitarse la segregación, los canales demasiado largos y descubiertos deben cubrirse para evitar la evaporación y la pérdida de revenimiento.

1.3.5 Por bandas

Las bandas transportadoras de concreto están diseñadas o modificadas especialmente para transportar este material en estado plástico desde una fuente de suministro hasta las cimbra o otros lugares sin tener que usar equipo adicional, excepto el requerido para la compactación (Foto 8). La colocación del concreto por medio de bandas transportadoras, debe ser una operación continua. Los mejores resultados se obtienen cuando se cuenta con un suministro constante de concreto mezclado adecuadamente para cargar la banda transportadora, así como los dispositivos necesarios para desplazar el punto de descarga durante la colocación, de manera que el concreto en estado plástico pueda ser depositado en toda el área, sin necesidad de traspalearlo o aplicarle demasiada vibración.

Las primeras bandas transportadoras en Norteamérica se utilizaron para mover grano. En la "Mullers Guide" de 1795, se describe el uso de una de estas. Otro dato importante de bandas para transportar material más pesado que el grano proviene apenas del año XIX (1890) cuando se instalaron algunas de estas en una planta transportadora de mineral en el distrito N. J.

Según se sabe, la primera vez que se usaron las bandas transportadoras para el concreto fue en 1929, cuando la *Chubbuck Construction Co.* utilizó una de estas de 12" más de ancho para colocar concreto estructural del puente de la 238ª y 240ª E. en el condado del Bronx, Nueva York. El ancho máximo de la mezcla de concreto tenía un tamaño máximo de 1.5 in.

Entre 1935 y 1944, se utilizaron bandas transportadoras para trasladar el concreto entre la planta mezcladora y un punto de distancia central, en donde era cargado en cucharones con descarga inferior para ser colocado en diversas obras del *Corps of Engineers* de la USA.

A principios de la década de los años 50's, la disponibilidad del concreto premezclado para llevar a cabo proyectos de construcción en P. U. creó una gran demanda de equipos que facilitara librar el tramo entre el área accesible a un camión mezcladora y el lugar donde debía ser colocado el concreto. A fines de esta década llegaron al mercado las primeras bandas transportadoras de concreto portátiles, comercialmente accesibles.

A medida que el diseño de bandas transportadoras fue evolucionando, se encontraron características requeridas para evitar la segregación del concreto y a la vez hacer posible el manejo de este, tanto de alto como de bajo revestimiento.

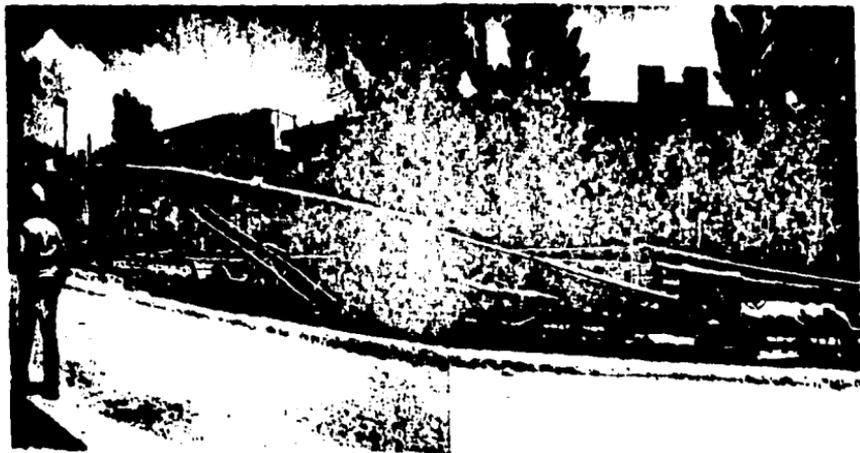
También se han transportado con éxito concretos conteniendo agregado grueso de 20 - 150 mm. en bandas de 41 y 61 cm. de ancho respectivamente.

No todas las bandas pueden colocar concreto con éxito. Deben ser diseñadas específicamente para superar los problemas que presenta el concreto.

Los transportadores de concreto operando a la velocidad de banda correcta y con las tolvas de carga, dispositivos de transferencia y limpiadores de banda funcionando adecuadamente, no modifican la resistencia, el revestimiento o el contenido de aire del concreto transportado.

Las características de la faja de concreto transportado por la banda están determinadas por la fluidez del material, la distancia mínima al borde requerida y la sección transversal de la carga.

Cada mezcla de concreto en estado plástico tiene su propio ángulo de reposo. Este se realiza entre la horizontal y la superficie de una pila normal formada libremente.



X

Foto 8. Vista lateral de la banda transportadora del tipo cadal utilizada en la construcción del Metropolitano línea B

El ángulo de reposo de un concreto con un revestimiento de 3-4 cm, será normalmente de 20° a 30°. El ángulo de sustentación es el formado entre la horizontal y la superficie del mismo concreto al ser transportado por una banda horizontal. En estos casos los ángulos oscilan entre 0° y 10°.

La comparación entre el ángulo de reposo y el de sustentación indica cuál es la firmeza del concreto en estado plástico (entre más grande sea la diferencia, mayor será la firmeza).

La firmeza se ve afectada por factores tales como:
a) tamaño y forma del agregado;
b) textura superficial del agregado grueso;
c) proporción entre el tamaño de finos y gruesos;
d) la cantidad de cemento en la mezcla (relación agregado-cemento);
e) la cantidad de agua en la mezcla (relación agua-cemento);
f) aditivos que afectan la cohesividad.

La firmeza determina cuál es la sección transversal de la trama de concreto que puede ser transportado eficientemente en la banda, también indica el ángulo máximo de inclinación o declinación en el cual se puede transportar ese material por una banda. Al decir "ángulo de inclinación" y "ángulo de declinación" nos referimos al formado entre la horizontal y la banda transportadora (Figs. 9 y 10).



Foto 9. Aspecto del transporte del concreto en estado fresco ascendiendo por la banda



133

Foto 10. Aspecto en una vista más amplia, del tránsito del concreto en estado fresco, sobre la línea separación del material.

Una buena regla estimativa es que una banda transportadora de concreto puede operar a un ángulo de 20-25° con menos del 10% de pérdida en el área de sección transversal, si esta equipada con una banda lisa y funciona un ángulo de 30-35° si la superficie de la banda cuenta con pequeñas corrugaciones o bordes rectos. El concreto sobre la banda se altera a medida que esta va pasando sucesivamente sobre cada rostillo guía.

El concreto no puede ser transportado sobre toda la superficie de la banda. La trama de este material debe ir centrada, es decir, debe distar lo mismo de cada borde de la banda. Para determinar la distancia mínima al borde se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Distancia mínima al borde} = 0.05 \times \text{ancho de la banda} + 2 \text{ cm.}$$

Si no se observa con cuidado el requerimiento de la "distancia mínima al borde" ocurrirá un deterioramiento excesivo y se perderá el agregado grueso que carga por los bordes de la banda.

Las bandas transportadoras pueden clasificarse en tres tipos:

- 1) Transportadoras portátiles o autocontenidas
- 2) Transportadoras alimentadoras o en serie
- 3) Transportadoras de descarga radial o lateral

1) El tipo de alimentador o transportador en serie funciona a velocidades altas en la banda, generalmente a más de 150 mm/min (500 pies por minuto) y los tipos portátiles y de descarga lateral operan a velocidades menores. Todos los tipos dependen de la combinación apropiada del ancho de la banda transportadora y de la velocidad para lograr la colocación deseada.

Con el concreto debe alimentarse la transportadora por medio de una tolva para obtener un flujo uniforme de material a lo largo de la banda. Las transportadoras deben estar apoyadas adecuadamente para lograr un transporte suave, sin vibración, a lo largo de la banda, y el ángulo empleado de inclinación o declive debe controlarse para eliminar la tendencia del agregado grueso a separarse del mortero de la mezcla. La inclinación máxima que se puede emplear con una banda transportadora es variable, y es una función tanto de la mezcla de concreto como del diseño de las bandas.

La colocación del concreto a "corto alcance" o a "poca altura" hace necesario el uso de bandas transportadoras portátiles. Este equipo puede venir de un fabricante a otro, pero todos tienen ciertas características básicas.

La más importante es que cada unidad es autosuficiente y puede desplazarse fácilmente por toda la obra. Cada unidad debe tener su propia fuente de energía, ya que tan sólo el equipo puede considerarse verdaderamente portátil si depende de una fuente de energía estacionaria. El peso y la movilidad necesarios en una banda transportadora portátil restringen su longitud total a 18 mts aproximadamente (foto 11). Esto, a su vez, limita la altura máxima de descarga a 11 mts más o menos. La altura máxima está determinada por el ángulo máximo de inclinación, para poder manejarse eficientemente el concreto transportado en la banda.



11

Foto 11 Banda transportadora con motor a gasolina y autopropulsada (Vista general)

Las bandas transportadoras portátiles son impulsadas por motores de gasolina y utilizan sistemas de transmisión hidráulica para dar impulso a la banda. Este tipo de bandas transportan más concreto en un día que todos los demás tipos de transportadores juntos, debido a que la mayoría de proyectos a base de concreto premezclado requieren del manejo del material en la obra caen dentro del rango de "corto alcance" o "poca altura".

2) En las transportadoras alimentadoras, la colocación del concreto es a "largo alcance" y operan en serie con puntos extremos de transferencia para la descarga. El criterio general para diseñarlas debe considerar un sistema de transportadores múltiples los cuales operan conjuntamente dentro de un método integrado y alemán, previenen automáticamente las sobrecargas en cualquier unidad individual punto de transferencia.

Este tipo de bandas transportadoras normalmente se usa para colocar grandes volúmenes de concreto, ya que su empleo y utilización resultan bastante tardados.

Para simplificar los problemas de control y coordinación, las bandas transportadoras de alimentación vienen equipadas con motores eléctricos de corriente alterna. El sistema eléctrico de este tipo de bandas debe satisfacer varios requerimientos críticos, se recomienda una corriente trifásica de 230 a 260 voltios, pues los motores son de 5 hp o mayores y las distancias cubiertas son muy grandes.

Los motores deben estar protegidos contra condiciones de sobrecarga y bajo voltaje, los cuales pueden presentarse cuando se empleen cables eléctricos muy largos. En los sistemas de "largo alcance" es importante que los transportadores arranquen automática y consecutivamente, el de descarga debe ser el primero en arrancar y de allí los demás sucesivamente, hasta llegar al punto de carga.

Los transportadores de alimentación se usan normalmente en áreas donde la única energía disponible proviene de generadores portátiles, lo cual permite usar equipos más pequeños.

En lo referente a las bandas, no pueden manejar cantidades irregulares de concreto, por lo cual es importante asegurarse de que cada unidad opere a la velocidad correcta antes de la descarga del concreto sobre esta. Esta medida evita derramamientos del material y obstrucciones en los puntos de transferencia.

Este tipo de bandas se opera sobre un riel o trayectoria de fácil instalación, lo cual permite que el tren alimentador sea extendido o acortado sin interrumpir la colocación del concreto. El desarrollo de este sistema hizo posible el uso de unidades más grandes en el tren alimentador. Las más comunes son las de 9 y 12 mts. En las aplicaciones de "largo alcance", como son las cubiertas para puentes, se emplean unidades de hasta 26 mts. Los transportadores más grandes disminuyen el costo del equipo por metro de alcance, pero pueden aumentar el costo de su traslado hasta el sitio de la obra y el tiempo de instalación del sistema.

La mayoría de los transportadores de alimentación utilizan bandas de 40 cms. de ancho, que corren a velocidades relativamente altas, superiores a los 153 m/min. Estos alimentadores poseen una capacidad para colocar el concreto de hasta 92 m³/hr.

Generalmente los trenes de transportadores de alimentación quedan completamente instalados antes de iniciarse la colocación del concreto. En proyectos grandes se pueden instalar bandas transportadoras de alimentación de concreto relativamente permanentes.

3) Las bandas transportadoras de descarga radial se instalan en el área de colocación, sobre un soporte en voladizo que usualmente puede desplazarse por un arco de 360° con respecto al punto de descarga.

Generalmente las bandas de descarga radial se levantan sobre patas cilíndricas apoyadas en la base donde está siendo vertido el concreto, para de esta manera resistir el momento de vuelco ocasionado por la banda cargada. Los modelos más simples y baratos de este tipo son de operación manual y su longitud no es mayor de 9 mts.

En caso de que el soporte en voladizo pueda desplazarse sobre un arco de 180° se pueden lograr amplitudes de colocación de hasta 48 mts. Sin embargo, el desplazamiento sobre un arco mucho mayor de 120° resulta bastante ineficiente, debido a que se vuelve necesario mover frecuentemente toda la unidad horizontal.

Los distribuidores radiales impulsados por motor, que poseen la capacidad de subir o bajar y extender o acortar el transportador por medio de los motores, aumentan sustancialmente la eficiencia de la distribución radial. Las limitaciones del alcance y del peso de las unidades de este tipo han sido superadas por medio del uso de transportadores telescópicos de dos o tres secciones, montados en el brazo de una grúa hidráulica.

Existen modelos disponibles que poseen un alcance radial de hasta 20 mts. en unidades pequeñas y de 38 mts. en las unidades más grandes. Las unidades mayores tienen un alcance vertical de 23 mts., con el brazo inclinado a 50°. Estas unidades son capaces de colocar hasta 3m³/min.

Los transportadores de descarga lateral abarcan toda el área de colocación. Al descargar el concreto por un lado de la banda mediante una cuchilla móvil colocan una franja de concreto, la cual resulta ideal para acabados mecánicos. Ya que los camiones-mezcladoras no pueden vertir eficientemente el concreto a más de 3 o 4 mts., se usan varios tipos de transportadores de descarga lateral, de 7 a 10 mts. de longitud, para distribuir el material en cubiertas, pisos de áticos, rampas de aeropuertos, calles y otros tipos de losas planas.

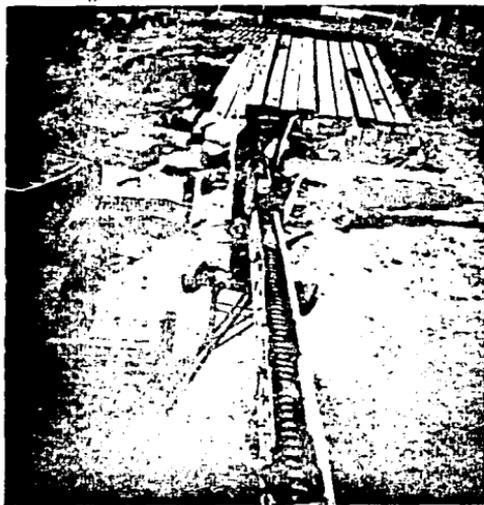
Los transportadores por lo general operan horizontalmente, de manera que la banda puede sobrecargarse. Los transportadores equipados con bandas de 41 cms. de ancho tienen aproximadamente una capacidad de 91 m³/hr. En sus aplicaciones más simples estos transportadores son cargados directamente de la descarga de los camiones.

El uso de estos transportadores en la distribución y colocación del concreto puede disminuir el costo de colocación, aun cuando se requieran bombas o grúas para llegar al área de colocación.

El empleo de una grúa equipada con cucharón con descarga inferior resulta mucho más eficiente para llevar el concreto hasta la tolva relativamente fija y visible de un transportador de descarga lateral, que cuando se utiliza la misma grúa "a ciegas" para colocar el material en una losa elevada.

Estos transportadores han originado el uso más práctico de las bombas para la construcción de losas o cubiertas grandes, al eliminar el trabajo necesario para desplazar constantemente hacia atrás y adelante del extremo de descarga del tubo, frente al equipo determinado usado comúnmente.

El distribuidor que recoge el concreto de la banda y lo descarga por un lado del transportador utiliza una cuchilla raspadora para efectuar esta función. La operación y el ajuste de esta son más críticos cuando se realizan en un transportador de descarga por el extremo, debido a no contar con la fuerza de la gravedad necesaria para remover la lechada y el material muy fino de la banda. Se deben llevar a cabo las operaciones necesarias para ajustar la cuchilla raspadora de los transportadores de descarga lateral durante la colocación del concreto.



12

Foto 12 Banda transportadora de "gusano", su uso es poco frecuente debido a la alta segregación que se presenta en el concreto

1.3.6. Tolva móvil

El empleo de tolvas móviles es el más adecuado para el transporte y distribución del concreto en la mayoría de las obras en las que éste debe ser transportado vertical y horizontalmente.

La capacidad de las tolvas móviles existentes fluctúa entre 0.2 y 1 m³, siendo las más comunes aquellas de 0.5 a 0.75 m³ de capacidad, pueden ser usadas en edificios y pequeña obra de ingeniería civil. Existen dos tipos de tolvas móviles:

1. La tolva móvil inclinada le permite al concreto ser cargado desde el interior y normalmente está provista de un caudal para la descarga lateral.
2. La tolva móvil de posición fija, con una descarga en la parte inferior y a la que puede adicionarse un caudal para la descarga lateral.

La descarga de concreto en una tolva móvil se controla manualmente y se usa mediante una palanca o una rueda, y debe tenerse cuidado de evitar una descarga demasiado rápida, especialmente cuando se trate de secciones esbeltas (Foto 13).



13

Foto 13. Caida del concreto por la parte inferior de una tolva móvil, nótese en la parte superior izquierda de la imagen la manija que abre la compuerta de salida.

En todas las tolvas móviles la abertura de descarga debe ser suficientemente grande para facilitar la descarga del concreto sin tener que recurrir al empleo de vibradores u otros medios. Estas deben manejarse con cuidado y recibir un mantenimiento apropiado para un funcionamiento eficaz. Al terminar el colado del día, deben limpiarse y lavarse perfectamente, así como engrasar y

aceitar el mecanismo controlador de la abertura de descargas. No debe existir la acumulación de concreto endurecido sobre la superficie de la tolva, tratándose diariamente con una ligera capa de diesel o algún compuesto químico, cualquiera de estos métodos ayuda la adherencia del concreto y facilita la limpieza de ese equipo (foto 14).

Existen otro tipo de tolvas, llamadas de sección circular y rectangular. El empleo de las primeras con descarga por la parte inferior, diseñadas apropiadamente, permiten la colocación del concreto con el mas bajo revestimiento practico, compatible con la e instalación mediante vibración.



14

Foto 14 Vista de una tolva móvil de descarga inferior ya limpia al final de una jornada.

Las puertas de descarga deben tener una salida libre que equivalga a no menos de una tercera parte del área máxima horizontal o cinco veces el tamaño máximo del agregado empleado. Las paredes laterales deben ser inclinadas, por lo menos 60 grados respecto a la horizontal. Los controles de las puertas deben permitir al personal que trabaja en la colocación las abra o las cierre durante cualquier etapa del ciclo de descarga.

Deben utilizarse, en cuanto a las tolvas de sección rectangular, criterios similares de diseño, con paredes laterales inclinadas y suficiente amplitud de abertura, de acuerdo con el tamaño máximo de agregado y el revestimiento del concreto.

Deben seguirse los principios de llenado y descarga, empleando las caídas verticales libres de obstrucciones. El amontonamiento de concreto por la descarga de las tolvas es demasiado arriba o cercana de la superficie, o mientras están en movimiento, da lugar a causas comunes de segregación. Debe evitarse la contaminación descansando las tolvas sobre las plataformas, sin balancearlas sobre el concreto descubierto que acaba de terminarse. El concreto derramado no

debe recogerse con palas y desmenuarse en sus bovas para su uso subsecuente.

13.7 Bombas de

El concreto bombeable puede definirse como concreto transportado mediante presión a través de tubos rígidos o mangueras flexibles, se descarga directamente dentro del área deseada. Su composición deberá hacerse de tal manera que su fricción en la parte interior del tubo no impida la fluidez del producto. El sistema puede emplearse en casi todas las construcciones de concreto, es especialmente útil donde el espacio o el acceso para el equipo de construcción son limitados.

Según el equipo, el volumen de bombeo fluctuara entre ocho y 70 m³ por hora. La distancia variara de 91 a 305 mts. horizontalmente y de 30 a 91 verticalmente.

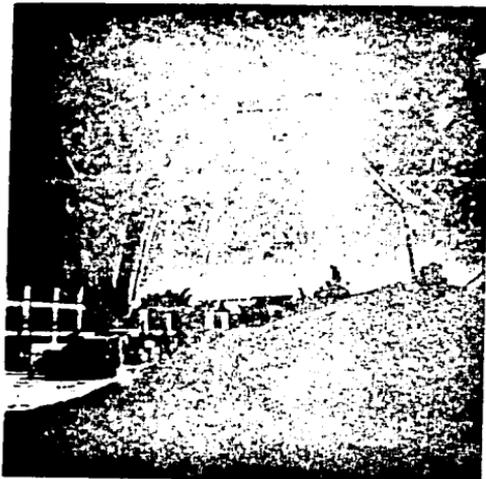


Foto 15 Bomba articulada o "pluma"

Se han registrado casos, en los que se ha logrado bombear el concreto horizontalmente a mas de 610 metros. Se ha efectuado cuando menos un trabajo con bombes vertical hacia arriba, de 512 metros.

El concreto bombeable tiene

a) un contenido minimo de finos de aproximadamente 450 kg/m^3 en el caso de concretos con un T.M.A. de 19 mm.

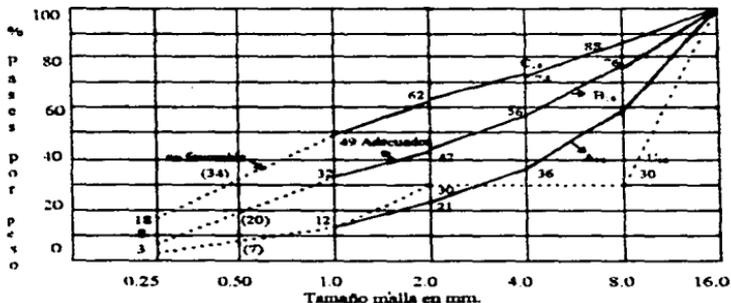
Cuando se trate de agregados no satisfactorios, el contenido de finos debera ser ligeramente mayor al empleado normalmente de $60\text{-}80 \text{ kg/m}^3$.

b) Un contenido minimo de cemento de aproximadamente 240 kg/m^3 en el caso de concretos con T.M.A. de 32 mm.

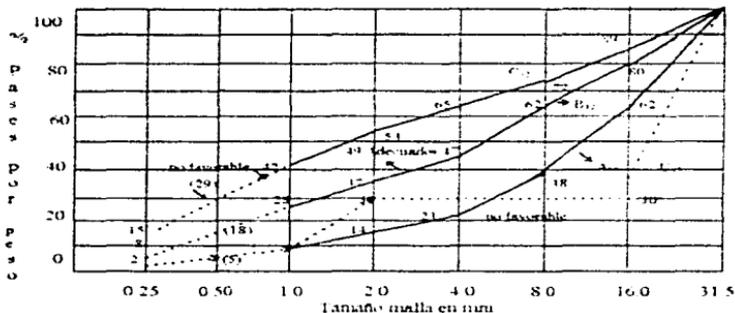
c) Una relacion agua-cemento de $0.42\text{-}0.65$

d) Una consistencia determinable por medio del reverturno, en un rango de $5\text{-}16 \text{ cm}$.

e) Una graduacion de los agregados, similar a la curva de graduacion DIN-1045, en la parte superior entre las lineas A y B (grafica 1 y 2).



GRÁFICA No 1



GRÁFICA No 2

AGREGADOS:

a) Contenido de finos:

El concreto bombeable debe circular o fluir por las tuberías y deformarse en los codos. El mortero mas fino, la mezcla de finos (cemento y arena mas fina = cemento y agregado de 0-0.25mm.) y agua actúan como lubricante.

TMA en mezcla mm.	Contenido de finos por m ³ de concreto trabajado kg
8	525
16	450
32	400
63	325

TABLA 1.1

AGREGADOS DE PESO NORMAL:

El volumen aproximado de agregado grueso por unidad de volumen de concreto puede ser seleccionado en la tabla 1.2. El agregado de peso normal debe cumplir con la norma ASTM C33.

Las propiedades de los agregados finos de peso normal carecen, juegan un papel más importante en el proporcionamiento de mezclas bombeables que los agregados gruesos.

T.M.A.		Volumen agregado grueso varillado en seco por unidad de volumen de cemento para mezclas de finura de la arena (modulo)			
plgs	mm	2.40	2.60	2.80	3.00
3.4	12.00	0.66	0.64	0.62	0.60
3.8	9.51	0.80	0.78	0.76	0.74
4.2	12.70	0.59	0.57	0.55	0.53
4.6	28.40	0.71	0.69	0.67	0.65
5.0	38.10	0.75	0.73	0.71	0.69
5.4	50.80	0.78	0.76	0.74	0.72

FABLA 1.2.

Junto con el cemento y el agua, la arena suministra el mortero que lleva los sólidos o agregados gruesos en suspensión permitiendo así una mezcla bombeable.

La granulometría de la arena debe cumplir con la norma ASTM C33 para arena. La experiencia ha demostrado que debe darse una atención particular a aquellas porciones pasadas por las mallas más finas. Un indicador importante de la granulometría de la arena para un bombeo es el modulo de finura entre 2.40 y 3.00 son generalmente satisfactorias.

Las características de bombos del concreto que contiene arena natural, suelen ser mejores a las de aquel conteniendo arena fabricada de la misma granulometría.

RESISTENCIA DE LA LINEA:

Cuando el concreto se bombea a través de una sección de tubo o manguera recta, esta se mueve como si fuese un cilindro sobre una delgada capa lubricante de mortero o lechada. En todos los casos se requiere de esta, la cual se obtiene iniciando el bombeo con la introducción de un mortero bien proporcionado o de una mezcla de concreto normal, sin agregado grueso (foto 16).

Este mortero se desperdicia, con excepción de la pequeña cantidad usada en el relleno de las juntas constructivas, y de ningún modo se utiliza en el colado. Para las grandes líneas horizontales de 15 a 20 cm., 0.4 m³ de mortero lubricará aproximadamente 350 m. de la línea y la lubricación se mantendrá todo el tiempo que continúe el bombeo.

Cuando ocurre un cambio de dirección en la línea, se origina un aumento de resistencia al movimiento y un mayor desgaste, a causa de una disminución en el área de la sección transversal se produce una mayor velocidad y una mayor resistencia al movimiento en la línea.



16

Foto 16 Salida de lechada y concreto al principio de un colado con bomba

Para obtener la mínima resistencia en las líneas, la distribución del sistema de tubos debe tener un número mínimo de codos sin alternaciones en el diámetro del tubo. Si es necesario usar dos dimensiones distintas de tubos, el de diámetro más pequeño debe emplearse al final de la bomba, y el más grande al final de la descarga.

AGUA Y REVENIMIENTO

Los requerimientos del agua de mezclado varían según los diferentes tamaños máximos de agregados y los diferentes revenimientos. Se presenta en la norma ACI 211.1-70 una tabla mostrando la cantidad aproximada de agua requerida para diferentes mezclas de concreto de peso normal con o sin aire incluido.

Para concreto ligero, los requerimientos totales de agua serán diferentes que para mezclas de peso normal. Esto se debe a las diferencias en las propiedades absorbentes de los agregados. El agua total debe considerarse en dos partes, agua "activa" y agua "absorbida". La primera determina el revenimiento y tendrá una conexión directa con la relación agua-cemento, mientras que el agua absorbida por las partículas de peso ligero no afectará directamente la calidad de la pasta.

Los requerimientos de agua "activa" en el concreto ligero, son aproximadamente los mismos que para una mezcla semejante de concreto regular. Sin embargo, el agua absorbida variará como se ha expuesto anteriormente.

La experiencia indica que los revenimientos menores de 5 cm son impracticos para bombear, y los de más de 15 cm. deben evitarse. En mezclas con revenimiento alto, el agregado se segregará del mortero y de la pasta, pudiendo ocasionar un bloqueo en las líneas de bombeo. Las

mezclas excesivamente "gruñudas" presentan un sobrado (cap. II) excesivo y aumento de la contracción.

El contenido de finos recomendados en forma estándar es el adecuado para que el concreto avance en tuberías, siempre y cuando la superficie total de los agregados y haya sido escobillada de tal manera que cada agregado se separe de otros por una capa lubricada y no se adhiera al mortero en el fin de formar los espacios entre los agregados y la pared interna y mantener una película lubricante en las paredes de la tubería.

El concreto bombeable debe ser fácil manejable. Consecuentemente debe tener una cantidad adecuada de arena.

El tamaño máximo de agregado de 19 mm, 3/8" (47.5 mm) es el más adecuado para bombeabilidad del concreto. Este, con un agregado de tamaño máximo de 63 mm, requiere de una tubería de 150 mm de diámetro.

Para concretos con tamaño máximo de agregado de 19 mm (3/8" - 47.5 mm) la superficie total de los agregados es más grande que para concretos con un T.M.A. de 32 mm. Por lo tanto, se requiere más mortero o lubricantes para el bombeo.

RELACION AGUA - CEMENTO²

La cantidad de agua total en el concreto fresco tiene un efecto en la calidad del mortero de cemento. Una relación de agua cemento de 0.42-0.65 ofrece buenas condiciones para un concreto bombeable.

Un lubricante en forma muy seca aumenta la resistencia al avance del concreto en la tubería. Si la relación agua cemento es muy alta, la consistencia interna del concreto se pierde. El agregado grueso puede separarse de los finos por el exceso de agua en el concreto.

La consistencia y dureza de un concreto corresponde al grado de manejabilidad. Depende del gradiente de los agregados, del contenido de arena y de la cantidad y dureza del mortero de cemento.

² El concepto derivado de la experiencia de Abrams, efectuadas hace una serie de años, de que la razón agua-cemento es el principal determinante de la resistencia del concreto, continúa siendo la base para definir los adecuadamente a modo de obtener la resistencia. Este es un requisito para ser satisfecho al mezclarse concreto en la obra y en cualquier caso se realiza con facilidad en las plantas de concreto premezclado. La teoría y fórmula que hace la relación agua-cemento igual con la resistencia (P_c), se observa en la siguiente ecuación:

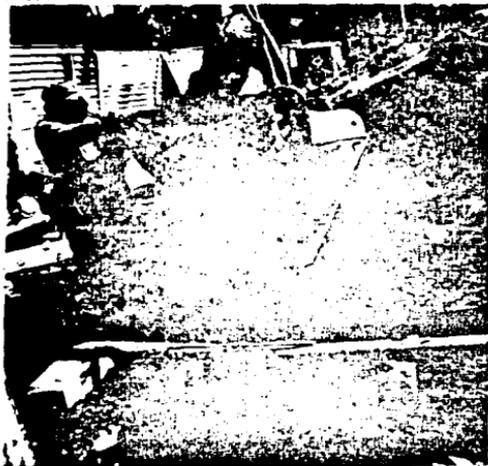
$$A = \text{constante general} \times (P_c)^{0.45}$$

$$\text{Resistencia } (P_c) = \frac{A}{\text{constante general}}$$

El constante específica de condiciones especiales de cada caso que depende especialmente del cemento y agregados empleados, elevada al exponente 0.45

1.3.8. Tubos Embudo (o Trenes)

La colocación de concreto por el método de los trenes es una más recientemente usada para vaciar el concreto en el agua. Este método consiste en depositar en la superficie del concreto fresco colado anteriormente. Este material puede ser rebolsado de aproximación por gravedad desde arriba de la superficie del agua, por un tubo vertical conectado a una tolva en forma de embudo en la parte superior (Foto 17). El concreto fluye desde el fondo del tubo empujando la superficie existente de este material hacia afuera y hacia arriba. Mientras el flujo sea suave, de manera que la superficie existente al agua no se quite físicamente, así se obtendrá un concreto de alta calidad.



17

Foto 17. Vaciado del concreto en un tubo embudo, para la construcción de muros de mamparas (Línea B Metropolitana)

¹ Se traduce como "Akasaca", Tolva con bota.

El concreto colocado por tubos-embudo se emplea sobre todo para ataguas o sellado de cañones, secciones estructurales tales como pilas de puentes, muros en diques secos, presas, etc., y como sellador en secciones y cubiertas de túneles.

El diámetro del tubo-embudo es normalmente de ocho veces el tamaño máximo del agregado grueso. Los tubos de 23 hasta 37 cm de diámetro, en tramos de 5 mts. (Foto 18), son los más comunes. La toja en forma de embudo se atornilla en la parte superior del tubo y un onjón de madera, pelota de hule, bola de arcillera u otro cierre, este se emplea al empezar la colocación.



18

Foto 18 Ascension del tubo embudo para colocarlo en otro tramo del muro mltan

Las proporciones de la mezcla de concreto para la colocación por este método, difieren de las mezclas estructurales ordinarias, por la necesidad de que la mezcla fluya a su lugar lentamente, por gravedad, sin vibración o ayuda mecánica. La mezcla debe pre-sesionarse para un revenamiento de 15 a 23 cm. Generalmente se prefiere usar grava reducida natural en lugar de roca triturada por las necesidades de fluidez. El tamaño máximo de agregado es generalmente de 40 mm., sin embargo, un tamaño nominal de 20 o 9.52 mm puede emplearse para secciones

completa y bajo condiciones de flujo crítico.

La proporción del agregado fino agregado es generalmente del orden de 10 a 50% del peso total del agregado.

Para mantener la calidad estructural y de colocación debe mantenerse la temperatura del concreto tan baja como sea más práctico, generalmente menos de 21°C. La máxima relación agua-cemento recomendada para su colocación por el método bajo el agua es de 1.1 por peso.

Se ha comprobado que las altas y fluctuantes y excesivas de agua que corren con la norma ASTM C 194-92¹ son de ayuda en la colocación del concreto, el efecto retardante disminuye el desarrollo de calor y provee un medio en las plantas con tiempos más.

El equipo de levantamiento debe estar continuamente disponible para subir y bajar el tubo, mientras se coloca el concreto, así como las herramientas para montar y desmontar las secciones del tubo.

La colocación debe empezar lentamente para reducir al mínimo la socavación del fondo o el lavado del concreto anteriormente colocado.

Durante este proceso, debe evitarse cualquier movimiento innecesario del tubo para reducir la formación de bolsas de grava y nata, también es aconsejable colocar el concreto uniformemente para evitar el asentamiento desigual de la base.

El fondo del tubo-embudo debe quedar siempre en el concreto fresco. Las revoluciones de este material deben ser depositadas en el recipiente a un ritmo uniforme para tener un flujo continuo, las demoras de más de cinco minutos entre las mezclas son indeseables. El equipo utilizado frecuentemente para transportar el concreto a la tolva del tubo-embudo se compone de una grúa y recipientes, banda transportadora y bomba. El tubo debe levantarse durante la colocación, desde 15 hasta 60 mts., manteniendo el fondo del tubo a un nivel que de un flujo

¹ Esta especificación cubre materiales para uso como aditivo para concreto, en sus formas de polvo, líquido y en forma de gránulos, para uso en concreto.

El contenido de agua debe ser el adecuado para los métodos de colocación.

- 1.1 A. Aditivo retardante de agua
- 1.2 B. Aditivo retardante
- 1.3 C. Aditivo acelerante
- 1.4 D. Aditivo retardante de agua y acelerante
- 1.5 E. Aditivo de alto rango y retardante de agua
- 1.6 F. Aditivo de alto rango, retardante y retardante de agua

1.7 Cada tipo de aditivo debe probarse en las mismas condiciones de aplicación de materiales de concreto en el sitio hasta 11.4 para determinar la mejor proporción de aditivo de que resulta el mejor resultado de resistencia.

1.8 REFERENCIAS

- 11.1 El cemento usado en algunas plantas para el tubo-embudo, preparado por el método de fabricación está basado en 11.4 para cemento tipo I y II conformes a la especificación C 150.
- 11.2 Agregados: El equipo usado para preparar las gruas en forma líquida, ver 11.4 cuando los agregados preparados para el tubo-embudo, para uso en grúas, están en algunas formas de grúa, ver 11.4 cuando los agregados preparados para el tubo-embudo.
- 11.3 Aditivos de alta retención: Aditivos para tubos-embudo, ver 11.4 cuando los aditivos de alta retención de concreto esculpidos en el sitio.
- 11.4 Materiales de grúas para el tubo-embudo: Los métodos de grúas, para el tubo-embudo, de grúas y para el tubo-embudo de agua, los cuales pueden ser el para el tiempo de ese tiempo durante la colocación y presencia de material.

desiendo a través de él. Se ha de tener especial cuidado en verificar levantamientos del fondo del tubo fuera del concreto plástico; si esto sucede, se debe limpiar, ponerle nuevos sellos y volver a empezar.

Cuando el flujo debe detenerse por poco tiempo, el tubo debe introducirse más profundamente dentro del concreto.

Cuando la colocación se aproxima a su término, los tubos se trasladan a las esquinas y áreas bajas para llevar el estado a su fase final. El ritmo normal de colocación varía usualmente desde 2 hasta 3 mts. de altura por hora.

Las mezclas de concreto con resistencia a la compresión y revenimiento altos, usados en este método, son, con frecuencia, de 28.1 a 56.33 k/cm. a los 28 días.

Las condiciones de curado son excelentes y la contracción es baja. Las superficies en contacto con el concreto deben estar libres de lodo, aceite marino, aguas negras, etc. La adherencia con superficies limpias de acero, roca y madera, es generalmente excelente. El calor de hidratación en mezclas ricas produce alta resistencia rápida, aunque la temperatura del agua sea tan baja como 4.4° C.

La inspección del concreto durante su colocación por este método es difícil. El agua generalmente es turbia y las superficies del concreto fresco no pueden soportar el peso del buzo.

La evaluación correcta de las dosificaciones propuestas para el mezclado y la inspección de todas las etapas de la producción del concreto durante su colocación, son esenciales.

Debe acondicionarse la resistencia y peso adecuado de la tubería y los acoplamientos herméticos de todas las partes que van a quedar en contacto con el concreto. Debe verificarse también la limpieza.

La colocación del concreto por tubo-embudo, deba controlarse por personal calificado, mediante observación continua e interpretación de los sondeos.

1.4. Ventajas y desventajas

En el siguiente subcapítulo se enunciarán las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos citados anteriormente:

Botado:
Desventajas: Limitado a distancias máximas de entrega de 30 m.; se debe contar con superficies lisas y rígidas. La descarga es muy tardada ya que se maneja la fuerza de un hombre.

Ventajas: En realidad, por lo rústico de este método de colocación no podemos decir que exista ninguna ventaja.

Carretilla:

Desventajas: Se limita distancia máxima de 60 mts. se debe contar con vías de tránsito lisas y rígidas. La descarga del material, en ese caso el concreto puede hacerla inadecuada para el transporte de mezclas secas.

Ventajas: Este método al igual que el anterior (botador), tiene un carácter plástico y casi manual. Sólo podemos mencionar una ventaja relativa: su bajo costo.

Por volteo:

Desventajas: Se limita a concreto mezclado en obra. Su transporte debe ser en vías llanas, el tiempo máximo de entrega es entre 30 y 35 min. como máximo. No se pueden transportar mezclas demasiado fluidas, jamás debe agregarse agua en la mezcla.

Ventajas: Si se cuenta con una caja de diseño adecuado para mezclas con consistencia fluida o seca, se pueden reducir inconvenientes en la descarga.

Esto puede ser factible en obras menores, ya que por su radio de acción se puede distribuir el concreto a diversos puntos de la obra a un costo relativamente bajo.

Canalón:

Desventajas: Si no se controla el flujo del concreto en el extremo del canalón, el material se segregará. Si se cuenta con canales demasiado largos y descubiertos, se perderá el revestimiento y habrá evaporación.

Ventajas: Son dispositivos simples, de bajo costo y facilidad de adaptación. constituyen un procedimiento bastante utilizado en obras menores.

Bandas:

Desventajas: Costo alto. Si se coloca mal el concreto, se tendrán defectos en la construcción (por ello, antes de colocar se debe consultar información técnica del fabricante). Si no se tiene continuidad entre descarga y descarga, se conseguirá una segregación. Una limitación principal es el excesivo desarrollo para salvar diferencias de nivel entre los puntos de carra y descarga.

Ventajas: Son eficaces en obras grandes, por ejemplo en presas, si se utilizan debidamente producen un buen rendimiento en el transporte de mezclas, ya sea con una consistencia seca o plástica.

Tolva móvil:

Desventajas: Poca capacidad de carra, su manejo es manual y puede ser lento, si se acumula material en la puerta inferior de descarga, puede causar segregación.

Ventajas: Facilidad en el transporte tanto horizontal como vertical, costo relativamente bajo.

Hombreado:

Desventajas: Si se tiene un revestimiento menor a 5 cm., puede ocasionar un bloqueo en las líneas de bombas.

Ventajas: Es útil donde el espacio o el acceso para el equipo de construcción es limitado; rapidez en cuanto al volumen de descarga; gran alcance tanto vertical como horizontalmente. Es un método avanzado y actual de colocación de concreto premezclado, ya que ofrece la posibilidad de disminuir tiempos y simplificar la construcción.

Tubo-embudo (Tremie):

Desventajas: Se utiliza frecuentemente para vaciar concreto bajo el agua; indeseables demoras mayores de 5 min.; difícil inspección del concreto durante su colocación.

Ventajas: Se ha encontrado gran facilidad para el colado de muro Milán en las construcciones del Metro de la Ciudad de México.

CAPÍTULO II

II. CONSIDERACIONES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA ANTES Y/O DURANTE LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO.

II.1 Resistencia y características del concreto

II.1.1 Revenimiento

Esta es una prueba que se usa en gran medida durante el trabajo en obra en todas partes del mundo. La prueba de revenimiento no mide la trabajabilidad del concreto, es decir, no debe usarse para comparar mezclas de proporciones completamente diferentes, ni mezclas con diferencias en cuanto a clases o tamaños de agregados. Es muy útil para detectar las variaciones de uniformidad de una mezcla. Cuando se realiza en diferentes resoluciones de la misma mezcla, los cambios en el revenimiento indican cambios en los materiales, en las proporciones o en la cantidad de agua.

A continuación se resumen las proporciones de la norma ASTM C143-78 (Método de prueba para revenimiento de concreto de cemento portland).

El molde para la prueba de revenimiento es de forma troncoconica, y tiene 300 mm de altura (dimensiones de 30, 20 y 10 cm, que corresponden a la altura, diametro inferior y diametro superior respectivamente). Se coloca sobre una superficie lisa (placa metálica de 60 x 40 cm y 3 mm de espesor), con la abertura mas pequeña hacia arriba. Se llena de concreto, en tres capas de igual volumen cada una. Cada una de estas se apisona 25 veces con una varilla de acero estandar de 16 mm (5/8") de diametro y 40 cm. de longitud, redondeada por la punta (Fotos 1 y 2).

La superficie se va nivelando por medio de movimientos laterales y en redondo de la varilla (o apisonamiento). Durante toda la operacion se debe mantener firme el molde sobre su base, esto se logra mediante abrazaderas u orejas fijadas al molde (Foto 3).

Inmediatamente despues de llenarlo, el cono se levanta despacio y el concreto, que ya no tiene apoyo, se reviene (de aqui el nombre de la prueba). La disminucion de altura del cono de concreto revenido se llama **REVENIMIENTO** y se mide con los 5 mm. mas cercanos (Foto 4).

Para reducir la influencia de las variaciones de friccion superficial en el revenimiento, al iniciar todas las pruebas, se debe humedecer la parte interna del cono y la superficie de la base, antes de levantar el molde, se debe limpiar el area que lo rodea de cualquier escurrimiento de concreto, derramado durante la operacion.



Foto 1. Estima para sustentar la prueba de resqueamiento

1



Foto 2. Proceso de llenado del caso

2



Foto 3. Enrasado del caso con concreto

3



Foto 4. Mezcla de la diferencia entre el concreto y el molde (RESIDUO CORTANTE).

Si en lugar de reventarse uniforme y de forma redonda (truncocónica), como debe ser, la mitad del cono se desliza en un plano inclinado, se dice que el reventamiento es de CORTANTE, y se debe repetir la prueba. En caso de persistir este, como suele suceder con las mezclas secas, es un indicio de falta de cohesión.

Las mezclas con consistencia rígida, tienen un reventamiento nulo, por lo que, en un rango bastante seco, no se pueden detectar variaciones entre mezclas de diferente trabajabilidad.

Las mezclas ricas se comportan de manera satisfactoria, ya que su reventamiento verdadero se puede convertir fácilmente en uno cortante, y aun al llegar al colapso, en varias muestras de la misma mezcla se pueden obtener valores muy distintos de reventamiento.

La prueba de reventamiento es de mucho provecho en la obra, para verificar día a día y hora a hora la variación de los materiales que se introducen en la mezcladora. Por ejemplo, el aumento

del revenimiento puede significar que el contenido de humedad de los agregados ha incrementado razonablemente, otra causa posible sea un cambio en la granulometría de éstos, como puede ser una floculación en la arena.

El revenimiento alto o bajo, es una consecuencia inmediata que depende al operador de la medición para mantener la uniformidad en esta prueba, por su carácter y magnitud de la variabilidad, es la causa de su gran utilidad.

Revenimiento	Tolerancia (cm)
≤ 5	± 1.5
5-10	± 2.5
> 10	± 3.5

La prueba es útil de dos maneras:

- 1.- En tanto que la proporción de los materiales y la granulometría del agregado sean razonablemente uniformes, la prueba de revenimiento indicará cualquier variación en el contenido de agua y por lo tanto, en la relación agua-cemento.
- 2.- Si la cantidad de agua agregada en la mezcla es constante, y el contenido de humedad también, la prueba de revenimiento señalará si la granulometría del agregado ha cambiado, o si los pesos del cemento o los agregados son correctos.

Se debe aplicar la prueba de revenimiento con la frecuencia necesaria para asegurar que la mezcla sigue siendo la correcta. Siempre debe hacerse por lo menos una prueba poco después de iniciar la jornada, a fin de fijar un estándar. Durante el día deben aplicarse más pruebas, especialmente si hay dudas de que la mezcla sea correcta.

II.1.2. Peso volumétrico.

El peso volumétrico de un agregado, es el peso requerido para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado.

El peso volumétrico aproximado de un agregado (grueso y fino), usado en un concreto normal varía aproximadamente 1200 kg/m^3 a 1760 kg/m^3 . Los métodos para determinar el peso volumétrico de los agregados, se da en la norma ASTM C-29. Se describen tres métodos para consolidar el agregado en el recipiente, dependiendo del tamaño máximo de agregado (acuñado, varillado y vaciado con pala).

El peso volumétrico del concreto fresco, en forma de agregados con la norma ASTM C 138². Los resultados pueden ser suficientemente exactos para determinar la cantidad de concreto producida por mezcla.

Esta prueba también da una cierta indicación del contenido de aire si se comparan los pesos específicos de los agregados y el volumen del recipiente para determinar el peso volumétrico unitario según el tamaño del agregado. El recipiente de 11 litros se utiliza normalmente con agregados hasta de 51 mm (2") El peso volumétrico se expresa en kilogramos por metro cúbico.

El peso volumétrico del concreto fresco, así como el del endurecido, se puede determinar también mediante métodos nucleares (norma ASTM C 1031).

II 1.3. Contenido de Aire

Para cada mezcla existe un volumen mínimo de cavidades requerido como protección contra la acción del hielo. El mejor descuido que puede corresponder al 20% del volumen de mortero y por supuesto, es esencial que el aire se distribuya en toda la pasta de cemento. El verdadero factor de control es el espaciamiento de las burbujas, o sea, el espesor de la pasta de cemento encontrado entre las cavidades de aire adyacentes. Para que haya una completa protección contra la congelación, debe haber un espacio entre las cavidades, del orden de 0.25 mm.

Puesto que el volumen total de las cavidades de determinado volumen de concreto afecta la resistencia de este, es obvio que las burbujas deben ser lo más pequeñas posible.

1.1.3.1. Método de prueba para peso unitario, endurecido y contenido de aire (aproximativo) del concreto

1. Método

1.1. Este método de prueba cubre determinación del peso por metro cúbico de mezcla fresca de concreto y de componentes para calcular el rendimiento, contenido de cemento y contenido de aire del concreto. Rendimiento o define el volumen de concreto producido para conocer las cantidades de los materiales componentes de una mezcla.

1.2. Los valores dados en centímetros-kilogramos son considerados como la norma.

Contenido de aire. El contenido de aire se calcula como sigue:

$$A = [(T - W) / T] * 100; \text{ o } A = [(YF - V) / Y] * 100 \text{ (centímetros-kilogramos) o } A = [(T - W) / T] * 100$$

Donde: A = Contenido de aire (porcentaje de huecos) en el concreto

YF = Volumen de concreto producido por carga (M³)

T = Peso teórico del concreto calculado sobre una base (kg/m³)

W = Peso unitario del concreto (kg/m³)

V = Volumen total absoluto de los ingredientes y componentes en la carga (m³)

Y = Volumen de concreto producido por carga (m³)

1. Aparatos

1.1. Balanza: Una balanza de precisión para obtener 0.3% de la prueba de carga en cualquier punto obteniendo el ritmo de uso.

1.2. Varilla compactadora: Una barra redonda, varilla de acero de 5.8" de diámetro y aproximadamente 24" de largo, teniendo el final redondeado de la varilla compactadora, para una boquilla semiesférica el diámetro sea de 5.8"

1.3. Vibrador interno: Puede tener algunas flechas rígidas o flexibles, preferentemente con potencia para motores eléctricos. La frecuencia de vibración sea de 7600 vibraciones por minuto.

1.4. Medida: Existe un cilindro hecho de acero u otro metal apropiado.

No debemos olvidar que cualquier concreto contiene aire atrapado, se sea por inclusión o no, y como no es posible distinguir entre los dos tipos de burbujas, la superficie específica representa un valor promedio para todas las burbujas que conforman una pasta determinada.

Para determinar el contenido de aire en el concreto, el espesamiento de las burbujas dependerá de la relación agua-cemento de la mezcla. A pesar de que el aire se encuentra solamente en la pasta de cemento, es frecuente expresar el contenido de aire como un porcentaje del volumen del concreto y la determinación directa del contenido de aire de ese valor es el de la pasta de cemento sola.

El volumen de aire incluido en cualquier concreto es independiente del aire atrapado y primordialmente de la cantidad en la cual se incluye el agente incluyente de aire. Por ejemplo, una mezcla más trabable mantiene más aire que la seca, un aumento en la finura del cemento, disminuye la eficiencia del aire incluido, la granulometría también afecta, cuando hay exceso de partículas muy finas, el volumen disminuye, cuando la mezcla se hace con agua dura, hay mayor necesidad de agente incluyente de aire.

II.2. Tiempos

Lo más importante en la elección de una obra es el aspecto costo-tiempo, al compararse contra lo planeado dentro del proyecto, esto se deberá hacerse continuamente en el aspecto constructivo, analizando las diferencias, cuando estas sean significativas, se tendrá que hacer la planeación y por supuesto si se está llevando a cabo lo programado, después de tomar las decisiones será necesario comunicarlas y tener una organización para llevarlas a cabo.

En el colado de una estructura cualquiera de concreto, se deben tomar en cuenta los tiempos en cuanto a:

Colocación del armado del elemento,

Colocación de la cimbra,

Instalaciones ahogadas en el material (eléctricas, hidrosanitarias, etc.), si es el caso),

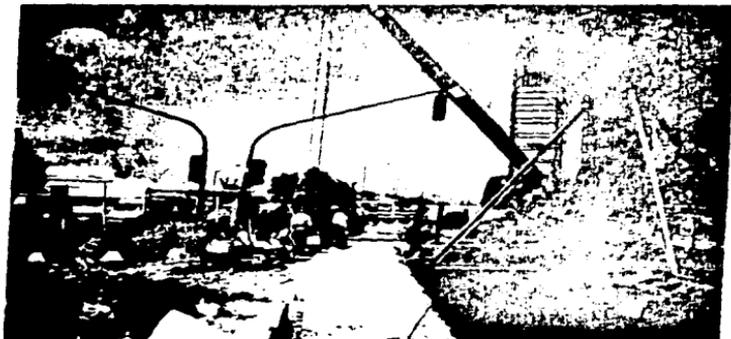
Una vez en el colado

Tiempos de llegada de los camiones revolovedora (ollas) (Foto 5),

Desarrollo y organización de la gente (vibradores, paleadores, etc) (Foto 6)

Terminado de la superficie (Foto 7).

Todos estos factores deben organizarse en cuanto a tiempo se refiere, para tener como resultado: eficiencia, control y calidad en la elaboración, dosificación y colocación del concreto.



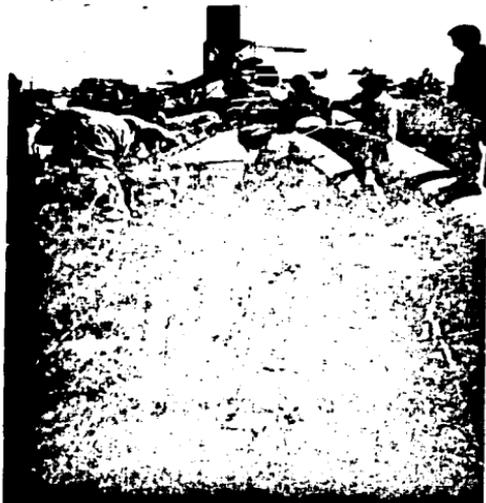
6

11.3 Costos

Para llevar a cabo cualquier obra (su realización) de ingeniería civil se cuenta con una serie de alternativas de las cuales es necesario obtener el costo total de cada una de ellas, para poder comparar tratando de conseguir elementos que nos permitan saber el aspecto más importante que es el económico.

Es conveniente hacer notar que el costo más bajo nos da la alternativa más adecuada para la ejecución de una obra. En la construcción utilizaremos la maquinaria para excavar, transportar y colocar los materiales, tales como arena, la grava, arcilla, roca, etc. Así como los demás

componentes que nos ayudaran a conformar cualquier tipo de estructura de concreto, acero, etc., por ultimo tenemos el elemento humano (mano de obra) que tambien esta formandole parte de nuestro costo total en la ejecucion de la obra.



Dentro de los costos para la elaboracion de concreto en una planta premezcladora debemos tomar en cuenta el tipo de material que va a formar nuestra masa, esto quiere decir por ejemplo las gravas, si son calizas, andesitas, balastros o de que calidad y/o tamaño maximo de agregado, el tipo de arenas, de banco, producto de la trituracion, etc. Si se utilizara algun tipo de aditivo retardante, acelerante, fluidificante, sin dejar de tomar en cuenta la cantidad de cemento, el equipo (basculas, tractor, tolvas de almacenamiento, etc). Ademas de algo muy importante y que engloba lo antes descrito: la resistencia a la cual se va a preparar el concreto (F'c).

En el momento del colado, se toma en cuenta además del costo del concreto, el costo de la mano de obra (Número de cuadrillas), el combustible utilizado para los vehículos con caso de no ser eléctricos, equipos ópticos, cochinos etc., el consumo de electricidad, y apoyo por cualquier otro material, etc.

II.4. Mano de obra

La mano de obra en la industria de la construcción, se clasifican de acuerdo a la capacitación del personal, siendo esta la base para la obtención del salario. En este aspecto podemos considerar que la falta de capacitación ha dado como resultado un gran número de personas que al iniciar un trabajo quiere superarse, quiere aprender durante el curso de las obras, dando como resultado que los trabajos iniciales se realicen con poca o nula calidad.

La clasificación del personal de la obra es muy variada, ya que debido a la diversificación de actividades que se desarrollan en una obra, pueden ir desde lo más sencillo hasta lo más complejo, ya que el campo de la ingeniería civil es tan amplio, por las diferentes especializaciones.

Los trabajadores de la construcción influyen en cualquier parte de la obra, ellos preparan el equipo, fabrican e instalan los materiales. La mayor parte de los individuos involucrados en la construcción fácilmente coinciden en que las personas con el recurso más importante en un proyecto.

El factor humano en la construcción es de vital importancia. El ingeniero constructor debe saber que tipo de personal especializado requiere para ejecutar la obra a su cargo. Es necesario que sepa manejar adecuadamente el personal bajo su mando para poder obtener de cada quien lo que debe aportar, y para conseguirlo debe poseer un tanto de mando.

MANO DE OBRA PARA LA COLOCACION DE CONCRETO PREMEZCLADO

La mano de obra que se requiere para colocar este tipo de concreto variara con la tarifa por entrega, con el tipo de estructura y con la ubicación de la misma.

Si los canchales pueden llegar a los grandes edificios construidos al nivel o por piso del terreno natural, puede ser posible descargar el concreto directamente en las cámaras mediante el empleo de un canalón. No más de cinco o seis trabajadores se pueden necesitar para que dispersen y vibren el concreto.

El concreto para una losa, construida al nivel o cerca de él, se puede descargar en una tolva móvil mediante grúa y distribuido sobre el área de la losa, requiriendo de muy poco mano de obra. Un equipo de seis a nueve elementos será capaz de colocar más de 11.8 m³ hr. de concreto.

El concreto para una losa de piso construida sobre el nivel de terreno se puede descargar por tolva móvil, por bomba o por tolva de piso para después acarrearlo a su destino por medio de carritos movidos con motor o a mano (carretillas).

MANO DE OBRA PARA LA MEZCLA Y COLOCACION DE CONCRETO HECHO EN OBRA.

La mano de obra requerida para mezclar y colocar el concreto varía con el número de operaciones realizadas por el personal, la obtención de los agregados en relación al lugar de mezclado, ubicación del cemento, caminos o vías de acceso en buenas condiciones, equipo de armarse, carritos o carretillas, longitud de acarres del concreto, así como la distancia del área de colocación.

Las condiciones que disminuyen el costo y mano de obra, son la reducción de la distancia de acarres del agregado, el almacenamiento del cemento, cerca del área de mezclado, etc. Al estimar las horas-hombre requeridas para un estado de concreto dado, el ingeniero debe mantener cierto tiempo requerido para que este listo para comenzar el colado, para limpiar los carros o carretillas y para retirar las herramientas y el equipo después de terminado el colado.

II.5. Equipo

II.5.1. Bombas (Concreto bombeado)

Las bombas de concreto se conocen desde hace más de 50 años. Las diferentes marcas de bombas se distinguen por sus detalles técnicos.

El concreto bombeado puede definirse como un concreto conducido por presión a través de un tubo rígido o de una manguera flexible y vaciado directamente en el área de trabajo.

En 1933, en Milwaukee, Wisconsin, se introdujo el concreto bombeado a través de tuberías metálicas por medio de bombas de pistón.

Desde 1950 se ha progresado mucho en el campo del bombeo, incluyendo nuevas y más perfeccionadas bombas, así como la introducción de las mangueras de metal flexible o material plástico. Hoy en día, el trabajo con ellas es rutina diaria en las obras. Una bomba de concreto moderna no solo puede transportar el material sino también distribuirlo con grandes caudales y gastos mínimos en salarios.

Para obtener un bombeo satisfactorio, se requiere una dotación constante de concreto bombeable. Las características de la obra determinan el rendimiento que debe exigirse a una bomba de concreto.

Al hablar del uso del servicio de bombeo de concreto es hablar de la industrialización de la construcción porque permite un aprovechamiento más racional y eficiente de los materiales y mano de obra, esto ayuda a lograr directamente una alta productividad de los recursos con que contamos. Una bomba de concreto que tiene que bombear un volumen determinado de material en cierto tiempo, debe estar diseñada de manera que pueda aspirar dicho volumen y empujarlo al lugar de colocación.

El bombeo del concreto es un método avanzado y actual de colocación de este material cuando es premezclado y ofrece la posibilidad de disminuir costos y simplificar la construcción.

11.5.2. Tipos de bombas para concreto

Entre los tipos más comunes de bomba encontramos:

Bombas de pistón:

Se componen de una tolva espigada con paletas remezcladoras para recibir el concreto mezclado, una válvula de entrada, una válvula de salida, un pistón y un cilindro (foto 8).



8

Foto 8. Tolva de una bomba de pistón al centro se pueden observar las válvulas de entrada y salida.

La válvula de salida está ubicada en la línea de descarga, cuando el pistón inicia su carrera de retroceso, la válvula de entrada se abre y la de salida se cierra, entonces el pistón empuja el concreto desde el cilindro al tubo o manguera, y en el extremo de la línea, en el área de colocación, descarga la cantidad de concreto correspondiente.

Entre los modelos de bomba existentes en el mercado hay disponible gran variedad, tanto en el diseño de pistones, disposición de las válvulas, mecanismos de transmisión, como en la fuerza motriz empleada.

En algunos modelos, los pistones pueden funcionar independientemente. Las válvulas de entrada y salida varían de acuerdo con el fabricante, existen los tipos de válvulas de "guillotina", de obturador de embolo y de válvula de tapón.

Los pistones son accionados mecánicamente por medio de una biela o cadena, o hidráulicamente con aceite o agua. La energía básica proviene de motores diesel o eléctricos. Las tolvas de recepción varían en tamaño, de 0.1 a 1.5 m³.

Bombas neumáticas:

Estas consisten básicamente de una cámara a presión y de equipo para suministrar aire comprimido. El concreto se coloca dentro de la cámara a presión y se cierra herméticamente. Luego se aplica el aire comprimido por la parte superior de la cámara y este empuja al material por un tubo conectado al fondo. Una cámara de descarga para el remezclado se ubica en el extremo de la línea, para ir expulsando el aire e impedir la aspersión del concreto y la resultante segregación, desplazamiento del esfuerzo o daño a las cimbras. Es conveniente usar un tanque receptor de aire para regular el suministro de aire comprimido.

Cuando el tanque de presión se vacía, el aire es expulsado, el tanque se llena otra vez de concreto, y la operación se repite. En obras mayores, se emplean varios tanques de presión a fin de proporcionar una dotación más uniforme de concreto. El aire es suministrado por medio de compresores cuya capacidad mínima es de 3.5 m³ por minuto. Cierta tipo de máquinas introducen el concreto directamente en la línea conductora de aire, con una secuencia determinada con objeto de mantener un flujo de concreto más o menos uniforme. La segregación, el desplazamiento de refuerzos y la averías en las cimbras en el momento de descarga, requieren la atención inmediata a base del transporte neumático y el equipo de colocación.

Bombas de presión "SQUEEZE"¹²:

El equipo principal usado en estos sistemas de bombeo, se compone de una tolva receptora con paletas remezcladoras, manguera flexible y rodillos que operan dentro de un tambor metálico mantenido al alto vacío. La manguera flexible está conectada en el inferior de la tolva receptora y entra por el fondo del tambor (Foto 9); esta corre por la periferia interior del tambor y sale por la parte superior. Los rodillos impulsados hidráulicamente giran sobre la manguera flexible dentro del tambor y expelen fuera el concreto por la parte superior. El vacío mantiene un abastecimiento constante del material dentro del tubo de la tolva receptora.

Aunque los ingredientes de las mezclas colocadas por medio de la bomba son iguales a los colocados por otros métodos, es esencial para el éxito del bombeo del concreto contar con un eficiente control de calidad de la dosificación, remezclado, equipo y con los servicios de personal dotado de conocimientos y experiencia en el bombeo de este material.

El Tamaño Máximo de Agregado (T.M.A.) de agregados gruesos angulosos debe limitarse a una tercera parte del diámetro interior mínimo de la manguera o del tubo, y el T.M.A. de agregados bien redondeados debe limitarse al 40 % del diámetro interior.

¹² Se traduce como de "estrechamiento" o de "retacado".



Foto 2 Vista lateral de la tolva de una bomba de presión.

II 5.3. Diámetros de tuberías.

La mayoría del concreto transportado a las áreas de colocación, por el sistema de bombeo, se conduce a través de tubos rígidos o de una combinación de *tubos rígidos y mangueras flexibles para trabajo pesado*. El *tubo rígido*, también es llamado "*línea dura*" o "*línea pulida*", es de acero, aluminio o plástico, y se consigue en tamaños que van desde 8 hasta 20 cm. de diámetro, siendo de 9 cm. los más usados. La tabla No 2-1 muestra los factores geométricos y de operación de los distintos tamaños de tubería común.

Diámetro del tubo (cm)	D 1 76.2 mm (3")	D 2 102 mm (4")	D 3 102 mm (4")	D 4 127 mm (5")	D 5 152.4 mm (6")	D 6 178 mm (7")	D 7 203.2 mm (8")
Área de la sección transversal (cm ²)	31.1	55.5	55.5	126.0	183.0	226.0	323.0
Tamaño máximo Mezcla en A nominal	2.2	2.5	3.8	5.1	5.1	7.6	7.6
del agregado en Mezcla pobre	1.9	1.9	2.5	3.8	3.8	5.1	7.6
Volumen de concreto por 30.5 m. de tubo (m ³)	0.1	0.3	0.3	0.5	0.7	0.8	1.1
Longitud de tubo por m ³ de concreto (m)	191	102.0	95.5	61.0	51.9	44.9	27.8
Peso del concreto por tramo de 3.1 m. de tubo (kg)	30.1	55.5	59.5	92.6	133.5	166.2	238.0
Descarga, en m ³ /hr	0.3	1.5	1.4	0.2	1.4	2.0	2.1
para el bombeo de velocidades indicadas	0.9	4.2	3.7	18	28	40.4	40
homero ** 1.2	1	11	16	55	76.4	75
	3.3

TABLA No 2.1

Se han registrado casos en los que el concreto, al ser bombeado a través de una línea de alenación de aluminio, muestra una dilatación causada aparentemente por la reacción de partículas de aluminio desgastadas por alcalis del cemento portland, y que dio como resultado la formación del gas hidrogeno expansivo, por esto se recomienda no usar una línea con esta alenación para suministrar el concreto.

El tubo rígido generalmente es de 3 m. de longitud, ya que esta es la máxima normal para el fácil manejo del operario (Foto 10).

El peso total de una unión y una sección de tubo de 3 m. llena de concreto aumenta rápidamente de acuerdo con el diámetro. Una sección de tubo de 13 cm. y 3 m. de longitud lleno de concreto pesará aproximadamente 124 kg. En el caso del concreto de peso normal, suele considerarse el tubo de 13 cm. como el más práctico para el manejo por un solo hombre. Un tubo de mayor calibre, o de secciones más largas, requerirá un mayor número de hombres o más

* A 2200 kg/m³

** Las capacidades se obtienen de la fórmula ordinaria de hidráulica (multiplicando las áreas dadas en la columna 2 por las velocidades de la lista). Para obtener la capacidad de una bomba de concreto determinada, consulte la factura principal.

D. F. Indica: Diámetro exterior.

D. I. Indica: Diámetro interior.

energía para su manejo. La capacidad de un sistema de mallas depende de varios factores: la mezcla de concreto, la longitud de la línea, la altura a la que el concreto es bombeado, la torsión interior del mazo y el diámetro del mismo.



Foto. Proceso de bombeo.

10

El *conductor flexible* está hecho de hule, metal flexible estrado y plásticos (Foto 11). El rendimiento de este no es el mismo que el del *tubo rígido*, generalmente aquel presenta una mayor resistencia al movimiento del concreto. Los de mayor diámetro, de 10 a 13 cm, tienen tendencia a torcerse más que los de menor dimensión, de 5 a 8 cm. El *conductor flexible* es sustituible por secciones de *tubo rígido*, lo que permite su uso en curvas, en áreas de difícil colocación y como conexiones con grúas móviles o con líneas para agua.

Cabe destacar que el *conductor flexible* de mayor dimensión para fácil manejo manual es el de 10 cm.

Las uniones empleadas para conectar tanto secciones de tubos rígidos como flexibles deben ser debidamente resistentes para soportar el manejo durante la instalación del sistema, la desalinación y el apoyo suficiente a lo largo de la línea (Foto 12). Las uniones deben ser básicamente calculadas a razón de por lo menos 35 kg. por cm², y mucho más para tramos ascendentes de más de 50 mts.

Los tipos de uniones varían de acuerdo con el tamaño del tubo empleado, los tamaños mayores requieren ajustes considerablemente más resistentes. Estas deben estar diseñadas de forma tal que permitan el remplazo de cualquier sección de tubo sin mover otras secciones, y deben proveer una sección transversal interna sin contracciones o fisuras que impidan la libre circulación del concreto.



11

Foto 11. Tubo flexible, por lo general sirve para el último tramo de caída de la línea de conducción de una bomba, también se le conoce como trompa de sifante.

En la mayor parte de las líneas de 15 cm. o más se emplean uniones resistentes de doble barra con empaque grueso de hule y una cuna móvil. Estas permiten un margen de desalineación considerable, pueden instalarse durante el servicio y se pueden usar para levantar hasta 2.5 cm. por junta en la dirección del tubo.

La junta para una línea de 18 cm., pesa 28 kg. La experiencia ha demostrado que el uso de uniones de doble barra da excelentes resultados, con la salvedad de su peso y tamaño.

En algunas líneas de 15 cm. y en casi todas las más pequeñas se usan muchos uniones estriadas. Un manejo cuidadoso de la tubería durante su instalación, limpieza y desmontaje ayudará a disminuir la resistencia de la línea al evitar la formación de superficies asperas, abolladuras en las secciones de los tubos y hendiduras en las uniones.



12

1. Foto tomada desde un camión de tipo rígido, por el general de división, en un momento de la maniobra.

11.5.1. Bombas

Existen dos clases de bombas. Las del tipo de remolque o "Etnoamericana" (Foto 11.5.1.1) y las "telescopicas" también conocidas como "bomba pluma". Estas últimas (capítulo 11.5.2) son estacionarias, remolcadas por otro vehículo, son versátiles, de fácil manejo y colocación, sin que a diferencia de las telescopicas, se les puede colocar en lugares casi inaccesibles y/o reducidos, por lo general, tienen una capacidad de bombeo vertical hasta 60 mts. y horizontal hasta 775 mts. Su peso máximo es de 3 toneladas.

Las bombas Telescopicas, han manejado bombeos verticales hasta de 10000 mts. (Edificio Selim-Dürochhaus en Frankfurt), vienen montadas sobre un chasis de camion previamente acondicionado para este uso. En México existen cuatro bombas de 62 mts. de distancia horizontal, por lo general el "brazo" articulado, tiene un ángulo de acción de hasta 90°.



La presión máxima que una bomba de concreto puede generar dependerá de su diseño. En general, las autobombas trabajan con una tubería corta que corresponde a la longitud de la pluma de distribución. Por ello requiere de una presión de bombeo interior a la de las bombas estacionarias que son capaces de bombear con los mismos rendimientos a una altura de 100mts. Con autobombas de concreto una presión de bombeo de 70 bar es suficiente incluso para grandes cruciles. Las bombas estacionarias necesitan presiones de hasta 200 bar para distancias horizontales de 1000 mts. o verticales de 500 mts.

A continuación se mencionan algunas potencias del motor de la bomba así como algunas características de la maquinaria.

BOMBA DE CONCRETO DE REMOLQUE (estacionaria) MARCA PUTZMEISTER MODELO IS 9070 THOMKAT.

Accionada con motor diesel 8 cilindros Caterpillar 3208NA VR de 125 Hp.

BOMBA DE CONCRETO DE REMOLQUE (estacionaria) MARCA SCHWING MODELO BPA-750-D 15R.

Accionada con motor diesel 4 cilindros de 68 Hp. por cada 2500 r.p.m.

BOMBA DE CONCRETO DE REMOLQUE (estacionaria) MARCA SCHWING MODELO BP 750.

Accionada con motor diesel 4 cilindros de 51 Hp. o motor eléctrico de 50 Hp.

BOMBAS DE CONCRETO DE REMOLQUE (estacionarias) MARCA THOMSEN MODELOS:

- TTS 2045(4)

4 cilindros diesel de 67 Hp.

- TTS 2040(5)

5 cilindros diesel de 83 Hp.

- TTS 2040(4)

4 cilindros diesel de 67 Hp.

- TTS 2025(E)

Eléctrico de 50 Hp.

- TTS 2015(4)

4 cilindros diesel de 67 Hp.

- TTS 5000

6 cilindros diesel de 160 Hp.

- TTS 12000

6 cilindros diesel de 240 Hp.

En los últimos dos ejemplos cabe destacar que la potencia varía de acuerdo con la capacidad de bombeo del motor ($m^3/hr.$). Esto es entre otras cosas por la influencia del diámetro de la tubería que en estos casos es de entre 7" y 9".

A continuación se presentan algunas potencias de bombas telescópicas, solo son algunos tipos representativos, ya que no hay gran variación de sus características dentro de esta clase:

BOMBA PLUMA MARCA THOMSEN MODELO 17376 R685 ST.COLOCADA SOBRE CAMIÓN MARCA MACK.

Accionada por motor 6 cilindros turbo-cargado MACK de 237 Hp.

BOMBA PLUMA MARCA SCHWING MODELO BPL 750 KVN116. COLOCADA SOBRE CAMION MARCA MACK.

Accionada por motor 6 cilindros diesel de 68 Hp. o por motor electrico de 60 Hp.

BOMBA PLUMA MARCA SCHWING MODELO BPL 320 HD.

Accionada con motor electrico de 50 Kw

Aquí se nota la variación en las potencias ya que la distancia es de entre 28 y 32 mts. Otro dato importante es la capacidad de las tolvas, tanto de una como de otra clase de bombas, ya que esta varía desde 200 hasta 800 litros.

11.5.3 Accesorios

Los acoplamientos y los accesos disponibles entre los tubos, deben ser lo suficientemente resistentes como para soportar el peso del sistema durante su erección, y los inconvenientes a causa de las desviaciones y mala sustentación.

Los accesorios para las tuberías se enumeran como sigue:

- 1.- Secciones rígidas y flexibles de longitudes variables.
- 2.- Secciones curvas de tubos rígidos.
- 3.- Uniones giratorias y distribuidores rotatorios (Foto 15)
- 4.- Válvulas de seguridad para evitar el retroceso del flujo en las tuberías.
- 5.- Válvulas de cambio para enviar el caudal a otras tuberías.
- 6.- Dispositivos con conexiones para llenar las cunbras del fondo hacia arriba.
- 7.- "Tablillas", rodillos y otros dispositivos para proteger el ducto al pasar sobre roca, concreto, acero reforzado, cimbras; y también para proporcionar puntos de ligadura y elevación.
- 8.- Uniones extrafuertes para conducción vertical, y para áreas peligrosas o inaccesibles.
- 9.- Conversiones para conectar diferentes calibres de tubos.
- 10.- Venteos para bombeo inclinado.
- 11.- Respiradores de aire para bombeo hacia abajo.
- 12.- Equipo de limpieza.
- 13.- Plumas controladas eléctricamente o gruas especializadas.

Algunos fabricantes de bombas ofrecen plumas eléctricas o gruas especiales. Este equipo proporciona la fuerza de maniobra rápida y apropiada del tubo conductor de concreto, generalmente por medio de manguera colgante. Estas unidades son especialmente útiles para columnas, muros y pequeños vacuados aislados.

11.6 Equipo auxiliar (vibrador, palas, escantillon, cucharas, etc.)

VIBRADORES: La vibración es el método de asentamiento práctico más eficaz conseguido hasta ahora. Jauado un concreto con características bien definidas como son la resistencia mecánica, compacidad y un buen acabado.



15

Foto 17. Algunos tipo de accesorios para el tubo rígido. Adaptaciones de costo de diferente costo y utilidades.

La vibración es un avance no tan viejo y muy eficaz hasta la actualidad. Este método fue descubierto por el ingeniero francés Rabut cuando reforzaba un puente metálico de ferrocarril que se hallaba muy debilitado por la acción del tiempo. Desde este momento son varios los técnicos dedicados al estudio y perfeccionamiento de la vibración.

En terminos sencillos, el vibrado consiste en someter al concreto fresco a impulsos vibratorios rápidos que "licúan" al mortero y reducen en forma drástica la fricción interna entre las partículas de agregado (Foto 16). En estas condiciones el concreto se asienta por gravedad (algunas veces ayudado por otras fuerzas). Al detenerse la vibración se restablece la fricción. De esta manera, el material que se encuentra más esponjado según su consistencia, se va asentando gradualmente, reduciéndose considerablemente el volumen de aire incluido. Esta técnica permite la compactación de concretos de agregados gruesos de dimensiones tales que ningún otro procedimiento sea capaz de consolidar.



16

Fig. 6. Forma de vibrar una estructura de concreto al momento de colado.

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA VIBRACION

La vibración queda determinada por su frecuencia e intensidad. *Frecuencia* es el número de pequeños golpes a modo de movimiento oscilatorio, el cual se somete al concreto en un período de un minuto. *Intensidad* o amplitud, es el máximo desplazamiento de la superficie sometida a la vibración entre dos impulsiones.

La vibración puede ser de alta o de baja frecuencia. Se considera de baja frecuencia el valor de corriente de 3000 vibraciones por minuto, cuando este es superior o igual a 6000 vibraciones por minuto se considera dentro del campo de alta frecuencia. Con esta última se logra un aumento progresivo en la capa asentada y la vibración es de escasa intensidad, alcanzándose un bajo contenido de aire de la masa de concreto bastante perfecta. La vibración de baja frecuencia se caracteriza por una gran intensidad que obliga al empleo de mezclas con una relación agua-cemento superior, teniendo el concreto con bastante contenido de aire.

Un factor muy importante es el tiempo que dura la vibración, y esta depende del tamaño máximo de agregado, la riqueza de cemento en la mezcla, tipo de estructura, separación del armado y espesor de la capa de concreto. Generalmente, al aumentar la frecuencia disminuye el tiempo de vibrado. Como dato importante puede asegurarse que al aumentar en un 50% la frecuencia, se reduce el tiempo de asentado en un 75% aproximadamente.

Otro factor muy importante es el radio de acción de un aparato vibrador. Algunos técnicos lo establecen entre 80 y 120 cms. mientras que otros tantos entre 40 y 80 cms. siendo poco eficaz el efecto vibratorio a partir de estas distancias. Para dar una idea de ello, la amplitud de vibración, es de 15 mm. a una distancia de 20 cms., decreciendo a la mitad a 40 cms. y pasa a 5mm. por cada metro.

Dos ventajas de singular interés pertenecidas al concreto compactado mediante la vibración son la plasticidad y la ausencia de huecos. Estas son mucho más apreciables cuanto menor sea el contenido de agua de amasado.

PROCEDIMIENTO DE VIBRACION:

La vibración se utiliza en todas sus formas. Los procedimientos empleados son los siguientes:

- Vibración externa
- Vibración interna
- Vibración superficial

El procedimiento más adecuado depende de la instalación disponible, tamaño del elemento a vibrar, resistencia que se desea obtener, etc. Cuando hay que conseguir un concreto compacto y resistente, el procedimiento más racional es la vibración vertical según ha sido demostrado por numerosas aplicaciones.

Vibración externa: Consiste en fijar el vibrador en las paredes de la cimbra o bien a una plataforma sobre la cual se colocan los elementos que hay que vibrar (fig. 2.1). El número de vibradores depende del tamaño y forma de la cimbra, y el emplazamiento de estos debe hacerse en lugares convenientes.

La frecuencia más corriente de los vibradores es de 3000 vibraciones por minuto pero existen algunos tipos que pueden alcanzar valores de 9000 vibraciones por minuto, necesitando un cambiador de frecuencia eléctrica.

Modernamente se han construido vibradores externos con turbo-motor neumático y de frecuencia variable alcanzando hasta 30000 vibraciones por minuto, valor que depende de la presión de aire.

Cabe señalar que la *MESA VIBRANTE* (fig. 2.2) es una de las varias aplicaciones de la vibración externa. Esencialmente esta constituida por una plataforma metálica rígida que descansa

sobre unos apoyos elásticos con el fin de que no puerda parte del efecto vibratorio. La distribución del vibrador es cenual y en la parte inferior de la plataforma.

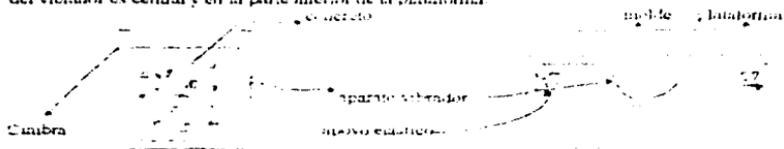


Fig. 2.1

Fig. 2.2

Vibración interna: Consiste en aplicar directamente al concreto la acción del vibrador colocando un aparato en el seno de la masa que se desea consolidar; el invento es mucho más energico que la vibración externa y la cantidad de concreto vibrado en un tiempo determinado depende de la rapidez de desplazamiento. Este tipo de vibrador se aplica principalmente en la fabricación de vigas, postes, muros, cimientos, así como en las gransas obras públicas.

La vibración interna suele tener una frecuencia más elevada que la dada la vibración externa. Esta puede variar entre 6000 y 30000 vibraciones por minuto siendo las más eficaces las frecuencias comprendidas entre 10000 y 15000 vibraciones por minuto.

Este tipo de vibradores se basan casi exclusivamente sobre el principio de una masa excéntrica sometida a rotación (Foto 17), pero existen algunos tipos basados en el péndulo cónico.

La transmisión de energía de la fuente al vibrador se efectúa por medio de los siguientes métodos:

- Un cable flexible en uno o varias piezas, cuya longitud máxima es de 10 metros, siendo la velocidad propia del eje de 3000 revoluciones por minuto.
- Un cable eléctrico conectado directamente con el motor incorporado en el cilindro del vibrador.
- Un tubo que lleva el aire comprimido al turbo-motor, situado en el interior del vibrador y de una longitud aproximada de 6 metros.

Aparte de la electricidad suministrada por las centrales eléctricas o grupos electrogenos y el aire comprimido como fuentes de alimentación, pueden emplearse también motores de gasolina y diesel.

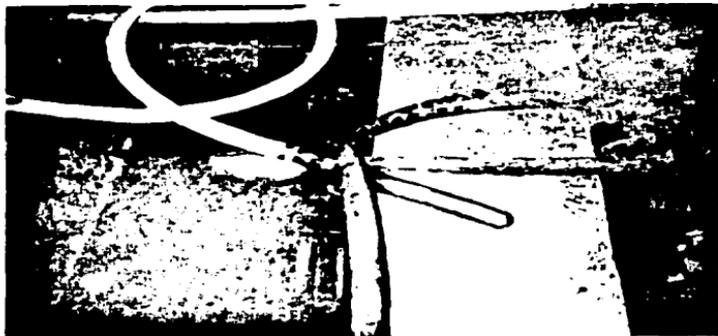


Foto. "El cabezal al conectar suata a masa vibratoria. Foto mas amplia vista en el libro."

Vibración superficial. En general tiene menos aplicación que la interna. Consiste en desplazar sobre la superficie del concreto un plato o plataforma, encima de los cuales se monta un vibrador del tipo de masa excéntrica. Esta modalidad de vibración es ventajosa cuando el espesor del concreto es reducido, pero su efecto disminuye considerablemente a medida que aumenta el grosor, no debiéndose vibrar capas superiores a 25 cms.

La vibración superficial se emplea, generalmente, en la construcción de carreteras, pistas de aerodromos, placas, pavimentos, etc. La fuente de alimentación de estos aparatos puede ser simultáneamente la electricidad, aire comprimido, gasolina o diesel.

NORMAS A SEGUIR EN LA VIBRACION DEL CONCRETO

La duración de la vibración es un tema que ha suscitado vivas polémicas dentro de esta técnica experimental. Para el fabricante de prefabricados de concreto es de suma importancia conocer la duración de la vibración ya que determina el ciclo de fabricación. No existe una regla o norma bien definida para su fijación pues hay un gran número de factores determinantes.

En la mayoría de los casos es necesario recurrir a ensayos previos. Normalmente, en cada posición, la duración del vibrado oscila entre 10 y 30 seg., dependiendo de la frecuencia adoptada y de la consistencia del concreto. Se ha comprobado que cuanto más acelerada sea la vibración, tanto menor será la duración. Una vibración excesiva terminará por segregarse los agregados del concreto.

El radio de acción de un vibrador suele ser alrededor de 2/3 de la longitud de su armazón vibrante. Cuando hay que aventar capas superpuestas, no es conveniente vibrar espesores superiores a los 30 cms. Tanto al introducir como al retirar el vibrador de la masa de concreto, hay

que tomar la precaución de hacerlo lentamente para evitar la formación de huecos en la misma. La introducción debe hacerse sin forzar el aparato, dejando que penetre en la masa por sí mismo.

Para que el concreto vibrado sea compacto y resistente, conviene que se cumplan estrictamente las instrucciones indicadas de empujar, ya que en caso contrario la vibración puede resultar deficiente e inoperante (fig. 2.3 y 2.4).



fig. 2.3 Vibración correcta

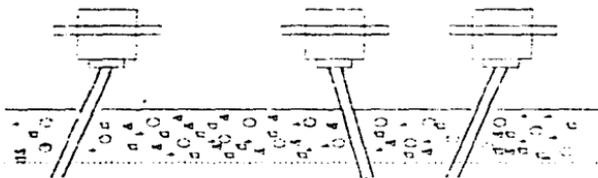


fig. 2.4 Vibración incorrecta

APARATOS VIBRADORES

Vibradores neumáticos: Constan de un cilindro, dentro del cual se desliza un pistón de forma parecida a la de los martillos hidráulicos usados para romper pavimento.

Estos vibradores pueden ser exteriores o de encofrado, e interiores. La frecuencia alcanzada por la vibración neumática es muy superior a la de los vibradores eléctricos, pudiendo registrar valores de hasta 30000 vibraciones por minuto. La elevada potencia alcanzada por este aparato, permite la obtención de concretos de una excelente capacidad. Tiene un consumo medio de aire de 60 cm³/hora, pesa alrededor de 4 kg. y tiene una longitud de 165 mm.

Vibradores eléctricos (Foto 18). Al igual que los vibradores neumáticos, los eléctricos pueden ser internos o externos. Los primeros son los más ampliamente utilizados pues son fáciles en la fabricación de piezas de especial requerido. En una vibración mucho más eficiente que la externa y a producir el movimiento de tramo a tierra, cada instante.



18

Foto 18. Motor eléctrico de vibrador

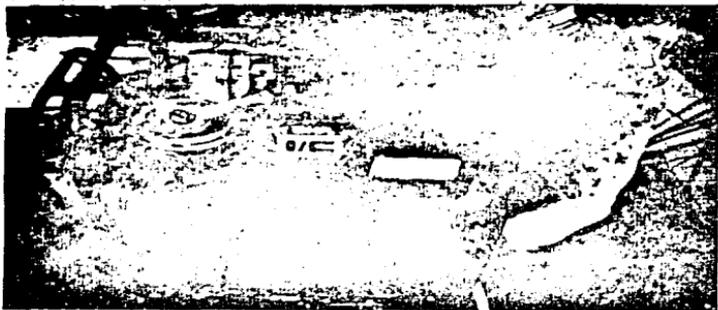
Vibrador de flecha flexible. Este tipo de vibrador es probablemente el más empleado hoy en día. Por lo general el excéntrico se opera mediante un motor eléctrico o neumático, o por medio de un motor portátil de gasolina (Foto 19).

En el vibrador operado por medio de motor eléctrico la flecha flexible sale del motor hasta la cabeza del vibrador, donde mueve el peso excéntrico. Este es por lo general para corriente universal monofásica, de 110 voltios (en ocasiones de 220 voltios) y de 60 ciclos por segundo. La frecuencia de este tipo de vibrador es bastante elevada cuando opera en el aire por lo general de 12000 a 17000 vibraciones por minuto (200 a 280 Hz).

En el vibrador de gasolina (Foto 20), la velocidad del motor es por lo general de 3600 revoluciones por minuto (60 revoluciones por segundo).

Vibrador de motor eléctrico en la cabeza. Estos han alcanzado mayor popularidad durante los últimos años. Como el motor está situado en la cabeza del vibrador, no existe motor o flecha flexible por separados, de la cabeza sale un cable eléctrico resistente, el cual también actúa como mango.

Vibradores de aire. Los vibradores de aire operan mediante aire comprimido, con el motor de aire generalmente dentro de la cabeza del vibrador. El modelo más común es el de aspas, que tiene tanto el motor como los elementos excéntricos apoyados en baleros.



20

El campo de motores de aire es muy ventajoso cuando el aire comprimido es el fuente de energía de más fácil acceso.

A continuación se dan algunas especificaciones y nombre del modelo

- "Viella":** *Potencia del motor 2.5 CV
Corriente alterna trifásica 220-380 V
Vibraciones por minuto 10000 pulsaciones
Manguera de propulsión 4 m. de longitud
Rendimiento de concreto vibrado 5 a 10 m² hora.*
- "Verona":** *Potencia del motor 2.5 CV, motor de propulsión de cuatro tiempos.
Consumo de carburante 100 gr CV hora
Refrigeración por aire
Va equipado de embrague automático para facilitar el arranque
Peso total aproximado 65 kg.
Dimensiones máximas 130" * 0" 80 cm altura.*
- Vibrador de gasolina "Wacker":** *Potencia de 4.5 y 8 Hp
Cabeza vibratoria de 11 2"- 13 4"- 21 4" y 21 2".
Eje flexible 4 y 6 ms.
Acople rápido*
- Vibrador eléctrico:** *Potencia de 2 y 3 Hp
Cabeza vibratoria de 11 2"- 13 4"- 21 4" y 21 2".
Eje flexible 4 y 6 ms.
Acople rápido*
- Vibrador eléctrico "Wacker":** *Motor eléctrico de 5Hp
Eje flexible de 4 ms.
Cabeza vibratoria de 35a 65 mm.
Vibraciones promedio por minuto 12500-14000
110 voltios, 60 Hz*
- Vibrador a gasolina "Wacker":** *Motor de 5 Hp
Eje flexible de 4 ms.
Cabeza vibratoria de 35a 65 mm.
Vibraciones promedio por minuto 9000*
- Vibrador Neumático "Wacker":** *Diámetro vibrador 35 mm., 55 mm. y 75 mm.
Vibraciones por minuto aprox. 18000
Diámetro de acción 10 cm., 65 cm. y 90 cm.
Presión de aire necesaria: 6 bar (8.5 Psi)*

Mesa vibratoria: Consta esencialmente de una plataforma metálica, reforzada con perfiles laminados soportada por cuatro o más apoyos con amortiguadores de resorte de caucho (Véase figura 2.2) debajo de la cual se aplica uno o varios vibradores que transmiten el efecto vibratorio. La excitación es debida a un electromotor que da una vibración unidireccional o a una máquina excéntrica rotativa que puede estar incorporada al motor o montada separadamente.

El número y potencia de los vibradores dependen del peso propio y altura (peso del molde, masa y masa del concreto) y se distribuyen de una manera uniforme a lo largo de la masa.

El tamaño de las masas es muy variable, según sean las dimensiones de los elementos a vibrar, oscilando hasta 1.20 x 1.20 x 0.30 m, con una potencia máxima de 1000 kg, aproximadamente. Normalmente se aplica una frecuencia de 3000 a 4000 vibraciones por minuto, pero también conseguiremos resultados elevados dispuestos de un modo u otro de los elementos.

La duración de la vibración influye positivamente en la compactación del concreto a poca cantidad. Normalmente se considera suficiente una duración de dos minutos, pero en el caso de una sección es particular, la práctica determina su duración en el plazo de tiempo más apropiado.

Un inconveniente que se encuentra a menudo en el campo de la vibración, es el efecto de puzos, fenómeno que tiene lugar en algunas piezas de grandes masas y espesores reducidos. Aunque se haya calculado un vibrador que responda a la masa total a vibrar, el asentamiento no será completo si tiene lugar tal fenómeno, debiendo adoptar aparatos de mayor potencia para subsanar este efecto.

Para disminuir el movimiento horizontal durante la vibración pueden instalarse las masas excéntricas acopladas de manera que giren en sentido opuesto lo que se traduce en un movimiento vertical. Otro método para eliminar el movimiento horizontal es disponer una suspensión adecuada en cada caso. Para elementos de excepcional longitud pueden emplearse dos masas, pero es necesario que estén perfectamente sincronizadas.

Una masa vibradora tiene las siguientes características:

Carga útil máxima	700 kg.
Anchura	1000 mm.
Longitud	2000 mm.
Altura	600 mm.
Peso propio	180 kg.
Potencia del motor	3 CV.

La frecuencia normal es de 3000 vibraciones por minuto y la amplitud de la vibración es regulable mediante aligeramiento de las masas excéntricas del vibrador.

PALAS: (Foto 21) Su definición es: Herramienta de hierro y mango de manera que se utilice para mover la tierra o cualquier otro material en estado suelto de un lugar a otro.

Las palas pueden ser de punta redonda o cuadrada. Las primeras convienen sobre todo para recoger materiales poco coherentes como arena y grava. Las segundas son empleadas principalmente para los escombros de terrenos más coherentes (arcillas). En el caso del concreto hecho en obra, se utiliza para moverlo y evitar el rápido endurecimiento de este, ya que no cuenta con ningún retardante de fraguado.



Figura 2.2. Empleo de la escuadra en el caso de la losa.

ESCANTILLÓN: (Foto 22) Es una plancha metálica técnica utilizada en el momento de la construcción, para definirlo como "un pedazo de varilla o madera en la que se predetermina una distancia, marcanola de la rejilla". Esta plancha permite una verificación de distancia y espesor más manuable y sencilla.

En el caso del colado de una losa, donde por lo general es más grande, es un nivelador para medir los espesores de diferentes lugares del área que se está trabajando, se coloca en el concreto aun fresco a un espesor predeterminado con un "testigo" de alambre a la medida respectiva.

CUCILARA: (Foto 23) Hoja de acero, plana, triangular, con punta redondeada y lleva a un mango de madera alargado, conocida también como hoja de alfiler. Esta se emplea como auxiliar para dar acabado a la superficie del concreto colado, este entre otros usos para albañilería en general.

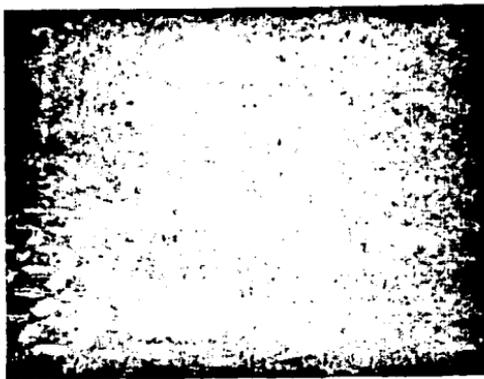
Sus dimensiones pueden variar de acuerdo a las necesidades de cada ocasión.

Cabe señalar las distintas herramientas que se utilizan además para el colado de cualquier tipo de estructura de concreto:

SERRUCHO: Sirve por lo general para cortar la madera para la cámara, por citar un ejemplo.

MARTILLO O "MACETA": La maceta, es una especie de aram martillo, posee por lo general en los dos extremos la cabeza plana, esto para dar facilidad al clavar la cámara.

FLEXOMETRO: Corrientemente metálico, sirve para tomar medidas pequeñas, para verificar ciertas cotas. Todo el mundo lo conoce y lo ha utilizado. Viene en diferentes dimensiones.



24

Foto 21. Ejemplo de estratificación por aire.

NIVEL: permite verificar la horizontalidad en la cámara o algún otro elemento. Es un compuesto de un tubo de vidrio, el cual se llena con agua y se coloca dentro en su interior una burbuja de aire. La graduación permite apreciar las pequeñas inclinaciones con respecto a la horizontal.

II.7. Fenómenos relativos a la colocación

II.7.1. Segregación

Al hablar del concreto trabajable en general, se supone que ese tipo de material no debe de segregarse con facilidad, es decir, debe ser cohesivo. Sin embargo, hablando estrictamente, la ausencia de tendencia a la segregación no se incluye en la definición de un concreto trabajable.

La segregación se puede definir como la separación de los diferentes elementos que constituyen una mezcla heterogénea, de tal modo que su distribución no sea uniforme. En el concreto, lo que ocasiona este fenómeno es ante todo la diferencia en el tamaño de las partículas y de la densidad de los componentes que lo forman, pero su extensión puede controlarse eligiendo una granulometría adecuada y teniendo mucho cuidado con el manejo de la mezcla.

El objeto del amurado es que todos los materiales introducidos queden repartidos regularmente en la masa. El reparto regular de cemento, agua y agregados garantiza propiedades regulares en el concreto endurecido.

Existen dos tipos de segregación: en el primero de ellos, las partículas más gruesas tienden a desplazarse hacia afuera, puesto que están más propensas en comparación de las partículas finas a deslizarse por las pendientes o asentarse. El segundo tipo, ocurre casi siempre en las mezclas,

huesos, se manifiesta por la separación de la lechada restante y agua de la mezcla.

La segregación se presenta independientemente del modo de manejo del concreto. Si el material no tiene que desplazarse un traveso la mezcla se trada directamente de la carretilla o en cualquier final en la cubeta, el peligro de segregación es mínimo.

Por otra parte, si el concreto se desvaca, la separación es considerable, lo que que pasa es por un tránsito especial, con cambio de dirección que forman huecos, el concreto se hunde, forma transportadores, y si debe descenderse contra un obstáculo, es necesario utilizar una mezcla más cohesiva.

Si se aplica un nivel, el conducto de la columna transporta parte del concreto, la posibilidad de la segregación se puede reducir mucho.

Cabe señalar que el método de prueba del pedregal, se aplica a los agregados de 100 mm de diámetro cuando se trata de agregados gruesos, y para el resto de los agregados, cuando se trata de agregados finos. En el caso de los agregados gruesos, antes de probar, se antes se debe hacer un ensayo de fluidez y proyección para tener una idea de la cohesión de la mezcla.

SEGREGACION ENTRE AGREGADOS DE DIFERENTES TAMAÑOS

El tipo de segregación más conocida del concreto, involucra la concentración local de agregados gruesos durante la puesta en obra, cuando existe un nivel de segregación vertical, se manifiesta en partes más altas que forman huecos, que forman huecos.

Otra razón del aumento de la formación de la concentración de arena en las secciones inferiores es debido al hecho experimentalmente que cuando se hace un ensayo del cubado es más densa al pie del vertido.

Consecuencia de la segregación de agregados gruesos, son los rechamos de concreto, acumulados frecuentemente en algunos años de la obra.

MORTERO FINO SEGREGADO

El mortero fino segregado puede ocurrir con la construcción de un muro, cuando se le expone la formación de cavidades, durante la construcción de un muro, cuando se le expone a las intemperias. En el caso de fogos por la cubeta, la presión hidrostática es conocida por el cuando espesa el mortero fino. La firma de este cuando espesa hacen altura correspondiente, en un principio, al diámetro de la apertura, cuando se encuentran se produce un conducto de agregados finos al formarse un fillo en el interior de la cavidad.

La pérdida de mortero se interrumpe por sí misma en algunos días antes de que se formen en la masa de concreto huecos mayores.

SEGREGACION ENTRE AGUA Y CEMENTO

La diferenciación de la pasta de cemento en el concreto de series diferentes de los afrentes se ve en la relación agua cemento. En un mismo grado endurecimiento, hay cambios cualitativos importantes que afectan a la porosidad y a los esfuerzos y ambos influyen por tanto en la segregación del concreto. Distintos tipos de arena, áridos o áridos de ciertos tamaños, ciertos tratamientos, etc. fundamentalmente importantes, puesto que la segregación de agua y cemento se ve favorecida en la parte superior del concreto, al estar en la superficie de contacto de la calidad superior tanto la compresión como las vibraciones en la unión de las series.

AGUA SEGREGADA POR VIBRACION

Un vibrador produce un ritmo rápido de golpes transmitidos a los componentes móviles de la masa de concreto. Los movimientos de sacudida se caracterizan por su dirección, amplitud y frecuencia, aunque sus valores son irregulares y difíciles de definir en la práctica. La dirección depende fundamentalmente de la posición del vibrador, pero puede variar de la horizontal a una indeterminada. La amplitud disminuye a medida que se aleja del origen de la vibración, aunque también crece la cantidad de partículas vibrantes. Por último, la frecuencia que, en el campo de las vibraciones heterogéneas permanece constante, puede sufrir modificaciones debido a los fenómenos de resonancia.

11.7.2. Temperatura ambiente

Clima caluroso

Este tipo de clima provoca problemas en la fabricación, la colocación y el curado del concreto de cemento Portland, los cuales pueden afectar de manera adversa las propiedades de este material.

Resulta importante reconocer que el daño en los climas calurosos provocados al concreto no pueden ser evitados por completo y, por lo tanto, será necesario contar con un criterio competente para seleccionar la más apropiada relación entre calidad, economía y durabilidad.

DEFINICION DE CLIMA CALUROSO

El clima caluroso se define como cualquier combinación de alta temperatura ambiente, baja humedad relativa y velocidad del viento que tienda a perjudicar la calidad del concreto fresco o endurecido o de cualquier otra manera provoque el desarrollo de anomalías y en las propiedades de este. Los factores climáticos afectan al concreto en los climas calurosos son las altas temperaturas ambientales y la humedad relativa reducida, cuyos efectos pueden ser considerablemente más pronunciados con el incremento de la velocidad del viento.

Las medidas de precaución requeridas en un día calmado y húmedo serán menos estrictas que las requeridas en un día seco y con viento, aun cuando la temperatura ambiente sea la misma.

EFFECTOS DEL CLIMA CALUROSO

Los efectos indeseables del clima caluroso en el concreto en estado plástico pueden incluir:

- Incrementos en los requerimientos de agua
- La **incrustación** en la rapidez de la pérdida de revestimiento y la correspondiente tendencia a añadir agua en el lugar de la obra
- Incrementos en la rapidez del fraguado que tiene como resultado una mayor densidad en el concreto, el acabado y el curado comentado en la posibilidad de juntas frías
- El **incremento en la tendencia y el agrietamiento** en estado plástico
- Incremento en la dificultad para controlar el contenido de aire incluido

EFFECTOS INDESEABLES EN EL CLIMA CALUROSO EN ESTADO ENDURECIDO

- Reducción de la resistencia como resultado del alto requerimiento de agua y de un incremento en el nivel de temperatura
- Incremento en la tendencia a la **contracción por secado** y al **agrietamiento térmico diferencial**
- Reducción de la durabilidad
- Reducción de la uniformidad de la apariencia superficial

COLOCACION EN CLIMA CALUROSO

En muchos aspectos, los requisitos para obtener buenos resultados durante la colocación del concreto en clima caluroso suelen ser distintos de los necesarios en otras estaciones. Existen las mismas necesidades:

- Que el concreto se maneje y se transporte con un mínimo de segregación y pérdida de revestimiento
- Que el concreto se coloque en el lugar donde va a permanecer
- Que el concreto se cure en capas lo suficientemente delgadas a fin de asegurar el vibrado hasta la parte profunda de la capa inmediatamente inferior
- Que las juntas se coloquen en concreto sólido y limpio
- Que las operaciones de acabado y su ritmo se guíen únicamente por el grado de terminación del concreto respecto a ellas y nada más

PREPARATIVOS PARA LA COLOCACION

Los preparativos para la colocación en clima caluroso incluyen el reconocimiento, al iniciar el trabajo, de que se presentarán ciertas condiciones anormales, las cuales requerran de algunos detalles de preparación que no se puedan proporcionar eficazmente en el preciso momento anterior a la colocación del concreto.

En primer lugar la entrega del concreto en la obra debe estar programada de manera tal a su colocación inmediata, a la llegada, en particular de la primera carga. El equipo para la colocación debe contar con la capacidad adecuada para cumplir con sus funciones de manera

eficiente, con el fin de no provocar retrasos en etapas críticas del trabajo. Todo el equipo debe estar en condiciones óptimas de operación.

Debido a la gran capacidad de pérdida de revestimiento en climas cálidos, el diseño en el equipo de vibración será mayor. De manera con esto, deben generarse varios vibradores, de acuerdo por lo menos uno por cada tres metros cúbicos.

Los preparativos para la colocación del concreto incluyen la losificación adecuada de la preparación de las juntas de construcción. Sin importar cual límite de temperatura haya sido considerado e adecuado, siempre resultará más fácil mantener el concreto en las mezcladoras, las bandejas, la tubería de bombas y las canchales de concreto en la zona. El más caliente sea posible, este equipo absorberá considerablemente menos calor si se pinta y se mantiene pintado de blanco.

El concreto colocado en las primeras horas de la mañana, puede alcanzar una muy alta temperatura que resulta definitivamente inadecuada, en particular al medio día, donde se presenta la máxima irradiación de sol y se calor de hidratación. Al enfriarse, este concreto se podrá ver expuesto a un severo esfuerzo térmico.

Si se desea evitar el agrietamiento y el daño grave ocasionado por el secado, se debe contar con instalaciones listas para proteger con rapidez todas las superficies expuestas.

La prontitud en la colocación del concreto y su acabado reducen considerablemente las dificultades del clima cálido.

TEMPERATURA DEL CONCRETO

A menos que se tomen las medidas necesarias para controlar el comportamiento del concreto a elevadas temperaturas, a través de la selección de materiales adecuados dosificados correctamente, los aumentos de temperatura del concreto inducirán los siguientes efectos adversos:

- a) La cantidad de agua necesaria para producir un cierto revestimiento aumenta conforme al tiempo transcurrido a partir de que el cemento se humedeció. Para un tiempo constante de mezclado, la cantidad de agua necesaria para alcanzar un cierto revestimiento también aumenta con la temperatura.
- b) Este aumento en el contenido de agua inducirá una disminución proporcional de la resistencia y de la durabilidad así como el aumento en la contracción por secado.
- c) La pérdida de revestimiento resultará evidente a edades más tempranas después del mezclado y con una mayor rapidez, lo cual puede dificultar el manejo y las operaciones de colocación.
- d) En climas áridos se tendrá una mayor probabilidad de que se presenten grietas por contracción plástica.
- e) En secciones de grandes dimensiones se tendrá una mayor rapidez de hidratación y evolución de calor, lo cual aumentará las diferencias de temperatura entre el concreto interior y el exterior. Esto puede dar lugar al agrietamiento por temperatura.
- f) El curado precoz será cada vez más crítico y la falta de él cada vez más perjudicial.

PREPARACION DEL CONCRETO

Las proporciones de la mezcla de concreto a utilizarse determinarse y fijar la base de los materiales de la preparación de acuerdo a las especificaciones de los planos. El concreto que se prepara durante los trabajos, mantendrá en estado de sus componentes y en condiciones esperadas y en los tiempos de entrega.

La selección de los ingredientes y de las proporciones debe basarse en el método usual de comportamiento constructivo del concreto en climas fríos y el concreto que se prepara debe mantenerse un hora como sea posible antes de ser suficiente para hacer cualquier otros requisitos de resistencia y durabilidad.

El comportamiento de los mezclas de concreto propuestas para probarse deberá verificarse en condiciones que se asocian al tiempo de el trabajo y a las altas temperaturas que se encuentran en el sitio.

Para determinar las proporciones de la mezcla mediante mezclas de prueba de laboratorio se propone un procedimiento para estimar la pérdida de revenimiento durante el tiempo comprendido entre el mezclado del concreto y su colocación.

Clima frío

Para concretos estructurales se requiere un controlable exceso de protección y debe asegurarse de que estén libres del daño ocasionado por el congelamiento a temprana edad y no garantizar el seguro desarrollo de la resistencia.

El concreto colocado bajo condiciones de clima frío desarrollara estas cantidades únicamente si ha sido hecho, colocado y protegido de manera adecuada. El grado necesario de protección aumenta a medida que disminuye la temperatura ambiente.

DEFINICION DE CLIMA FRIO

El clima frío se define como un periodo de tiempo en el cual durante más de tres días consecutivos la temperatura cae por debajo de los 5°C, la temperatura del aire no es mayor a 10°C durante más de la mitad de un periodo cualquiera de 24 hrs.

Un clima moderadamente frío, como el del punto cuando se ha pronosticado helada fuerte o temperaturas de congelamiento en la obra, todas las superficies de concreto descubiertas deben estar protegidas de la congelación por lo menos durante las primeras 24 hrs. a partir de su colocación.

El concreto así protegido estará a salvo del daño por congelamiento a temprana edad, si tiene un contenido y después recibe un cuidado apropiado, indicado en un manual de práctica para un durabilidad final.

En climas fríos, cuando las temperaturas medias diurnas por lo general se mantienen dentro de los 3°C , el concreto debe colocarse a una temperatura no menor de la que se lee en la línea 1 de la tabla 2.2.

Línea	Temperatura del aire	Temperatura de la sección	Dimensiones mínimas (m)		
		(0.30)	(0.30)	(0.30)	(0.30)
Temperatura mínima del concreto en el momento de la colocación, si se usa concreto					
1		10	10	10	10
Temperatura mínima del concreto en el momento del mezclado, según el tipo de protección					
2	Antes de -1°C	16.7	13.3	10.0	7
	-18°C a -1°C	18.0	16.0	12.5	10.5
	-25°C	21.0	18.0	15.0	13.0
Máxima caída gradual de temperatura permisible durante las primeras 24 hrs. después de terminada la protección					
3		28.0	22.0	17.0	14.0

Temperatura mínima de colocación del concreto (m)

TABLA No 2.2

TEMPERATURAS DEL CONCRETO

Durante el clima frío, la temperatura del concreto en el momento de su colocación no debe ser menor a los valores dados en la tabla No 2.2. Además, a fin de evitar la congelación en etapas tempranas, la temperatura del concreto debe mantenerse a no menos que la temperatura de colocación recomendada durante los períodos dados en la tabla No 2.3. Este período de tiempo depende del tipo y cantidad de cemento, si se utiliza algún aditivo acelerador, y de la categoría del mismo.

Duración del periodo de protección requerido para evitar daño ocasionado por el congelamiento temprano de concreto con aire incluido		Cemento Tipo I o Tipo II	Cementos tipo III (o aditivos aceleradores) 60 kg/m ³ de cemento a lo menos
Línea	Exposición de concreto expuesto		
1	1	2	2
2	2	3	3

1. Duración del periodo de protección

TABLA No. 2.3

La temperatura del concreto al tiempo de su colocación siempre debe estar cerca de las temperaturas mínimas proporcionadas en la tabla No. 2.4. Las temperaturas de colocación no deben ser mayores que estos valores mínimos por más de 10°. Uno debe tener ventaja de la oportunidad que proporciona el clima frío para colocar concreto en bajas temperaturas. El concreto que se coloca a bajas temperaturas 5 a 13 °C debe protegerse contra el congelamiento y recibir un curado a largo plazo para desarrollar una resistencia más alta y mayor durabilidad, por lo tanto, estará menos sujeto a agrietamiento térmico que el concreto similar colocado a altas temperaturas.

Duración del periodo de protección para concreto colado durante clima frío				
Linea	Tipo de servicio	Periodo de protección a las temperaturas indicadas en la línea 1 de la tabla 2en-dos		
		Cemento Tipo I o Tipo II	Cemento Tipo III, o aditivos aceleradores o 60 kg/m ³ de cemento adicional	
1	Sin carga y no expuesto	2	1	
2	Sin carga y expuesto	3	2	
3	Carga parcial expuesto	6	4	
4	Carga completa	9	5	

* Un día es un periodo de 24 horas

TABLA No. 2.4

Las esquinas y extremos del concreto son más vulnerables al congelamiento y generalmente son más difíciles de mantener a la temperatura adecuada, por lo tanto, esta debe monitorizarse para evaluar y verificar la efectividad de la protección provista. El personal de supervisión debe mantener un registro de la fecha, tiempo, temperatura del aire exterior, temperatura del concreto conforme se coloca y condiciones climáticas (calma, viento, claro, nublado, etc.). Las temperaturas del concreto y del aire externo deben registrarse con intervalos de tiempo regulares pero no menos de dos veces cada 24 hrs.

Estos registros deben mostrar claramente cuales son las temperaturas en cada sección del colado de concreto.

FALTA PAGINA

No. 77

PREPARACION BREVE Y CALIFICACION DEL CONCRETO

Las preparaciones para la colocación del concreto en masa y para el concreto en el que se debe que todas las superficies que hayan a estar en contacto con el concreto recién colado se mantengan a una temperatura que no pueda causar un comportamiento regulatorio o cualquier otro fenómeno de endurecimiento.

En el caso de la nieve y la escarcha, éstas, que se de la nieve que se acumula en las superficies destinadas al concreto colado. Se pueden utilizar obras de protección para remover la escarcha de la nieve y eliminar de las cámaras el exceso de retorno y otros aditivos alagados.

Porcentaje de la resistencia de diseño, F_c requerida	Tipos de cemento			Porcentaje de la resistencia de diseño, F_c requerida	Tipos de cemento		
	I	II	III		I	II	III
50	6	9	7	50	4	6	3
65	11	14	8	65	8	10	4
85	21	29	16	85	16	18	12
95	29	35	26	95	23	24	20

TABLA No. 2.6

PROTECCION

La protección necesaria para evitar el congelamiento temprano debe proveerse inmediatamente después de la colocación del concreto. Antes de la misma deben hacerse todos los arreglos referentes a cubrir, aislar, calentar o cuidar el concreto recién colocado. La protección debe ser adecuada para lograr, en todas las secciones del concreto colado, la temperatura y condiciones de humedad.

Dado que la mayor parte del calor de hidratación del cemento en proceso de endurecimiento, se desarrolla durante los primeros tres días, puede no requerirse calor de fuentes externas con objeto de mantener al concreto a las temperaturas correctas.

El calentamiento interno del concreto se puede lograr ahogando en él resistencias eléctricas en espiral aisladas. Se pasa una corriente de bajo voltaje a través de esta, cerca de la superficie de la sección. Durante la colocación del concreto, las lonas o cualquier otro tipo de cubiertas fácilmente movibles, extendidas sobre caballetes o armazones, deben seguir estrechamente el proceso de la colocación, de manera que únicamente unos cuantos metros de concreto queden expuestos a la intemperie en cualquier momento.

La duración del periodo de protección requerido depende del tipo y cantidad de cemento, si se usa algún aditivo acelerante y el tipo de servicio.

Las categorías de servicio son las siguientes:

Categoría 1. Sin carga y no expuesto. La categoría incluye los muros y subestructuras que no están sometidos a cargas laterales y diseñados para estar permanentemente enterrados en el suelo. En ellos, no ocurren congelamientos y se debe diseñar en estado de servicio.

Categoría 2. Sin carga y expuesto. La categoría incluye las pilas, torres y pilones, las zonas superficiales expuestas al congelamiento durante el servicio, pero no tienen requerimientos de grandes resistencias temporales.

Categoría 3. Carga lateral y expuesto. La categoría incluye las estructuras expuestas al viento que incluyen estar sometidas a requisitos de altas temperaturas en condiciones de altas resistencias de diseño y que tendrán la posibilidad de sufrir grandes esfuerzos sísmicos, tales como se aplicaron en las zonas de diseño.

Categoría 4. Carga completa. Esta categoría incluye al concreto estructural que resiste a otros requerimientos temporales a fin de reducir las cargas de construcción.

11.3 Sangrado

El sangrado se conoce también como mancha de agua, es un tipo de segregación en la cual, parte del agua de la mezcla tiende a subir a la superficie del concreto recién colado. Esto se debe a que los componentes sólidos de la mezcla no pueden retener toda el agua de mezclado cuando se asientan en el fondo.

Alternativamente, el sangrado se puede expresar como el asentamiento total por unidad de altura del concreto.

Por causa del sangrado la superficie de cada colado puede quedar deteriorado (humboso), si el agua queda atrapada entre elementos superpuestos de concreto, el resultado será una estructura porosa, débil y poco durable. Si el agua del sangrado se vuelve a mezclar durante el acabado de la superficie superior, se puede formar una capa de desgaste débil. Esto se puede evitar retirando la capa de acabado hasta que el agua se evapore, también usando una alfombra y evitando sobrepasar la superficie. Por otra parte, si la evaporación del agua de la superficie es muy rápida que la magnitud del sangrado, puede observarse un agrietamiento por contracción plástica.

El sangrado no siempre es dañino, si no se interrumpe (el agua se evapora) la relación efectiva agua-cemento puede disminuir, dando como resultado un aumento en la resistencia. Por otra parte, si el agua que sube lleva consigo partículas finas de cemento en cantidad considerable, se formará una superficie porosa, con una apariencia permanentemente "polvosa". Suele formarse

¹ Instrumento de alfiler que se utiliza para fratar los paramentos. Es similar al fratas, pero en vez de una llana rasca.

² Fratar: pasar el fratas sobre un revoco todavía fresco, con movimientos de remolinos, distribuyendo azules de curado con el brazo extendido.

³ Frata: instrumento similar a la llana, pero de madera con bordes biselados y provisto de un mango, que sirve para rasar y alisar los revocos.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

en la capa superior del colado un péndulo del tipo "silencioso" con el que el colado no será adecuada. Por esta razón, la capa de lechada debe mantenerse siempre mojada y lavada.

La tendencia al sangrado depende mucho de las propiedades del concreto. Se puede disminuir aumentando la finura del cemento y se ve afectada por ciertos factores químicos, cemento con alto contenido de alcalis, o cuando se le añade cloruro de calcio, también sangrado.

El sangrado del concreto continúa hasta que la pasta de cemento se ha espesado lo suficiente para poner fin al proceso de sedimentación.

II.7 : Homogeneidad

Propiedad que presentan algunos materiales, por las que sus características mecánicas permanecen constantes en su totalidad. Se dice de la acción de mezclar y ligar bien una pasta, como el mortero, el cemento, el yeso, la cal, etc. con el agua.

La homogeneidad del concreto está influida por la variabilidad de los agregados, del cemento y de los aditivos empleados, puesto que estos contribuirán a las variaciones en la resistencia del concreto.

II.8. Problemas derivados de la colocación.

Las dificultades a la hora de colocar o de hacer un "colado", las podemos determinar de algunos puntos antes expuestos:

Colocarlo en una temperatura extrema (frío o calor) sin tomar las precauciones descritas, en el caso de un concreto bombeado o por bandas, no tener en cuenta que los camiones revoledora estén llegando constantemente, trayendo esto consigo que el material ya colocado comienza su fraguado y se tenga el riesgo de formar una junta fría.

Otro problema, es la falta de experiencia del trabajador que este llevando a cabo el vibrado, o bien, que este sea deficiente, ya que el material tiende a quedar con demasiadas espesaduras y aire, dando como resultado una resistencia baja y una calidad deficiente en la estructura colada. Además la falta de vibrado en algunas partes, puede dejar al descubierto el acero de refuerzo.

CAPÍTULO III

III. ANÁLISIS DE EFECTOS CAUSADOS POR LA TUBERÍA.

III.1. Pérdidas por fricción

En hidráulica se entiende por tubería cualquier conducto cerrado que transporte agua u otro líquido a presión. Por lo general son de sección circular.

Tres conceptos geométricos de la sección de una conducción hidráulica, muy importantes en el cálculo de las pérdidas por fricción, son los siguientes:

Área hidráulica: A , es decir, el área de la sección transversal ocupada por el líquido dentro del conducto.

Perímetro mojado: P , que es el perímetro dentro de la sección transversal del conducto en el que hay contacto del líquido con la pared (no incluye la superficie libre si esta existe).

Radio hidráulico: R_h , o sea la relación entre el área hidráulica y el perímetro mojado de la sección ($R_h = A/P$).

En las obras se desean colocar una cantidad de concreto dentro de un tiempo determinado. Se cuenta con un caudal definido. Para la selección de una bomba según las exigencias, es necesario conocer los datos de los cuales se deduce la presión de bombeo previsible. Esta presión depende de la longitud y diámetro de la tubería, del caudal, de la consistencia del concreto, de la altura de bombeo y de los codos instalados en la tubería.

La presión de bombeo aumenta proporcionalmente con la distancia horizontal de bombeo. Esto significa que, teóricamente, se necesita solo la mitad de presión para la mitad de longitud de la tubería. El concreto produce un rozamiento en las paredes interiores de los tubos. Cuanto mayor sea esta superficie de fricción, es decir, cuanto mayor longitud tenga la tubería, tanto más alta debe ser la presión.

Las fórmulas para la pérdida de carga por rozamiento (pérdidas por fricción) están en función del radio hidráulico (R_h), que para las tuberías circulares, llenadas por la corriente, es $R_h = d/4$, siendo "d" el diámetro interior. Es mejor que las fórmulas se expresen directamente en relación con "d" en vez de " R_h " si luego hay que sustituir este en función de "d".

Muchos investigadores han tratado de determinar las leyes que rigen el flujo o circulación de los fluidos de las tuberías (Chezy en 1775, Darcy en 1859, Poiseuille en 1840, Reynold en 1883).

De todas las fórmulas usadas para determinar las pérdidas por fricción en las tuberías, solamente la fórmula de Darcy-Weisbach permite la evaluación apropiada del efecto de cada uno de los factores que afectan la pérdida:

$$h = f L d^{-5} v^2 / 2g$$

Donde: f = coeficiente de fricción
 L = Longitud del radio de codo
 d = Diámetro
 v = Velocidad
 g = Gravedad

Codos. (Foto 24)

El escurrimiento del agua, o de cualquier otro líquido, alrededor de un codo en una tubería va acompañado por una redistribución de las velocidades, por un movimiento en espiral y por una turbulencia anormal. La turbulencia ocurre en el codo mismo, pero la porción más grande de esta se localiza en la tubería abajo del codo. Schuster encontró evidencia de esto en una distribución aguas abajo igual a 75 o 100 diámetros. Conforme el agua, o el líquido se aproxima al codo, su energía o carga, cerca de las paredes es pequeña, debido a la fricción de la viscosidad.

Los codos en una tubería aumentan la presión de bombeo. Al determinar la longitud virtual de una tubería, la resistencia de un codo se compara con una tubería colocada en sentido horizontal.

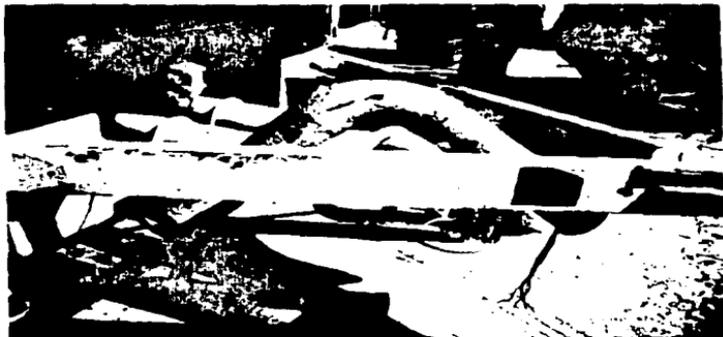
La pérdida puede expresarse como sigue:

$$\text{PÉRDIDA COMPLEMENTARIA POR CURVATURA} = K_b v^2 / 2g$$

Siendo " K_b " una función de " R " y de la relación r/d , entre el radio del codo y el diámetro de la tubería. Para valores iguales de r/d , los codos en las tuberías de diámetro diferente son asépticamente semejante y los resultados experimentales deben permitir que " K_b " se represente gráficamente para un valor dado en la relación r/d y en relación con los valores de " R ".

Las curvas en las tuberías con frecuencia se hacen utilizando secciones coladas con las llamadas *codos*. Estas piezas se utilizan comúnmente para curvas de 90° y 45° y se hacen con tantas de cera o rosca.

Estos codos se clasifican como de **VUELTA CORTA** y de **VUELTA LARGA**. El codo de vuelta corta tiene una relación r/d aproximadamente igual a uno y el de vuelta larga tiene una relación r/d de dos o mayor. Los codos que tienen conexiones con la tubería generalmente no causan cambios en el área de la sección conforme el líquido pasa por ellos.



24

Foto 27 Codo de vuelta corta radio de 1 m

Los valores de "Kb" para estos codos pueden considerarse como sigue:

$$K_b = 0.50 \text{ (vuelta corta)}$$

$$K_b = 0.25 \text{ (vuelta larga) } r/d = 2 \text{ a } 8$$

Algunas veces la pérdida se expresa en terminos de la longitud de un tubo recto en el que la pérdida por fricción en la tubería es igual a la pérdida por codo:

$$K_b \times v^2/2g = f L/d \times v^2/2g.$$

Lo cual podemos expresar de la siguiente manera:

$$K_b = f L/d.$$

En el presente subindice analizaremos las repercusiones y/o efectos que ocasiona al concreto el paso por la tubería de la bomba. Elaboremos un estudio tomado de ejemplos reales, en estos que son de diferentes características en cuanto a la longitud de la tubería, potencia y velocidad, trataremos de concluir la influencia de las pérdidas por fricción en nuestro material.

Se proponen tres muestros con diferentes longitudes de bombas en este caso se utilizaron solo bombas pluma; en el primer caso, tenemos una longitud de 32 mts.; en el segundo y tercero se utilizaron de 28 Mts. Se cuenta con las siguientes características:

La velocidad se obtiene en base a la longitud del pistón, la cual en el primer caso fue de 1.5 mts.,

con un alcance del concreto dentro de la tubería de 4.5 mts.; para el segundo y tercero de 1.0 mts, y un alcance de 3.5 mts. con un intervalo de empuje del pistón en ida y regreso de 3 segundos, este valor de tiempo es igual para los tres casos; se dice que la potencia de la bomba está en relación lineal con la longitud de la tubería. De esto se puede deducir que la tensión de deslizamiento es independiente de la magnitud de la presión de contacto, por lo tanto, después de la aceleración inicial la presión se conserva, dentro de las velocidades en la que se realiza el ensayo, proporcional a la velocidad de deslizamiento.

Para el primer caso:

Diámetro de la tubería: 5" o 12.7 cms

Número de codos: 11

Ángulo de los codos: 90° de vuelta corta

Velocidad: 1.5 m/seg.

Primero se utilizará la expresión para obtener "Kb"; pero en este caso nos interesa obtener el valor de "f" (coeficiente de fricción en el codo):

$$K_b = f L/d$$

De esta expresión despejamos "f", obteniendo lo siguiente:

$$f = [K_b \times d] / L$$

Sustituyendo valores:

$$f = [(0.5) \times (0.127 \text{ m})] / 0.5 \text{ m}$$

Por lo tanto: $f = 0.127$ (Coeficiente de fricción).

Sustituimos valores en la fórmula de Darcy para obtener el valor de "hf" en cada codo:

$$\begin{aligned} hf &= f (L/d) \times (v^2/2g) \\ hf &= 0.127 (0.5 \text{ m} / 0.127 \text{ m}) \times (1.5^2 \text{ m}^2/\text{seg}^2 / 19.62 \text{ m}/\text{seg}^2) \\ hf &= 0.05 \text{ m (por un codo)} \end{aligned}$$

$hf = 0.05 \text{ m} \times 11 \text{ codos} = \underline{0.63 \text{ m}}$ (Suponiendo una longitud de 5.5 m, ya que en cada codo su radio es de 0.50 m.)

Ahora bien, descontando esta longitud total de los codos, suponemos nos queda 26.5 mts.; además despreciando la altura y utilizando Darcy y la fórmula auxiliar de Kozeny, para obtener el coeficiente de fricción "f", nos queda lo siguiente:

$$\text{KOZENY: } f = 2g / (8.86 \text{ LOG } d + N)^2$$

$$\begin{aligned} \text{SUSTITUYENDO: } f &= (19.62) / (8.86 \text{ LOG } 0.127 \text{ m} + 36)^2 \\ f &= \underline{0.025} \end{aligned}$$

Donde:
 g: Gravedad
 d: Diámetro
 N: Coeficiente obtenido de la tabla
 8.4 pag. 295 Hidráulica General
 Vol I Sotelo Ávila, Gilberto.
 (Acero sin costura usado)

DARCY: $hf = f(L / d) \times (v^2 / 2g)$

SUSTITUYENDO: $hf = 0.025 (26.5m / 0.127m) \times (1.5^2 \text{ m}^2/\text{seg}^2 / 19.62 \text{ m}/\text{seg}^2)$
 $hf = 0.59 \text{ m}$

Por lo tanto tenemos como pérdidas totales $hf = 0.63 + 0.59 = 1.22 \text{ mts}$

Se hace un sólo análisis para el segundo y tercer caso, ya que la bomba tiene longitudes y diámetros iguales.

Para el segundo caso:
 Diámetro de la tubería: 5" o 12.7 cms.
 Número de codos: 9
 Ángulo de los codos: 90° de vuelta corta
 Velocidad: 1.16 m/seg.

Para el tercer caso:
 Diámetro de la tubería: 5" o 12.7 cms.
 Número de codos: 9
 Ángulo de los codos: 90° de vuelta corta
 Velocidad: 1.16 m/seg.

Primero se utilizará la expresión para obtener "Kb"; pero en este caso nos interesa obtener el valor de "f" (coeficiente de fricción en el codo):

$$K_b = f L/d$$

De esta expresión despejamos "f", obteniendo lo siguiente:

$$f = [K_b \times d] / L$$

Sustituyendo valores:

$$f = [(0.5) \times (0.127 \text{ m})] / 0.5 \text{ m}$$

Por lo tanto: $f = 0.127$ (Coeficiente de fricción).

Sustituimos valores en la fórmula de Darcy para obtener el valor de "hf" en cada codo:

$$hf = f(L/d) \times (v^2/2g)$$

$$hf = 0.127 (0.5 \text{ m} / 0.127 \text{ m}) \times \{(1.16 \text{ m/seg})^2 / 19.62 \text{ m/seg}^2\}$$

$$hf = 0.03 \text{ m (por un codo)}$$

$hf = 0.05 \text{ m} \times 9 \text{ codos} = \underline{0.27 \text{ m}}$ (Suponiendo una longitud de 4.5 m, ya que en cada codo su radio es de 0.50 m.)

Descontando la longitud total de los codos (4.5 m), suponemos nos queda una longitud de tubería de 23.5 mts.; además despreciando la altura y utilizando Darcy y la fórmula auxiliar de Kozeny, para obtener el coeficiente de fricción "f", nos queda lo siguiente:

$$\text{KOZENY: } f = 2g / (8.86 \text{ LOG } d + N)^2$$

$$\text{SUSTITUYENDO: } f = (19.62) / (8.86 \text{ LOG } 0.127 \text{ m} + 36)^2$$

$$\underline{f = 0.025}$$

Donde:

g: Gravedad

d: Diámetro

N: Coeficiente obtenido de la tabla

8.4 pag. 295 Hidráulica General

Vol I Sotelo Ávila, Gilberto.

(Acero sin costura usado)

$$\text{DARCY: } hf = f(L / d) \times (v^2 / 2g)$$

$$\text{SUSTITUYENDO: } hf = 0.025 (23.5 \text{ m} / 0.127 \text{ m}) \times (1.16^2 \text{ m/seg}^2 / 19.62 \text{ m/seg}^2)$$

$$\underline{hf = 0.32 \text{ m}}$$

Por lo tanto tenemos como pérdidas totales $hf = 0.27 + 0.32 = \underline{0.59 \text{ mts}}$

III.2. Desperdicios (bomba y otros métodos).

En todo proceso constructivo de cualquier obra existe un porcentaje material que se hecha a perder, ya sea por ejemplo, en el caso de una varilla, que se tenga un sobrante demasiado pequeño de ésta, el cual ya no pueda ser utilizado para ningún otro elemento, se dice que es un desperdicio y por lo tanto se desecha.

Los ingenieros, por lo general, al hacer una cuantificación del material que se va a utilizar en la elaboración de tal o cual elemento, además de la cantidad calculada, toman un porcentaje que se ubica entre el 10 y el 25 %, para así sumarlo a la cuantificación antes elaborada y no tener problemas durante el desarrollo de la obra por algún material faltante.

Lo mismo ocurre en el concreto, en una planta premezcladora como caso que nos interesa, se trabaja por medio de tablas por metro cúbico previamente elaboradas de acuerdo a la resistencia y características de los agregados.

El pesador al basarse en éstas debe de atenerse a los datos presentados, pero a pesar de su experiencia, es difícil que pese exactamente cada uno de los materiales, sin que se decida que éste afecte las características y resistencia del concreto que se está elaborando. Por lo general el operador pesa un poco más o menos de cada uno de los materiales, por lo tanto al obtenerse pequeño aumento en el volumen del concreto (que es por lo general) a la hora del colado, siempre se desperdicia una cantidad de material, ya sea por las pruebas de revenimiento, por el que se niega al acortar el canalón de la revoladora a la carretilla del muestreador, así como el derramado por alguna distracción del operador del camión revoladora o el de la bomba (Foto 25), puede también en algunos casos filtrarse por alguna eridadura o mal acoplamiento de la tubería de la bomba, así como en la salida o parte baja de la tolva de ésta.



25

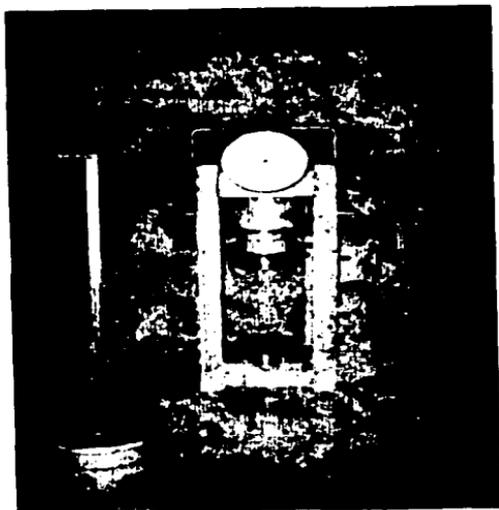
Foto 25 derrama de concreto en la parte baja de la bomba

También en el caso de la banda transportadora se observa el derrame del material a los lados de ésta. En sí estos son los casos más específicos y representativos de desperdicios del concreto suministrado a la hora de un colado.

III.3.1 Muestras para pruebas de resistencia (comparativa).

La resistencia es una característica importante del concreto (Foto 26), otras, como la durabilidad, permeabilidad y resistencia al desgaste, son a menudo igualmente importantes o más. Estas características pueden estar relacionadas con la resistencia de una manera general, pero también se ven afectadas por factores que no están significativamente asociados con la resistencia.

En el caso del concreto masivo, las mezclas se dosifican generalmente para satisfacer la resistencia diseñada para edades avanzadas. Sin embargo, al dosificar concreto masivo, debe considerarse también la resistencia temprana más adecuada para permitir la remoción y anclaje de la cimbra.



26

Foto 26 Pruebas de campo para obtener la resistencia del concreto a compresión.

En un conjunto determinado de materiales y condiciones, la resistencia del concreto se rige por la cantidad neta de agua empleada por cantidad unitaria de cemento. El contenido neto de agua incluye el agua absorbida por los agregados. Pueden observarse diferencias en la resistencia de una mezcla con determinada relación agua/cemento, debidas a cambios en el tamaño máximo de agregados, la gradación, la textura de la superficie, forma, resistencia y rigidez de las partículas del agregado, diferencias en el tipo de cemento y las fuentes de aprovisionamiento, el contenido de aire y el empleo de aditivos que afectan el proceso de hidratación del cemento o que desarrollen por sí mismos propiedades aglutinantes.

La resistencia debe basarse en mezclas de prueba o en la experiencia obtenida con los materiales que se van a emplear.

Los propósitos de las pruebas de resistencia son para determinar el cumplimiento de una especificación de resistencia y para medir la variabilidad del concreto.

Las variaciones en las pruebas de resistencia dependen además del modo de colocación, la dosificación, el transporte, el curado y el mezclado; también serán el resultado de la fabricación de las pruebas y del tratamiento de las muestras de prueba.

Los procedimientos estadísticos nos proporcionan medios valiosos para la evaluación de los resultados de las pruebas de resistencia, para que estos procedimientos sean válidos, los datos deben derivarse de muestras obtenidas en el curso del desarrollo de un plan de muestreo al azar, diseñado para reducir la posibilidad de que aquel que haya de hacer la prueba, escoja las muestras.

El "muestreo al azar" quiere decir la elaboración de especímenes de cualquiera de los camiones revoladora que se estén utilizando para el colado de cualquier estructura.

III.3.1. A pie de la revoladora

Para dar respuesta al presente inciso, se hicieron cuatro muestreos, tres de bomba articulada o "pluma" y uno con banda transportadora obteniéndose los siguientes resultados.

Cada muestra a la descarga de la revoladora consta de seis cilindros, dos ensayados a tres días, dos a siete y dos a 28 días, además se obtuvieron en el campo los siguientes datos para llevar a cabo la comparativa:

MUESTREO EN BANDA TRANSPORTADORA:

Fecha de muestreo: 26 de octubre de 1996

Hora de muestreo: 13:30 Hrs.

Condiciones climáticas: Caluroso mayor a 20°C.

Revenimiento de proyecto: 10 cms.

Revenimiento obtenido: 11 cms.

Características del concreto: Fluidificante reductor de agua 322-N
Resistencia 250 Kg/cm²

Elemento colado: Losa de fondo.

Ubicación: Calle Héroe de Nacozari y Av. Eduardo Molina.

Tipo de concreto: Normal

Tamaño Máximo de agregado: 40 mm.

Cemento tipo: Tipo I

Nota: En las siguientes tablas (1,2,3,4) se presentan los datos obtenidos en campo, a fin de aclarar posibles dudas en cuanto al manejo de área del cilindro, así como pesos y fechas de ensayo. Cabe señalar que éstos datos son a la descarga del camión revolvedora.

No	PESO (KG)	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA (KG/CM ²)	DIÁMETRO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM ²)	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA
1/I	12.25	3	250	15	30	176.7	26/oct/96	29/oct/96
1/II	12.20	3	250	15	30	176.7	26/oct/96	29/oct/96
1/III	12.20	7	250	15	30	176.7	26/oct/96	04/nov/96
1/IV	12.30	7	250	15	30	176.7	26/oct/96	04/nov/96
1/V	12.30	28	250	15	30	176.7	26/oct/96	23/nov/96
1/VI	12.30	28	250	15	30	176.7	26/oct/96	23/nov/96

TABLA 1

MUESTREO EN BOMBA "PLUMA" (32 mts.):

Fecha de muestreo: 09 de noviembre de 1996

Hora de muestreo: 18.01 Hrs

Condiciones climáticas: Templado $17^{\circ}C$.

Revenimiento de proyecto: 10 cms (con fluidizante a 23 cms).

Revenimiento obtenido: 23 cms

Características del concreto: Super Fluidizante Rhoobuild 1000
Resistencia 400 Kg/cm^2

Elemento colado: Trabe pretensada.

Ubicación: Costado sur metro Sn Lázaro.

Tipo de concreto: Normal

Tamaño Máximo de agregado: 10 mm. (Grava Basáltica)

Cemento tipo: Tipo II (Tolteca)

Peso volumétrico: 2339 Kg/m^3 .

MUESTRA No	PESO (KG)	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA (KG/CM ²)	DIÁMETRO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM ²)	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA
3/I	12.60	3	400	15	30	176.7	09/nov/96	12/nov/96
3/II	12.50	3	400	15	30	176.7	09/nov/96	12/nov/96
3/III	12.50	7	400	15	30	176.7	09/nov/96	16/nov/96
3/IV	12.50	7	400	15	30	176.7	09/nov/96	16/nov/96
3/V	12.70	28	400	14.8	30	172	09/nov/96	07/dic/96
3/VI	12.70	28	400	14.8	30	172	09/nov/96	07/dic/96

TABLA 2

MUESTREO EN BOMBA "PLUMA" (28 mts.):

Fecha de muestreo: 24 de noviembre de 1996

Hora de muestreo: 12:30 Hrs.

Condiciones climáticas: Caluroso mayor a 20°C.

Revenimiento de proyecto: 10 cms. (con fluidizante a 23cms).

Revenimiento obtenido: 23 cms.

Características del concreto: Super Fluidizante Rheobuild 1000
Resistencia 400 Kg/cm²

Elemento colado: Trabe pretensada.

Ubicación: Costado sur metro Sn Lázaro.

Tipo de concreto: Normal

Tamaño Máximo de agregado: 10 mm. (Grava Basáltica)

Cemento tipo: Tipo II (Tolteca).

Peso volumétrico: 2360 Kg/m³.

MUESTRA No	PESO (KG)	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA (KG/CM ²)	DIÁMETRO (CM)	ALTI RA (CM)	ÁREA (CM ²)	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA
5/I	12.60	3	400	14.7	30	169.7	24/nov/96	27/nov/96
5/II	12.60	3	400	14.8	30	172	24/nov/96	27/nov/96
5/III	12.55	7	400	14.8	30	172	24/nov/96	09/dic/96
5/IV	12.60	7	400	15	30	176.7	24/nov/96	09/dic/96
5/V	12.50	28	400	15	30	176.7	24/nov/96	23/dic/96
5/VI	12.60	28	400	14.8	30	172	24/nov/96	23/dic/96

TABLA 3

MUESTREO EN BOMBA "PLUMA" (28 mts.):

Fecha de muestreo: 10 de diciembre de 1996

Hora de muestreo: 10:30 Hrs.

Condiciones climáticas: Caluroso mayor a 20°C.

Revenimiento de proyecto: 10 cms. (con fluidizante a 16 cms).

Revenimiento obtenido: 13 cms.

Características del concreto: Fluidizante Sikament-320
Resistencia 250 Kg/cm²

Elemento colado: Contra Trabe.

Ubicación: Av. Politécnico Nacional (Casco de Santo Tomás).

Tipo de concreto: Normal

Tamaño Máximo de agregado: 19 mm. (Grava Andesítica)

Cemento tipo: Tipo I.

MUESTRA No	PESO (KG)	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA (KG/CM ²)	DIÁMETRO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM ²)	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA
7/I	12.30	3	250	14.8	29.8	172	10/dic/96	13/dic/96
7/II	12.20	3	250	14.9	30	174.4	10/dic/96	13/dic/96
7/III	12.20	7	250	14.6	30	165.1	10/dic/96	17/dic/96
7/IV	12.20	7	250	14.6	30	165.1	10/dic/96	17/dic/96
7/V	12.25	28	250	14.8	30	172	10/dic/96	08/ene/97
7/VI	12.20	28	250	15	30	176.7	10/dic/96	08/ene/97

TABLA 4

III 3.2 A la descarga de la banda y la tubería

En el campo se obtuvieron los siguientes resultados (son los datos a la descarga de la banda y bomba, respectivamente) para las tablas 5,6,7,8.

BANDA

MUESTRA No	PESO (KG)	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA (KG/CM ²)	DIÁMETRO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM ²)	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA
2/I	12.25	3	250	15	30	176.7	26/oct/96	29/oct/96
2/II	12.40	3	250	15	30	176.7	26/oct/96	29/oct/96
2/III	12.40	7	250	15	30	176.7	26/oct/96	04/nov/96
2/IV	12.30	7	250	15	30	176.7	26/oct/96	04/nov/96
2/V	12.60	28	250	15	30	176.7	26/oct/96	23/nov/96
2/VI	12.40	28	250	15	30	176.7	26/oct/96	23/nov/96

TABLA 5

BOMBA

MUESTRA No	PESO (KG)	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA (KG/CM ²)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM ²)	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA
4/I	12.60	3	400	15	30	176.7	09/nov/96	12/nov/96
4/II	12.50	3	400	15	30	176.7	09/nov/96	12/nov/96
4/III	12.60	7	400	15	30	176.7	09.nov.96	16/nov.96
4/IV	12.50	7	400	15	30	176.7	09.nov.96	16/nov.96
4/V	12.60	28	400	14.8	30	172	09.nov.96	07/dic/96
4/VI	12.50	28	400	15	30	176.7	09.nov.96	07/dic/96

TABLA 6

MUESTRA No	PESO (KG)	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA (KG/CM ²)	DIÁMETRO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM ²)	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA
6/I	12.60	3	400	14.7	30	169.7	24/nov/96	27/nov/96
6/II	12.60	3	400	14.8	30	172	24/nov/96	27/nov/96
6/III	12.55	7	400	14.8	30	172	24/nov/96	09/dic/96
6/IV	12.65	7	400	14.8	30	172	24/nov/96	09/dic/96
6/V	12.70	28	400	14.8	30	172	24/nov/96	23/dic/96
6/VI	12.60	28	400	14.8	30	172	24/nov/96	23/dic/96

TABLA 7

MUESTRA No	PESO (KG)	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA (KG/CM ²)	DIÁMETRO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM ²)	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA
8/I	12.20	3	250	14.9	30	174.4	24/nov/96	27/nov/96
8/II	12.30	3	250	15	30	176.7	24/nov/96	27/nov/96
8/III	12.20	7	250	14.9	29.8	172	24/nov/96	09/dic/96
8/IV	12.40	7	250	14.6	30	165.1	24/nov/96	09/dic/96
8V	12.22	28	250	14.8	30	172	24/nov/96	23/dic/96
8/VI	12.30	28	250	15	30	176.7	24/nov/96	23/dic/96

TABLA 8

III.3.3. Resultados

A continuación se presentan los resultados de los ensayos realizados en laboratorio, se enunciarán en primer lugar los cilindros muestreados a pie de la revolvedora (tablas a 1, a 2, a 3 y a 4) y posteriormente los muestreados a la descarga de la tubería (Tablas b 1, b 2, b 3 y b 4), para así presentar la comparativa y hacer notar las diferencias de los dos casos.

PIE DE REVOLVEDORA

MUESTRA No	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA	EDAD (DÍAS)	PESO VOL. (KG/CM ³)	CARGA (KG)	RESISTENCIA PROYECTO (KG/CM ²)	RESIST. FINAL (KG/CM ²)	% en base a Fe y f'c final.
1/I	26/oct/96	29/oct/96	3	0.07	34,200	250	193	77.4
1/II	26/oct/96	29/oct/96	3	0.07	36,800	250	208	83.3
1/III	26/oct/96	04/nov/96	7	0.07	44,900	250	254	101.6
1/IV	26/oct/96	04/nov/96	7	0.07	42,100	250	238	95.3
1/V	26/oct/96	23/nov/96	28	0.07	51,200	250	290	115.8
1/VI	26/oct/96	23/nov/96	28	0.07	52,400	250	296	118.6

TABLA a.1

MUESTRA No	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA	EDAD (DÍAS)	PESO VOL. (KG/CM ³)	CARGA (KG)	RESISTENCIA PROYECTO (KG/CM ²)	RESIST. FINAL (KG/CM ²)	% en base a f _c y f _c final.
3/I	09/nov/96	12/nov/96	3	0.07	50,900	400	288	72
3/II	09/nov/96	12/nov/96	3	0.07	52,400	400	296	74
3/III	09/nov/96	16/nov/96	7	0.07	74,900	400	424	105.9
3/IV	09/nov/96	16/nov/96	7	0.07	74,550	400	421	105.4
3/V	09/nov/96	07/dic/96	28	0.07	87,300	400	507	126.9
3/VI	09/nov/96	07/dic/96	28	0.07	87,700	400	510	127.5

TABLA # 2

MUESTRA No	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA	EDAD (DIAS)	PESO VOL. (KG/CM ³)	CARGA (KG)	RESISTENCIA PROYECTO (KG/CM ²)	RESIST. FINAL (KG/CM ²)	% en base a f _c y f _c final.
5/I	24/nov/96	27/nov/96	3	0.07	73,700	400	434	108.6
5/II	24/nov/96	27/nov/96	3	0.07	50,900**	400	296	74
5/III	24/nov/96	09/dic/96	7	0.07	77,700	400	452	112.9
5/IV	24/nov/96	09/dic/96	7	0.07	81,600	400	462	115.4
5/V	24/nov/96	23/dic/96	28	0.07	95,300	400	539	134.8
5/VI	24/nov/96	23/dic/96	28	0.07	93,000	400	541	135.2

TABLA # J

MUESTRA No	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA	EDAD (DÍAS)	PESO VOL. (KG/CM ³)	CARGA (KG)	RESISTENCIA PROYECTO (KG/CM ²)	RESIST. FINAL (KG/CM ²) ¹⁾	% en base a f _c y f _t final.
7/I	10/dic/96	13/dic/96	3	0.07	25,800	250	150	60
7/II	10/dic/96	13/dic/96	3	0.07	26,750	250	153.4	61.4
7/III	10/dic/96	17/dic/96	7	0.07	32,100	250	194.4	77.8
7/IV	10/dic/96	17/dic/96	7	0.07	32,600	250	197.5	79
7/V	10/dic/96	08/ene/97	28	0.07	43,700	250	254	101.6
7/VI	10/dic/96	08/ene/97	28	0.07	44,600	250	252	100.8

TABLA n.4

DESCARGA DE LA BANDA

MUESTRA No	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA	EDAD (DÍAS)	PESO VOL. (KG/CM ³)	CARGA (KG)	RESISTENCIA PROYECTO (KG/CM ²)	RESIST. FINAL (KG/CM ²)	% en base a f _c y f _c final
2/I	26/oct/96	29/oct/96	3	0.07	34,950	250	198	79.1
2/II	26/oct/96	19/oct/96	3	0.07	36,100	250	204	81.7
2/III	26/oct/96	04/nov/96	7	0.07	46,300	250	262	104.8
2/IV	26/oct/96	04/nov/96	7	0.07	45,900	250	260	103.9
2/V	26/oct/96	23/nov/96	28	0.07	50,850	250	288	115.1
2/VI	26/oct/96	23/nov/96	28	0.07	48,400	250	274	109.6

TABLA b 1

DESCARGA DE LA TUBERÍA

MUESTRA No	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA	EDAD (DÍAS)	PESO VOL. (KG/CM ³)	CARGA (KG)	RESISTENCIA PROYECTO (KG/CM ²)	RESIST. FINAL (KG/CM ²)	% en base a f'c y f'c final
4/I	09/nov/96	12/nov/96	3	0.07	78,600	400	445	111.2
4/II	09/nov/96	12/nov/96	3	0.07	54,500*	400	308	77
4/III	09/nov/96	16/nov/96	7	0.07	78,250	400	443	110.7
4/IV	09/nov/96	16/nov/96	7	0.07	81,100	400	459	114.7
4/V	09/nov/96	07/dic/96	28	0.07	90,400	400	526	131.5
4/VI	09/nov/96	07/dic/96	28	0.07	85,500	400	484	121

TABLA b2

MUESTRA No	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA	EDAD (DÍAS)	PESO VOL. (KG/CM ³)	CARGA (KG)	RESISTENCIA PROYECTO (KG/CM ²)	RESIST. FINAL (KG/CM ²)	% en base a f_c y f_c final.
6/I	24/nov/96	27/nov/96	3	0.07	74,200	400	431	107.8
6/II	24/nov/96	27/nov/96	3	0.07	75,100	400	437	109.1
6/III	24/nov/96	09/dic/96	7	0.07	81,000	400	471	117.7
6/IV	24/nov/96	09/dic/96	7	0.07	82,700	400	481	120.2
6/V	24/nov/96	13/dic/96	28	0.07	95,700	400	556	139.1
6/VI	24/nov/96	13/dic/96	28	0.07	97,500	400	567	141.7

TABLA b.3

MUESTRA No	FECHA COLADO	FECHA PRUEBA	EDAD (DÍAS)	PESO VOL. (KG/CM ³)	CARGA (KG)	RESISTENCIA PROYECTO (KG/CM ²)	RESIST. FINAL (KG/CM ²)	% en base a Fe y Fe final
8/I	10/dic/96	13/dic/96	3	0.07	25,900	250	148.5	59.4
8/II	10/dic/96	13/dic/96	3	0.07	26,800	250	151.7	60.7
8/III	10/dic/96	17/dic/96	7	0.07	33,150	250	190	76
8/IV	10/dic/96	17/dic/96	7	0.07	32,900	250	199.3	79.7
8/V	10/dic/96	08/ene/97	28	0.07	50,600	250	294	117.6
8/VI	10/dic/96	08/ene/97	28	0.07	50,500	250	285	114

TABLA b.4

En el caso del colado con banda transportadora (tablas a.1 y b.1), la característica más notable es entre los especímenes 1/III y 2/III, en los cuales existe una diferencia de un 4.8 % mayor en el resultado de la resistencia del segundo con respecto a la $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y un 4.2% con respecto a la resistencia del primer espécimen.

Existe también una característica notable: en el caso de las tablas a.1 y b.1, comparando los resultados de los especímenes 2/III y 2/IV con 1/III y 1/IV, se observará que en los primeros hay una pequeña diferencia en cuanto a mayor resultado en la resistencia con respecto a los segundos especímenes. En los demás datos, no hay una notoriedad en cuanto a resultado, ya que 1/I y 1/II son casi idénticos al igual que 2/I y 2/II.

En el ensaye a 28 días, fue todo lo contrario a lo antes expuesto, ya que cuando 1/V y 1/VI se expusieron a una carga ésta subió entre 450 y 4000 kg con respecto a 2/V y 2/VI respectivamente.

En cuanto a características observadas en campo, existe en la banda una segregación muy poco notable, ya que no afecta el resultado de las pruebas ni muestreos, esto al obtener el concreto en estado fresco, cuando se remezcla antes de elaborar tanto la pruebas de revencimiento como los cilindros, anulando la falta de cohesión de los agregados con la pasta de cemento.

En cuanto al colado con bomba de 32 mts., es notable en los ensayes a 3 y 7 días un incremento de carga de 4000 kg. de los especímenes elaborados al pie de la revolvedora con respecto a los elaborados a la descarga de la tubería. En los resultados a 28 días existe un resultado a la descarga de la tubería que indica lo contrario a los anteriores, aunque es un decremento poco significativo, ya que la carga baja en un orden de 2200 kg con respecto al resultado más alto del pie de la revolvedora (87,700 kg contra 85,500 kg de carga.)

Los fenómenos antes expuestos (Altas y bajas en la resistencia), se deben a la pérdida de agua que presenta la mezcla dentro de la tubería, que aunque es baja, influye en la relación agua/cemento.

Se desea destacar el resultado del espécimen 4/II marcado con un asterisco, (54,500 kg.), el cual fue ensayado en una máquina que no alcanza la capacidad de carga que se requiera por ésta, así pues, fue ensayado por impacto, o sea, se le dió a la máquina la carga de una forma repentina, la cual por esta razón logró romper la muestra, este resultado aunque aparece enunciado, se descartará para la comparativa.

Con respecto al segundo colado con bomba de 28 mts. no se observa gran diferencia en cuanto a los resultados que se incluyen en la tabla a.3 y b.3, puesto que el mayor incremento en el resultado de la prueba a los siete días, fue el 6/IV con una diferencia de carga de 4500 kg.

Cabe destacar el resultado de la tabla a.3 del espécimen 5/II marcado con dos asteriscos, en el cual influyó de manera muy significativa un mal cabeceo en el laboratorio, este espécimen mostró una forma de falla, en la cual sólo se rompió de la parte alta de éste y en el área de

contacto con la parte baja de la máquina no se observó ningún rastro de resquebrajamiento, por lo tanto se descartará de la comparativa.

En el cuarto muestreo con bomba "pluma" de 28 mts, se observa en la comparativa de la tabla a.4 con b.4 a tres días, en el resultado 7/I con 8/I la pérdida de resistencia del segundo con respecto al primero, lo mismo con 7/II y 8/II. En el ensayo a siete días ocurre algo similar en el resultado de 7/III con 8/III.

Un caso tomado como ejemplo en el cual se presentó una variación de la resistencia con respecto a las bajadas de olla y de bomba respectivamente, es en el ensayo a 28 días, en éste caso, 8/V y 8/VI son más altos que 7/V y 7/VI en un rango muy marcado de 16% y 13.2 % respectivamente.

Por último, al realizar la comparativa general de todos los muestreos, se observaron efectos, tales como una pérdida de agua del concreto relativamente baja al paso por la tubería, la cual ocasiona que la relación agua/cemento disminuya y por consiguiente traiga como consecuencia un aumento en la carga y la resistencia respecto de la bajada de la olla con la bajada de la tubería de la bomba.

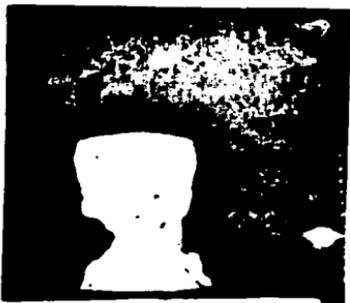
La potencia de la bomba no afecta las características del concreto, siempre y cuando el diámetro de la tubería sea el adecuado para el transporte del material, esto para que no ocasione taponés en el tramo, en caso de lucer uso de una tamaño máximo de agregado adecuado para el diámetro de la línea de conducción.

Otra causa de afectación al concreto, es si se utiliza un diámetro más grande para un tamaño máximo de agregado pequeño, ejemplificando: grava basáltica de 10 mm para una tubería de 8 pulgadas de diámetro. Aquí ocasionaría una segregación significativa, con la correspondiente mala calidad de la estructura que se haya colado.

En algunos casos presentados la variación de la resistencia no fue muy significativa de la bajada de la olla con respecto a la bajada de la tubería de la bomba, aunque si se presentó un incremento en la mayoría de los casos, al analizar los resultados de las tablas a.2 y b.2, por ejemplo, el ensayo a 28 días, número de muestra 3/V y 4/V se observa una variación de la resistencia de 4.6 % ($3/V = 126.9$; $4/V = 131.5$). Cabe señalar que éste dato fue tomado al azar, por la razón de que si se tomara otro dato no diferiría en mucho el resultado de variación en la resistencia.

En la misma tabla a 2 y b 2; especímenes 3/I y 4/I a tres días, se observa un incremento del primero con respecto al segundo de 39.2 % (72 contra 111.2 % respectivamente). Caso más significativo por la alta diferencia.

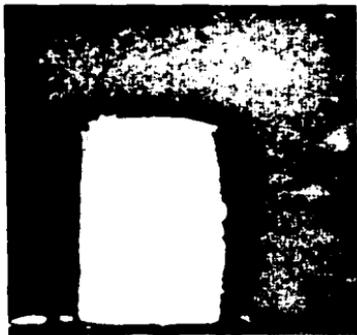
A continuación se presentan algunas fotografías de los cilindros ya ensayados, con el número de identificación presentado en las tablas (faltan algunos especímenes, los cuales se velaron a la hora de revelarse):



I/II



I/I



2/II



2/I



113



1/IV



1/III



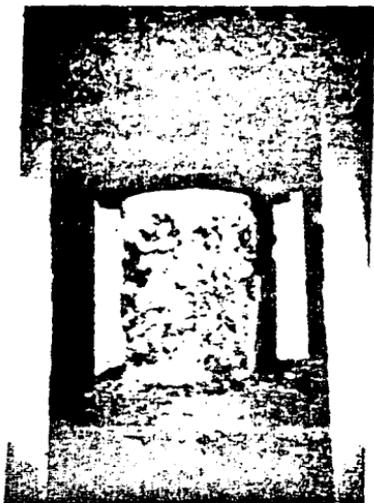
2/IV



2/III



I/VI



IV



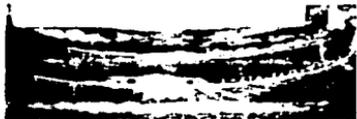
3/II



3/I



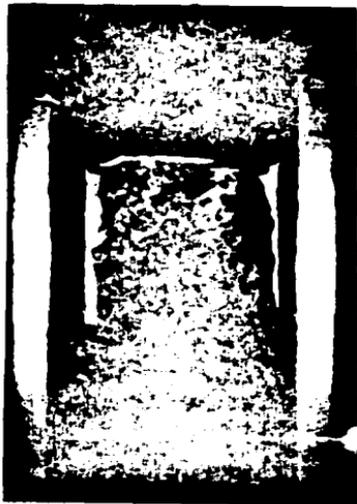
4/III



4/II



4/IV



3/IV



51



47

120



6/1



5/11

121



5/III



6/II



6/III



5/IV



S/V



6/TV



6/V



5/V



8/1



7/1



7/III



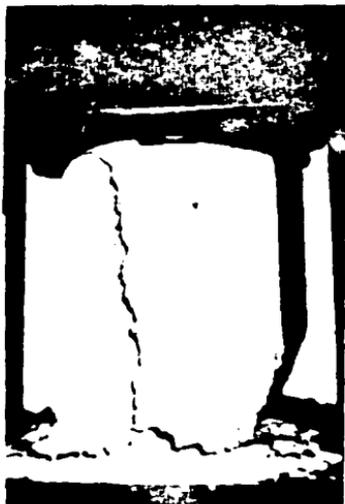
8/II



8/III



7/IV



7/V



8/TV



8/V



7/VI

CAPÍTULO IV

IV. COMPARATIVA ENTRE CONCRETO PREMEZCLADO BOMBEO Y CONCRETO PREMEZCLADO COLOCADO POR OTROS MÉTODOS.

IV.1. Tiempos de colado de cada uno de los métodos.

En el obra se pueden apreciar diferencias en los tiempos de colado, todo depende de la forma e intervalo en el que llegue el concreto premezclado, la distancia que hay desde la planta hasta la obra, la dificultad o facilidad para el desplazamiento del personal, del equipo y de la maquinaria (sea en este caso, la bomba, la banda transportadora, la grúa transportando la tolva móvil, etc.).

Todo lo anterior debe ser previamente tomado en consideración por el ingeniero residente de obra, para así poner de acuerdo a los demás medios y poder cumplir con el objetivo del colado en tiempo, calidad y eficiencia.

Se hace una referencia, aunque no a todos los métodos de colocación, la razón de esto es por que algunos ya son un tanto inusuales para obras grandes en la actualidad; tal sea el caso del boteado (por lo general para colados de concreto hecho en obra), por curretilla (que en algunos casos se llega a utilizar, pero sólo para transportar el material en estado fresco a cortas distancias) y por volteo (lo ha sustituido el transporte en camiones revoladoras).

Se encontró que los métodos más usuales son: El canalón; el tiempo de colado depende de la rapidez que tenga el camión revoladora para colocarse en el lugar de colado, si el canalón es de una distancia mayor, o sea, no esté integrado a la revoladora, varía dependiendo de la facilidad que haya para su manejo.

Hay casos en los que, por ejemplo, para una losa de fondo se requiere la ayuda de una grúa, ya que las distancias que se venían manejando eran de más de diez metros de longitud. El tiempo variaba para un área de aproximadamente 50 m², entre dos a tres horas.

En el caso de la tolva móvil, existe un caso muy representativo, colar columnas de aproximadamente 15 m³; en este caso, varía el tiempo de izado de la tolva así como el acomodo del embudo que no permita el derramamiento del material hasta el suelo, se debe de tener cuidado con el personal que opera este equipo, ya que son dos o tres personas las que deben de ir subidas en él y como el manejo es por medio de una grúa, la operación puede resultar bastante delicada y tardada.

El empleo de bandas, aunque no está muy difundido, resulta rápido, ya que se obtiene un rendimiento de entre 35 a 42 m³ por hora, aquí también depende del manejo de esta maquinaria, si los camiones revoladora llegan en rápidos y constantes intervalos y si existe facilidad y rapidez en el desplazamiento del personal. También algo muy importante, la longitud de la banda y su alcance en cuanto a altura se refiere.

El bombeo del concreto, es el método más usual, ya que por su versatilidad en cuanto a longitudes y libertad de movimiento, ha alcanzado gran auge en obras medianas y mayores. Varía en cuanto su rendimiento, en la práctica se han encontrado desde 40 a 45 m³ por hora, también dependiendo del tiempo de llegada de los camiones revoladora, en cuanto al desplazamiento del personal, aquí no es tan notorio, ya que por la facilidad de contar con las bombas pluma, basta con que el operador cuente con un ayudante que sostenga la manguera de caída, los operadores de vibrador se encargarán de lo demás.

Para colar con bomba un área de aproximadamente 65 m² y un volumen de alrededor de 58 m³, si todo está medianamente sincronizado, esto es, tanto el personal como la planta de concreto, como los camiones revoladora y todos los demás aspectos que influyen en el colocado, estén coordinados debidamente en eficiencia y tiempo.

En cuanto al tubo embudo o "Tremue" como se le llama de una forma más técnica, se encuentran casos específicos de colado para muy multa, en las obras del S.T.C. Metro de la línea B, en este caso se observó una rapidez para colar aproximadamente 21 m³, de entre 11/2 horas a dos horas, en esto influye el movimiento del tubo con la grúa y el intervalo de llegada de los camiones revoladora.

IV.2. Costo total de colocación.

Se obtiene lo siguiente:

TRAMO SUBTERRÁNEO TEPITO- T. SAN LÁZARO

Concreto hidráulico clase I de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. En losas y muñones rev. 10 cms. T.M.A. 40mm. Incluye todo lo necesario para su correcta ejecución, según proyecto y/o especificaciones.

<u>MATERIALES</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>	
Agua potable	0 050 m ³	15.33	0.77	0.26%
Pozzolith 100 HE	3.000 lts.	3.80	11.40	3.84%
Concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ R.N.	1 030 m ³	258.65	266.41	89.80%
<u>IMPORTE MATERIALES</u>			<u>\$278.58</u>	

<u>MANO DE OBRA</u>	<u>RENDIMIENTO</u>	<u>JORNAL</u>	<u>IMPORTE</u>	
1.000 Cuadrilla: 1 albañil + 4 ayud.	28.000	318.14	11.36	3.83%

IMPORTE DE MANO DE OBRA \$11.36

<u>HERRAMIENTA Y EQUIPO</u>	<u>RENDIMIENTO</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>	
3.00% Herr. menor		11.36	0.34	0.11%
1.000 Vibrador Kolher (gasolina)	6.0000	11.71	1.95	0.66%
1.000 Bomba para concreto	14.0000	62.03	4.43	1.49%

IMPORTE HERRAMIENTA Y EQUIPO \$ 6.72

COSTO DIRECTO \$296.66

INDIRECTO 8.80% \$ 26.10

SUMA \$322.76

FINANCIAMIENTO -0.9791 \$ 3.16

SUMA \$319.60

UTILIDAD 14.0119% \$ 44.78

PRECIO UNITARIO \$364.38

TRAMO SUBTERRÁNEO TEPITO- T. SAN LÁZARO

Concreto hidráulico de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ con cemento R.N. y T.M.A 19 mm. en muros colados en sitio tablaestaca. Incluye todo lo necesario para su correcta ejecución, según proyecto y/o especificaciones.

<u>MATERIALES</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>	
Agua potable	0.050 m ³	15.33	0.77	0.31%
Concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ R.N.	1.030 m ³	185.86	195.15	79.21%
<u>IMPORTE MATERIALES</u>			<u>\$195.92</u>	
<u>MANO DE OBRA</u>	<u>RENDIMIENTO</u>	<u>JORNAL</u>	<u>IMPORTE</u>	
1.000 Cuadrilla8: 1 albañil + 4 ayud.	14.000	318.14	28.41	11.53%
<u>IMPORTE DE MANO DE OBRA</u>			<u>\$28.41</u>	
<u>HERRAMIENTA Y EQUIPO</u>	<u>RENDIMIENTO</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>	
3.00% Herr. menor		28.41	0.85	0.34%
2.000 Tubo Tremie	4.0000	4.33	2.17	0.88%
1.000 Draga grúa link Belt	12.0000	228.36	19.03	7.72%
<u>IMPORTE HERRAMIENTA Y EQUIPO</u>			<u>\$ 22.05</u>	
<u>COSTO DIRECTO</u>			<u>\$246.38</u>	
<u>INDIRECTO 8.80%</u>			<u>\$ 21.68</u>	
<u>SUMA</u>			<u>\$268.06</u>	
<u>FINANCIAMIENTO -0.9791</u>			<u>\$ 2.62</u>	
<u>SUMA</u>			<u>\$265.43</u>	
<u>UTILIDAD 14.0119%</u>			<u>\$ 37.19</u>	
<u>PRECIO UNITARIO</u>			<u>\$302.62</u>	

TRAMO SUBTERRÁNEO TEPITO- T. SAN LÁZARO

Concreto hidráulico clase I de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. En losas de fondo. T.M.A 40mm. Incluye todo lo necesario para su correcta ejecución, según proyecto y/o especificaciones.

<u>MATERIALES</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>COSTO</u>	<u>IMPORTE</u>	
Agua potable	0.050 m ³	15.33	0.77	0.26%
Pozzolith 100 HE	3.000 lts.	3.80	11.40	3.84%
Concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ R.N.	1.030 m ³	258.65	266.41	89.80%
			IMPORTE MATERIALES	\$278.58
			<u>RENDIMIENTO</u>	<u>JORNAL</u>
MANO DE OBRA			IMPORTE	
1.000 Cuadrilla8: 1 albañil+ 4 ayud.	28.000	318.14	11.36	3.83%
			IMPORTE DE MANO DE OBRA	\$11.36
			<u>RENDIMIENTO</u>	<u>COSTO</u>
HERRAMIENTA Y EQUIPO			<u>IMPORTE</u>	
3.00% Herr. menor		11.36	0.34	0.11%
1.000 Vibrador Kulher (gasolina)	6.0000	11.71	1.95	0.66%
1.000 Banda transp. de concreto	12.0000	51.20	3.50	1.20%
			IMPORTE HERRAMIENTA Y EQUIPO	\$ 4.79
			<u>COSTO DIRECTO</u>	\$294.73
			<u>INDIRECTO 8.80%</u>	\$ 23.93
			<u>SUMA</u>	\$320.66
			<u>FINANCIAMIENTO -0.9791</u>	\$ 3.14
			<u>SUMA</u>	\$317.52
			<u>UTILIDAD 14.0119%</u>	\$ 44.49
			<u>PRECIO UNITARIO</u>	\$362.01

Se obtuvieron dos precios de bombeo, uno de banda transportadora y uno de tubo embudo, la razón de no obtenerse más de banda transportadora, se debe a que el único lugar donde se está utilizando este tipo de maquinaria es en las obras de la línea B del Metropolitano, por lo tanto no varían en mucho los conceptos de los precios unitarios. El tubo embudo solo se hace como una referencia para posibles comparaciones.

Al hacer el análisis, se puede observar en el segundo precio con bomba y el precio con banda, que el rendimiento de la primera no es el mismo con respecto a la segunda; además la variación en el costo aunque es más alta en el precio de la bomba por aproximadamente dos pesos, no reditúa en los demás conceptos.

Podemos decir, que aunque más alto el precio de la bomba, no se considera como una desventaja, por que, aunque se cuela con cierta facilidad y rapidez con la banda transportadora, con la bomba existen más ventajas, algunas de éstas ya se nombraron.

Con respecto al tubo embudo, no podemos dar una comparación clara y real, puesto que el uso de éste es un poco más restringido y se utiliza para casos específicos tales como: Muros milán, columnas de cimentación y específicamente su uso es propio para lagos, lagunas, etc

En si podemos destacar que el precio del tubo embudo es el más barato, tal como lo muestra el dato de la página 135.

A los canales no se les ha adjudicado un precio específico, aunque se utiliza también en colados para losas de fondo entre otros, al igual que la banda transportadora. Las compañías constructoras aunque le han dado uso, simplemente toman en cuenta el precio del concreto, de los materiales y de la mano de obra, de la grúa (si es el caso), descartando el rendimiento y el costo por el uso de éste.

Como se puede notar, los precios no varían en mucho, los ingenieros también toman en cuenta el costo, pero además el tiempo y la eficiencia del equipo con el que van a colar, esto es, si va a ser un poco más el costo, será menor el tiempo de colado.

CONCLUSIONES.

El transporte de concreto por medio de bomba ha adquirido gran importancia en los últimos años, este impulso se debe a las mejoras técnicas (mayor capacidad y eficiencia de la bomba, entre otras), la rapidez y economía que se logra al momento de colar cualquier estructura de concreto.

La utilización del bombeo del concreto en México, es relativamente reciente, hablemos aproximadamente de los años 50, década en la cual comenzó su auge. A nivel nacional sólo existen tres bombas de 62 mts. sin embargo, en Estados Unidos ya existen más largas; por esta razón, aún se desconocen algunas técnicas para mejorar la utilización de este método.

En pláticas realizadas con expertos especializados en el uso y colocación del concreto premezclado bombeado, manejo, conocimiento y operación de las bombas de concreto, se llega a la conclusión de que el ingeniero no sólo debe conocer algunos de los diferentes tipos de bombas, sino además su funcionamiento.

No sólo se debe conocer el diseño de las mezclas a utilizar, sino también las probabilidades de que ésta llegue a obstruir la tubería (T.M.A.; capítulo I, pag. 20) es decir, por ejemplo, al darse la orden de bombear hasta cierta altura, el ingeniero residente sólo conoce la resistencia y demás características del concreto (Cap. II Revenimiento, Contenido de aire, peso volumétrico), sin enterarse si la eficiencia de la bomba (potencia) el diámetro de la línea de conducción (tubería), rendimiento, etc. es suficiente para conseguir rapidez de colocación, calidad, duración y alta resistencia del concreto en estado endurecido

En el capítulo I se mencionan algunas características de los diferentes métodos de colocación del concreto, puede notarse que de todos éstos el más eficiente es el bombeo.

En el capítulo II, se da un panorama referente al concreto, y al bombeo de éste, con la finalidad de dar a conocer algunas características esenciales para una mejoría del material al momento de bombear con distintos diámetros de tubería, variaciones del tamaño máximo de agregado, además de los efectos y/o

repercusiones que puede tener el concreto en estado fresco a diferentes temperaturas (como el frío o calor); todo lo anterior por que, así como el bombeo es un método rápido y eficiente, también se deben tomar en cuenta las posibles restricciones y cuidados necesarios para obtener un producto final de calidad, alta resistencia y que cumpla con las diferentes normas de construcción (ASTM, ACI, DIN, NMX) no sólo en México, sino en el mundo.

Del capítulo II se puede concluir que es tarea de las nuevas y viejas generaciones de ingenieros dedicarse más al conocimiento de las ventajas y desventajas del bombeo del concreto, ya que en las escuelas de nivel profesional no se le dá mayor énfasis a este importante tema .

En el capítulo III se elabora una comparativa de resultados con concreto normal, ensayado a 3, 7 y 28 días; con banda transportadora y bomba con la finalidad de dar a conocer los efectos y/o repercusiones del paso del concreto antes y durante su transporte por la tubería de la bomba y/o por la banda transportadora, concluyéndose lo siguiente:

Se presentaron casos en los que la resistencia aumenta respecto a las descargas de la revoladora con la banda y la tubería de la bomba respectivamente; así, sean los ejemplos: 1/I-2/I, 1/III-2/III, 1/IV-2/IV, 3/I-4/I, 3/III-4/III, 3/IV-4/IV, 5/III-6/III, 5/IV-6/IV, 5/V-6/V obteniéndose los siguientes resultados:

Al hacer un breve comentario sobre bandas transportadoras, en campo se observó una rapidez de colocación, facilidad en el manejo de la tubería de caída o "trompa de elefante", con un costo ligeramente menor.

Com punto final a este respecto, se encuentra una desventaja, en México, sea el caso del D.F., hasta la fecha sólo existe un tipo de banda transportadora de concreto, la cual antes fue "Banda transportadora para agregados", pero mediante un cambio en el diseño elaborado y planeado por su propietario, se logró convertir la maquinaria a transportadora de concreto en estado fresco. Ahora esta banda es muy útil en el colado de losas de fondo, algunos muros estructurales y losas "tapa"; todo se nombra como ejemplo representativo tomado dentro de las obras del Metropolitano Línea B.

Existe otra característica notoria: a la hora de muestrear los cilindros se presentó una ligera segregación, lo cual no interfiere de manera significativa en el resultado de los ensayos, tomando como ejemplo las fotografías presentadas en el capítulo III, se observa un ligero cambio de acomodo en los agregados (se puede ver en las imágenes a la bajada de la olla y de la banda respectivamente 1/III-2/III a siete días), esto es debido a la ligera segregación presentada al caer el material dentro de la carretilla donde se transportó el concreto para vaciarlo en los cilindros, la forma de elaboración de los cilindros, ya que pudo no haberse varillado como es debido el material.

En cuanto a la bomba:

Físicamente se hizo la comparación de tiempo para un colado de aproximadamente 60 m³ entre la bomba, canalón y banda; se encontró una disminución de tiempo de un colado de la primera con respecto a los otros métodos nombrados, ya que por la facilidad de movimiento de la tubería de ésta (siendo bomba "pluma", ejemplo más representativo en el presente trabajo), se consigue menor retraso, que con el empleo de la banda transportadora, esto por la mayor maniobra de toda la maquinaria y el empleo de la grúa en el caso del canalón.

Al hacer un análisis físico de cambios del concreto en estado fresco antes y después de pasar por la bomba se observó:

Una segregación que puede ser comparada con la sufrida en el transporte con banda, la cual tampoco influye en el resultado del ensayo de cilindros, sea el caso de las fotografías para los casos 7/I-8/I (Pag 126), en la cual si se observa detenidamente, resalta una ligera separación del agregado grueso (Ver imágenes para los casos antes mencionados a tres días).

En casi todos los ensayos se presenta un tipo de falla conocida como "Punta de lápiz" o "A1", esto se debe a la acumulación de agregado fino al centro del espécimen, existen algunos casos en los que se presenta sólo una ruptura ya sea en la parte alta o baja del cilindro sean los casos de las fotografías mencionadas en el capítulo III para los ensayos 3/I, 5/II y 7/IV, lo anterior se debe principalmente a un mal procedimiento para el cabeceo del

cilindro, por lo tanto, éste fenómeno sí puede interferir en el resultado final de la prueba.

Existieron otros tipos de falla como: "columnar" o "a 45°" (caso también representativo), pero en menor margen, la forma de falla de la muestra depende de varios aspectos, por ejemplo: el control de calidad del muestreador a la hora de elaborar los especímenes, el tiempo y forma como los haga, el transporte de las muestras de la obra al laboratorio y el cabeceo. De estos datos depende la exactitud o variación de los resultados.

En lo que respecta a los demás métodos incluidos en la investigación (Boteado, carretilla, voltéo, Tolva móvil, Tubo embudo "tremie", canalón), puede concluirse que quedan como un auxiliar para los considerados más importantes (banda transportadora y bomba).

Por ejemplo, sería un gasto inútil el contratar el servicio de una bomba para colar las columnas mencionadas en el capítulo IV, esto por ser demasiado pequeño el volumen de concreto y mayor e inútil el gasto en la renta de equipo de bombeo: por ésta razón lo más conveniente y que resulta más barato, es usar una tolva móvil, aún con el empleo de una grúa para izar ésta. Por otro lado, el colar muro milán con una bomba o banda, queda completamente descartado, la razón de esto es por que el tubo embudo "tremie", se sumerge en un líquido, en éste caso lodo bentonítico y la tubería de bajada de la bomba es demasiado corta y flexible para usarla en este tipo de colado y sería imposible sumergirla sin el probable rompimiento de ésta.

Con respecto a los canales es igual comparándolo con la banda transportadora, por la razón de que con cualquiera de los dos se cuele la losa de fondo, muro estructural y losa "tapa", sólo que el segundo en un tiempo mayor y con la desventaja del uso de una grúa o bien, que el personal desatienda el acomodo del concreto por mover el pesado equipo (canalón).

Ésto se tomó físicamente de las obras del Metropolitano Línea B del Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México D.F. y se muestra en las fotografías anexadas en páginas anteriores.

Las cartetillas y los botes, sólo quedan para transportar los sobrantes del concreto a una corta distancia, en el caso de que se requiera para tajar algún hueco y se hace así para aprovechar que son pequeñas cantidades fáciles de llevar. Por lo tanto éstos métodos en una obra de mayor dimensión son ya obsoletos, pero usados en mucho menor grado.

Uno de éstos métodos ha sido suplido por el uso de los camiones revoladora: el método de colocación por Voltéo, el cual casi ha desaparecido, ya que se usa en la colocación de pavimentos con concreto hidráulico. Las llamadas "ollas", son útiles por la facilidad del transporte de una manera más segura, ya que es difícil un derrame del material en el transcurso de la planta premezcladora hasta la obra, además, el canalón que llevan en la parte trasera, en el caso de un colado al alcance de éstos, existe una gran posibilidad de ahorro, ya que no se vale de otro equipo para vaciar al concreto.

Por todo lo anterior: existe aún mucho por conocer referente a las bombas de concreto, ya que por su ayuda se tiene la posibilidad de un ahorro, tanto de tiempo, como de personal y el subsecuente de dinero.

Se recomienda el uso del bombeo del concreto, ya que por la facilidad en el manejo de la tubería y de los demás mecanismos, se tiene posibilidad de ahorrar tiempo en el colado de cualquier estructura de concreto, es más rápido y fluido el movimiento del personal encargado de dar un acabado al elemento recién colado.

El bombeo puede ser utilizado en la construcción de todo elemento de concreto, por grande y alto que éste sea, ya que por su versatilidad de potencias, tuberías y marcas del equipo; se puede mantener la buena resistencia y calidad del material en estado fresco obtenida en la planta premezcladora.

GLOSARIO

Acero de refuerzo: Varillas

ACI: Siglas cuyo significado en inglés es: "American Concrete Institute" (Instituto Americano del Concreto).

Álcali: Hidróxido de amonio, es el resultado de la combinación del hidróxido (OH) con el sodio (Na), el potasio (K) u otros metales alcalinos, o con el amonio (NH₄). Todos son muy solubles y sus disoluciones son básicas.

Agregado grueso: Roca triturada que se usa en la elaboración del concreto.

Arpillera: Tejido de fibra de yute fuerte o estopa de cáñamo, de ligamento, de tafetán, que tejido en varios granos de finura se utiliza en recubrimientos de cable eléctrico y para el fraguado del concreto.

Ataguía: Cerramiento provisional formado por dos paredes de estacas con relleno de arcilla apisonada, que sirve para contener el agua en las obras hidráulicas.

Biela: Pieza corta de una armadura, destinada a trabajar por compresión.

Caballote: Punto de apoyo para la formación de andamios, compuesto por un larguero horizontal elevado del suelo por medio de dos grupos de patas en "V".

Canalón: Conducto rígido, a través del cual se vierte el concreto fresco hacia una estructura.

Caudal: Cantidad de agua que escurre por una tubería, río, acequia, canal, etc.

Cavidad: Espacio hueco dentro de un cuerpo cualquiera.

Cohesión: Fuerza que tiende a mantener unidas las moléculas que forman un cuerpo.

Colado: Comprende las características consideradas por separado en los términos trabajabilidad y consistencia. Vaciar el concreto fresco en la cimbra de una estructura.

Compacidad: Calidad de compacto. Medida de proporcionalidad de sólidos en un volumen de agregados.

Concreto armado: Concreto y acero de refuerzo (Varillas).

Conductividad: Coeficiente de proporcionalidad que relaciona la cantidad de calor que por conducción atraviesa la unidad de superficie de un cuerpo.

Consistencia: Trabazón y coherencia de la masa fresca de concreto.

Contracción: Acortamiento en una medida de un material, por efecto del calor o del frío.

Curado: Tratamiento del concreto para que fragüe y endurezca en las mejores condiciones, ésto se consigue manteniendo húmeda la superficie, lo que evitará posibles retracciones de la masa por evaporación demasiado rápida del agua de amasado.

Dilatación térmica: Aumento en la longitud, superficie o volumen de un cuerpo por la acción del calor.

Encofrado: Molde formado con tablas de madera o paneles modulares de metal, destinado a recibir y dar forma a la masa de concreto fresco vertido, hasta su total fraguado o endurecimiento.

Estrada: Ranuras en media caña, el mismo tipo de canaladura grabado en cualquier superficie.

Excéntrico: Mecanismo que sirve para convertir un movimiento circular uniforme en otro rectilíneo y alternativo.

Fluidez: Contrario de consistencia o viscosidad del concreto.

Fraguado: Proceso químico que se produce en un amasado de aglomerantes, tales como calces, yesos y cementos, por el que la masa al secar, adopta un endurecimiento irreversible, ya que no podrá ablandarse de nuevo en caso alguno.

Granulometría: Estudio que tiene por objeto determinar la composición más adecuada de los agregados destinados a la preparación del concreto.

Hidratar: Combinar un cuerpo con el agua.

Junta constructiva: Línea en apariencia de grieta que se presenta en cualquier estructura al juntar concreto fresco con concreto viejo o en avanzado fraguado.

Lechada: Masa muy clara de cal, yeso o cemento en combinación con agua.

Material pétreo: Material que presenta ladurez y compacidad de las piedras.

Muro milán: Se utiliza para detener la acción del empuje de la tierra en una excavación, muro fabricado dentro del piso o terreno natural, de concreto armado y de menor espesor.

NMX o NOM: Siglas de Normas Mexicanas.

Oquedad: Espacio vacío en el interior de un cuerpo.

Obturaciones: De obturar, cerrar o tapar una abertura.

Paletas remezcladoras: Mecanismo que tiene la función de remover el material a su alcance.

Plasticidad: Material muy dúctil y maleable.

Planta premezcladora: Lugar cercano a una obra donde se dosifica y elabora el concreto.

Permeabilidad: Calidad de permeable; material que deja penetrar el agua u otros líquidos.

Pila: Cada uno de los machones intermedios en donde se apoyan dos arcos o traveses contiguos en un puente.

Puntal: Madero hincado en tierra para sostener una pared desplomada o una construcción que amenace ruina. Apoyo que sirve de sujeción.

Puzolana: Piedra basáltica, especie de cemento natural que presenta muy buenas condiciones de conglomerante hidráulico, reducido a polvo y mezclado con cal grasa apagada.

Solicitación: Acción a la que se encuentra sometida una estructura (Peso propio, cargas vivas, viento, sismo, asentamientos).

Temprana edad: Cuando aún no se consigue el fraguado final.

Toba: Piedra caliza muy porosa, formada en un conducto o depósito al asentarse la cal que llevan en disolución algunos tipos de agua.

Tolva móvil: Recipiente de robusta construcción y forma variable, por lo general con la base en embudo en donde está situada la boca de salida, que se usa para contener y dar paso a productos en polvo, de constitución granular y a mezclas amasadas (concreto).

Trabajabilidad: Propiedad del concreto que determina su capacidad de ser colado y compactado apropiadamente y de tener un acabado sin segregación nociva.

Traxcavo: Cargador frontal.

Troncocónica: En forma de cono truncado.

**Mezcla de cal que se forma añadiendo agua a la cal viva.*

BIBLIOGRAFÍA

1.- Diccionario técnico ilustrado de edificación y obras públicas

Barbier, Maurice
Ediciones G. Gilli S.A.
Tercera edición 1981

2.- Producción de grandes volúmenes de concreto

Falconi, Francisco - Cervantes, Roberto (Traducción)
Segunda Reimpresión 1991
Edit. Limusa
IMCYC

3.- Elaboración, colocación y protección del concreto en clima caluroso y frío (ACI 305, ACI 306)

Esqueda Huidobro, Heraclio - Huerta Martínez, Raúl (Producción editorial)
Primera Edición 1995
IMCYC

4.- Colocación del concreto por métodos de bombeo (ACI-304)

Galván, José - Gorcete Dond, Manuel (Traducción)
Primera Edición en español 1990
Edit. Limusa
IMCYC

5.- Colocación del concreto bajo temperaturas extremas.

Jauregui, Ma. Victoria - Huerta Martínez, Raúl (Traducción)
Tercera Reimpresión 1981
IMCYC

6.- Colocación del concreto bajo temperaturas extremas.

Jauregui, Ma. Victoria - Huerta Martínez, Raúl (Traducción)
Tercera Reimpresión 1981
IMCYC

7.- Diseño y control de mezclas de concreto

Kosmatska H., Steven - Panarese C., William
Primera Edición 1992
IMCYC

8.- La obra

Linger, Jean.

Tomo I

Edit. Técnicos Asociados

Primera Edición 1972

9.- Práctica recomendable para la medición, mezclado, transporte y colocación del concreto (ACI- 304)

Martínez E., David - Huerta Martínez, Raúl (Traducción)

Sexta Reimpresión 1990

Edit. Limusa

IMCYC

10.- El concreto en la obra.

Molina, Ermilo - Cervantes, Roberto (Traducción)

Tomos I y II.

Primera Reimpresión 1985

IMCYC

11.- Problemas en el concreto: causas y soluciones

Molina, Ermilo - Villaseñor Blanco, Luis (Traducción)

Primera Reimpresión 1990

IMCYC.

Edit. Limusa

12.- Práctica para dosificar concreto normal, concret pesado y concreto masivo (ACI 211.1-81)

Molina, Ermilo - Cervantes, Roberto (Traducción)

Primera Edición 1989

Edit. Limusa IMCYC

13.- Tecnología del concreto.

Neville, A. M.

Tomo I, II y III.

México D.F. 1985

Edit. Abeja S.A.

IMCYC

14.- Hormigón vibrado y hormigones especiales.

Paya Peinado, M.

Monografía CEAC sobre construcción y arquitectura

Ediciones CEAC

Doceava Edición 1979

Barcelona, España

15.- Estimación de los costos de construcción
Peurifoy L., Robert- Oberlender D. Garol.
Edit. Diana.
Cuarta Edición

16.- Concreto, prácticas de construcción.
Richardson, J. G.
Segunda Reimpresión 1981
IMCYC

17.- Hidráulica.
Russell E., George
Compañía Editorial Continental S.A.
sexta re-impresión 1976.

18.-Guía práctica para la colocación del concreto.
Revisión: Santiago Bringa, Manuel
IMCYC

19.- Hidráulica General
Sotelo Ávila Gilberto
Volumen I
Edit. Limusa
Séptima Reimpresión 1984

20.- Costo y tiempo en edificación
Suárez Salazar, Carlos
Quinta Reimpresión 1983
Edit. Limusa

21.- Concreto
Torres H., Marco Aurelio.
México, D.F. 1980
Edit. Patria
Segunda Edición

22.- Transporte de hormigón por tubería
Weber, Robert
Ediciones URMO
Primera Impresión 1968
Bilbao, España

23.- Manual de hidráulica.
Williams King, Horace.
Edit. UTEHA.
Cuarta Edición 1992

24.- Diccionario de la construcción.
Zurita Rutz, José
Enciclopedia CEAC de construcción
Decimoquinta Edición 1974
Barcelona, España

25.- Colocación del concreto por medio de bandas transportadoras (ACI-304)
IMCYC.

26.- Diccionario enciclopédico Labor
Tomo IV.
Edit. Labor.
Quinta Edición 1974
Barcelona, España

27.- Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo Americana.
Edit. Espasa Calpe S.A.
Segunda Edición 1966
Madrid, España.

28.- El Ingeniero Civil ¿Qué hace?
C.F.E.
Edit. Alhambra Mexican S.A.
1a edición 1982.

29.- Diccionario de la construcción.
Enciclopedia CEAC del encargado de obra.
Ediciones CEAC S.A.
Primera Edición 1978
Barcelona, España 1978

HEMEROGRAFÍA.

1.- Boletín Informativo
AMIC
Año IX
No 30, Mayo 1986

- 2.- Boletín Informativo
AMIC
Año IX
No 31, Junio 1986
- 3.- Boletín Informativo
AMIC
Año IX
No 32, Julio 1986
- 4.- Boletín Informativo
AMIC
Año IX
No 33, Agosto 1986
- 5.- Boletín Informativo
AMIC
Año IX
No 35, Octubre-Noviembre 1986
- 6.- Boletín Informativo
AMIC
Año IX
No 36, Diciembre 1986
- 7.- Publicación ANPCPAC
(Asociación Nacional de Productores de Concreto Premezclado A.C.)
- 8.- El concreto Premezclado y sus ventajas
Editado por el Comité Técnico.
Publicación No 2.
AMIC
- 9.- El concreto Premezclado "Desarrollo histórico".
Editado por el Comité Técnico.
Publicación No 6.
AMIC