

300615

18
2y.

UNIVERSIDAD LA SALLE
ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

ERRORES Y PROBLEMAS EN:
LA ELABORACION Y MANEJO DE CONCRETO.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S ;
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A ;
SANTIAGO SEIJAS SANCHEZ

MEXICO, D. F.

1986



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

HOJA

-INTRODUCCION

CAPITULO I. ANTECEDENTES, OBJETIVOS Y ALCANCE.

I.1 Concreto	1
I.2 Semblanza Histórica	1
I.3 Importancia del Trabajo	2
I.4 Objetivos	3

CAPITULO II. MATERIALES.

II.1 Cemento	5
II.1.1 Composición Química	5
II.1.2 Pruebas de Laboratorio	7
II.1.3 Problemas en el Cemento	9
II.2 Agregados	10
II.2.1 Propiedades de los Agregados	11
II.2.2 Problemas en el Agregado	14
II.2.3 Sustancias Perjudiciales	16
II.2.4 Partículas Inestables	16
II.2.5 Problemas en el Concreto	18
II.2.6 Reacciones Químicas del Agregado	20
II.2.7 Reacción Cemento-Agregado	22
II.2.8 Reacción Roca de Carbonato que Forma Borde	22
II.2.9 Otras Reacciones	22
II.2.10 Nota	22
II.3 Agua	23
II.3.1 Tipos de Agua y sus Efectos en el Concreto	24
II.4 Aditivos	26
II.4.1 Clasificación	27

CAPITULO III.**ERRORES Y PROBLEMAS EN:****EL ALMACENAMIENTO, LA DOSIFICACION Y EL MEZCLADO.**

III.1	Almacenamiento	29
III.1.1	Cemento	29
III.1.2	Agregados	30
III.1.3	Aditivos	32
III.2	Dosificación	34
III.2.1	Problemas en el Diseño de Mezclas	35
III.2.2	Uso de Aditivos	40
III.2.3	Dosificación por Volumen	41
III.2.4	Dpsificación por Peso	42
III.3	Mezclado	45
III.3.1	Mezclado a Mano	45
III.3.2	Mezclado Mecánico	46
III.3.3	Concreto Premezclado	50
III.3.4	Control de Calidad	55

CAPITULO IV.**ERRORES Y PROBLEMAS EN:****EL TRANSPORTE, LA COLOCACION Y EL COMPACTADO.**

IV.1	Transporte	60
IV.1.1	Botes y Carretillas	61
IV.1.2	Buggies y Tolvas	62
IV.1.3	Bandas Transportadoras y Canales	63
IV.1.4	Tubo-Embudo y Bombas	64
IV.2	Colocación	66
IV.2.1	Métodos de Colocación	67
IV.3	Compactación	73
IV.3.1	Requisitos de la Mezcla	74
IV.3.2	Métodos de Compactación	75

CAPITULO V.

ERRORES Y PROBLEMAS EN:
EL CURADO Y DESCIMBRADO.

V.1	Curado	79
V.1.1	Métodos de Curado	81
V.1.2	Concreto Masivo	84
V.1.3	Curado en Clima Cálido	84
V.1.4	Curado en Clima Frío	85
V.2	Descimbrado	85
V.2.1	Problemas en el Descimbrado	86

CONCLUSIONES

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

I N T R O D U C C I O N .

Los materiales estructurales de mayor uso en el mundo son: el Concreto y el Acero; a veces desempeñan papeles complementarios el uno del otro, a veces compiten entre sí. El acero se fabrica bajo condiciones controladas, sus propiedades son predeterminadas o se pueden determinar fácilmente, el proyectista requiere solamente de obtener los esfuerzos de trabajo de una estructura para luego dirigirse a un manual y seleccionar las secciones y los elementos adecuados para resistir dichos efectos, concretándose el trabajo en obra a la unión de los mismos.

En el concreto, la situación cambia; los miembros de una estructura se fabrican uno a uno en la obra, y la garantía de la resistencia y seguridad de los mismos depende, más que de los materiales, de la calidad de la mano de obra en la elaboración y manejo del concreto, lo cual en nuestro País a veces representa un dilema debido al desconocimiento o falta de preparación de los trabajadores acerca de los puntos esenciales en los trabajos con concreto.

¿En qué obra no hemos almacenado los agregados sobre tierra suelta, materia orgánica (pasto) o a la intemperie?, permitiendo que se contaminen y se modifique el contenido de humedad, lo que altera el requerimiento de agua de la mezcla; o ¿en qué obra no se ha elaborado concreto a mano para muros o columnas de carga?, lo cual está restringido por el Reglamento de Construcciones en su artículo 332; y ¿en cuántas obras hemos agregado agua a la mezcla después de fabricado el concreto en las proporciones requeridas para compensar la pérdida de trabajabilidad debida a demoras en la colocación del concreto?.

Así como estos errores, otros más, como la falta de un mantenimiento adecuado a los equipos, el no darle la importancia debida a la compactación o al

curado del concreto, etcetera, de aquí la importancia y la justificación del presente trabajo. La mitad de la tesis está basada en este punto, ya que todos nosotros en alguna ocasión hemos incurrido en alguno de los errores anteriores o mencionados a lo largo del trabajo, el cual inicia con los materiales del concreto, sus propiedades y su influencia en el mismo, continua con el manejo de éstos en la obra: el Almacenamiento y la Dosificación, para después dar comienzo al tema del concreto con su elaboración: el Proporcionamiento y el Mezclado de los materiales. Posteriormente sigue el tema del manejo del concreto una vez elaborado, desde el pie de la mezcladora hasta su Colocación y Compactación en su sitio definitivo. Por último, se tratan los temas de: - la protección del concreto una vez concluido el colado, para que éste endurezca adquiriendo las propiedades que de él se esperan; y el Descimbrado.

Durante el desarrollo del trabajo, a menudo, se hace referencia al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y las Normas Técnicas complementarias al mismo, así como al Reglamento de Construcciones del ACI, para llamar la atención acerca del desconocimiento que de los Reglamentos sufrimos y para hacer notar que las buenas y malas prácticas en la elaboración y manejo de concreto no sólo se conocen, sino que están reglamentadas.

El presente trabajo nació, durante la supervisión de la construcción de una línea de drenaje, de la inquietud de saber ¿en qué afecta el elaborar la mezcla para unir los tabiques de un pozo de visita con agua de la misma línea?, la primera respuesta que obtuve fué: que la resistencia de la mezcla disminuye, sin embargo, al intentar profundizar en el tema, me encontré con una gran cantidad de literatura acerca del control de calidad, "lo que sí debe hacerse", pero fué prácticamente nula la información de "lo que no se debe hacer", ni de las consecuencias que de las malas prácticas de trabajo en el concreto surjan.

Este trabajo pretende dar algunas respuestas a preguntas parecidas a la anterior y aunque no todas las preguntas encuentren una respuesta específica en este texto, espero que cree conciencia en las personas de lo importante que es el mantener buenas prácticas de trabajo, no solamente en el concreto, sino en todas y cada una de nuestras actividades.

En ocasiones, en el trabajo aparece "se recomienda" o "se debe evitar", - ésto es con el fin de no hacer tan repetitivo el trabajo volviendo a mencionar las consecuencias de los errores en la construcción.

Finalmente, quiero aprovechar este espacio para agradecer la colaboración del Ing. Jose Alberto Castillo, Ing. Gerardo S. L. Zaragoza, Arq. Guillermo - Torres y de manera muy especial al Ing. Fernando Noriega, Ing. Francisco - O'Reilly, Familia Inostrosa y mi hermana Sarita por todas las atenciones y fi- nezas que han tenido para conmigo.

Santiago Seijas Sanchez.

CAPITULO I. ANTECEDENTES
OBJETIVOS Y
ALCANCE.

I.1 Concreto

Según Harry Parker el concreto es un conglomerado pétreo artificial que se prepara mezclando una pasta de cemento y agua con arena y piedra triturada, grava u otro material inerte.

I.2 Semblanza Histórica

Los Egipcios ya utilizaban yeso calcinado impuro, Los Griegos y los Romanos, caliza calcinada que después aprendieron a mezclar con agua, arena y piedra triturada, "el primer concreto de la historia".

John Smeaton, en 1756, reconstruyendo el faro de Eddystone, descubrió la cal hidráulica al mezclar puzolanas y caliza arcillosa. En 1796, James Parker calcinando nódulos de caliza arcillosa encontró el "cemento romano" otro tipo de cementante hidráulico. A principios del S.XIX, Vicat mide el poder hidráulico del fraguado al valorar el índice hidráulico de la cal.

Todos estos trabajos culminan en 1824, cuando Joseph Aspdin patenta el cemento Portland, mezcla de cal y arcilla finamente molidas y calcinadas hasta la eliminación del bióxido de carbono, sin embargo el prototipo del cemento actual se debe a Isaac Johnson que, en 1845, cuece una mezcla de arcilla y caliza finamente molidas obteniendo así la reacción necesaria

para la formación del "clinker". Esta labor es complementada en 1931, - cuando Duff Abrams investiga y explica la relación agua-cemento y su influencia en la resistencia del concreto, dada a conocer hasta 1956 por Gruenwald.

I.3 Importancia del Trabajo

Al igual que en el tiempo de los Romanos, actualmente el concreto se - elabora, se vacía en moldes y una vez endurecido se le da un acabado. No obstante que el concreto ha sido el material de construcción por excelencia se considera como una mezcla ordinaria que puede ser elaborada por cualquier trabajador, y en no pocas ocasiones el inexperto aprendiz de albañil es el encargado de preparar el concreto tanto para un elemento estructural como - para un elemento simplemente decorativo, pero la responsabilidad de la calidad del concreto no es sólo del trabajador que lo elabora, sino que la comparten desde el ingeniero o arquitecto responsable de la obra, hasta el - dueño o beneficiario de la misma.

El concreto no viene ya agrietado o con exceso de aire atrapado ni con superficies polvosas o descascaradas. Ya se debe de terminar con la época donde el cemento, el agregado, el agua, una pala y una espalda fuerte unidos a una oración eran suficientes para levantar una construcción. El concreto es un material cuyas propiedades no solamente son predecibles, sino controlables, y con ayuda de buenas especificaciones, adecuadas prácticas de trabajo junto con trabajadores responsables, se podrán evitar muchos problemas debido a errores durante la elaboración y manejo de concreto.

Es evidente que los métodos utilizados para producir un buen concreto son tan económicos como aquéllos que nos producen un concreto pobre y lleno de

problemas, además el costo en el esfuerzo e inversión que pudieran causar-nos el implementar métodos adecuados de trabajo son ampliamente recompensa-dos con una mayor eficiencia en el trabajo y el incremento en la calidad y durabilidad del concreto y de la obra.

I.4 Objetivos

Existen numerosos trabajos que dan indicaciones claras de como efectuar un adecuado control de calidad en las diferentes etapas de la elaboración y manejo de concreto, sin embargo, la literatura referente a los errores y los problemas que de éstos se derivan es más escasa. De aquí el primer objetivo del presente trabajo, elaborar un manual en el que se exponen diferentes pro-blemas causados por otros tantos vicios o errores en los que incurrimos di-rectamente como participantes o indirectamente como observadores, mirándo-los inclusive con cierto desenfado, errores o vicios como pueden ser el ela-borar un mortero para unir los tabiques de un pozo de visita, con agua de - la misma línea de drenaje o como cuando el plomero aparece una vez que to-das las varillas de refuerzo han sido colocadas, entonces corta éstas, po-ne un gran tubo en su lugar y campantemente coloca de nuevo las varillas - cortadas alrededor del agujero. De aquí surge el segundo objetivo de la - tesis, crear conciencia en todas las personas que tienen algo que ver con - la construcción para que no incurran en errores que tal vez de tan trilla-dos parece que no tienen importancia, pero cuyas consecuencias repercuten - indefectiblemente en la seguridad, la calidad y durabilidad o en la economía de la obra.

El tercer objetivo de esta tesis es el presentar un trabajo que realmente

4

sea de alguna utilidad práctica para aquél que lo lea y no sólo vaya a -
incrementar el grosor y peso del librero de alguna casa o biblioteca, ya que
la finalidad de la ingeniería en cualquiera de sus ramas, es proporcionar -
utilidad y seguridad a bajo costo; ya sea en la construcción de una obra o
en la exposición de un trabajo.

I.5 Alcance

Ningún Reglamento o manual es perfecto, por lo que no debe considerár-
seles como dogmáticos. Los puntos de vista así como los consejos aquí pro-
porcionados se omitirán o modificarán a criterio de la persona encargada o
responsable de la vigilancia y/o elaboración y manejo del concreto y de la
obra en construcción.

CAPITULO II. MATERIALES.

El Reglamento (ref.1), en su capítulo XLI indica que los materiales empleados en construcción serán los especificados en proyecto y de acuerdo a las - normas de la Secretaría de Industria y Comercio y el Departamento podrá verificar la calidad de los mismos ayudándose de métodos estadísticos para la - obtención de muestras de material. Todos los materiales deberán de protegerse de ambientes corrosivos y de la acción de agentes físicos, químicos o biológicos que puedan disminuir su resistencia. Para utilizar nuevos materiales de construcción se debe solicitar la aprobación del Departamento y presentar pruebas de resistencia y calidad de dichos materiales.

II.1 Cemento

Se recomienda que sea de la marca y tipo utilizado para el cálculo de la dosificación.

II.1.1 Composición Química

Los componentes principales de la arcilla y la caliza (materia prima) son: cal, sílice, alúmina y óxido de fierro, que forman una serie de productos - más complejos en el horno hasta alcanzar un estado de equilibrio químico - excepto un pequeño residuo de cal y magnesia libres. Este estado puede alterarse durante el enfriamiento del producto llamado "clinker", que afecta

el grado de cristalización y la cantidad de material amorfo (vidrio), que en pequeña cantidad puede retener parte de los álcalis (óxidos de sodio y potasio) y la magnesia libres evitan su posible hidratación expansiva, haciendo un cemento resistente a sulfatos.

El cemento guarda un estado de equilibrio congelado (puede reproducir el equilibrio químico existente durante su formación) y en base a esto, se calcula la composición de óxidos presentes en éste, y la composición potencial se calcula a partir de las cantidades precisas de óxidos presentes en el clinker. (tabla 1).

óxidos	%	componentes potenciales	%
CaO	63	C ₃ A	10.8
SiO ₂	20	C ₃ S	54.1
Al ₂ O ₃	6	C ₂ S	16.6
Fe ₂ O ₃	3	C ₄ AF	9.1
MgO	1.5	Compuestos menores	-
SO ₃	2		
K ₂ O	1		
Na ₂ O	1		
Otros	1		
Pérdida por ignición	2		
Residuo insoluble	0.5		

Tabla 1.- Composición normal y potencial del cemento.

En todos los análisis químicos además de los óxidos presentes en el clinker, también aparecen otros dos conceptos que son: Residuo Insoluble, que es una medida de la adulteración del cemento debido a las impurezas del yeso. Pérdida por Ignición, es una medida de la carbonatación e hidratación de la cal y magnesia libres debido a la exposición del cemento a la atmósfera.

Componentes Potenciales: Aluminato Tricálcico, que actúa como fundente en el cinker facilitando la combinación de la cal y sílice, el fraguado del concreto se debe a este compuesto ya que es el primero en hidratarse, gene-

ra gran cantidad de calor de hidratación provocando cambios volumétricos y agrietamiento del concreto. Silicato Tricálcico, provoca endurecimiento del concreto (fraguado inicial) y contribuye al desarrollo de resistencia a cortas edades, su velocidad de hidratación no es constante y también genera gran cantidad de calor de hidratación. Silicato Dicálcico, se hidrata lentamente, contribuye al desarrollo de resistencia a grandes edades, de bajo calor de hidratación. Ferroaluminato Tetracálcico, reacciona con el yeso acelerando la hidratación de los silicatos, ayuda a la estabilidad volumétrica ya que se hidrata lentamente y es de bajo calor de hidratación.

Los silicatos de calcio son los principales compuestos cementantes y los responsables de la resistencia del concreto, su comportamiento físico por separado al hidratarse es similar al del cemento, alcanzan gran parte de su resistencia antes de hidratarse por completo.

Componentes Menores: su nombre se debe a su cantidad, no a su importancia, los principales son: Oxidos de Sodio y Potasio mejor conocidos como álcalis del cemento. Oxidos de Calcio y Magnesio. La alcalinidad total del cemento se debe a los álcalis y al óxido de calcio mejor conocido como cal.

Yeso, ésto se añade al cemento para regular la reacción del aluminato tricálcico evitando el fraguado relámpago del clinker y su cantidad depende tanto del aluminato como de los álcalis y de la finura del cemento.

II.1.2 Pruebas de Laboratorio

Estas se realizan para asegurarse que el cemento cumple con las normas ASTM C 150 para cemento Portland (American Society for Testing and Materials).

Peso volumétrico, importante en la dosificación, necesario para conocer -

el equivalente de peso en volumen y viceversa. El volumen del cemento se obtiene por medio del frasco de Le Chatelier. El peso volumétrico del cemento es de 3.15 aproximadamente.

Finura, esta prueba se realiza mediante tamizado, turbidímetro de Wagner o aparato de permeabilidad. A mayor finura del cemento, mayor velocidad de hidratación, mayor trabajabilidad de la mezcla, menor tiempo de fraguado y desarrollo más rápido de resistencia, pero también mayor costo de molienda, mayor calor de hidratación y mayor agrietamiento del concreto, así como aumento en la cantidad necesaria de yeso, debido a mayor aluminato tricálcico libre, mayor es la reacción con los agregados reactivos alcalinos y más - fácil ataca la humedad del ambiente al cemento, sobre todo en zonas costeras.

Sanidad, un cemento que muestra gran expansión después de fraguado se dice que carece de sanidad o que tiene mala sanidad, como este fenómeno se presenta después de fraguada la pasta de cemento es necesario realizar la prueba de "sanidad acelerada en autoclave" donde el espécimen probado no debe - variar en volumen más del 0.8 %. Las causas que originan estos efectos son exceso de cal o magnesia libres o exceso de sulfato de calcio.

Consistencia normal, sirve para determinar los tiempos de fraguado inicial y final por medio del aparato de Vicat y estos tiempos son 45 minutos y - 10 horas respectivamente.

Resistencia, existen tres modalidades de esta prueba, compresión directa, tensión directa y flexión, éstas se hacen con un mortero cemento-arena 1:3, para la prueba de compresión directa se elaboran unos cubos de 7 cms. de - lado, para la de tensión unas briquetas de 7.5 cms. de largo y 4.5 cms. en su parte más ancha que es la cabeza, la prueba de flexión es una prueba indirecta de tensión, tensión por flexión.

II.1.3 Problemas en el Cemento

Vidrio; puede afectar a los aluminatos del cemento y, presentes en grandes cantidades en el mismo, dificulta en exceso la molienda del clinker.

Aluminato Tricálcico, no es deseable en grandes cantidades debido a que genera una gran cantidad de calor de hidratación propiciando cambios volumétricos y agrietamiento en el concreto, además que, al contacto con aguas o suelos sulfatados forma un sulfoaluminato de calcio (sal de Carnot) altamente expansivo al absorber agua debido a que el aluminato reduce la resistencia del cemento a sulfatos.

Silicato Tricálcico, puede reaccionar con la humedad del ambiente y ocasionar falso fraguado, en el concreto genera una gran cantidad de calor de hidratación con variación volumétrica y agrietamiento del concreto.

Alcalis, originan mala sanidad del cemento y al hidratarse se transforman en hidróxidos de sodio y potasio que aumentan la alcalinidad en el concreto, además pueden reaccionar con algunos agregados reactivos que contienen óxidos de sílice, produciendo un gel sílico-alcalino altamente expansivo al absorber agua y si se carbonatan los álcalis pueden originar falso fraguado del concreto, afectan de manera negativa la velocidad de desarrollo de resistencia del concreto por lo que no deben exceder de 0.6 % del peso del cemento.

Oxido de Calcio, se convierte en hidróxido de calcio al hidratarse y contribuye a la mala sanidad del cemento.

Oxido de Magnesio, es muy inestable y origina también que el cemento tenga una mala sanidad.

Yeso, un exceso de este producto produce cambios volumétricos en el concreto ya que la cantidad que sobrepasa al aluminato tricálcico en posibili-

dad de reaccionar con éste, forma un sulfoaluminato de calcio (sal de Carnot) al contacto con algún sulfato. Si se añade el yeso al clinker aún caliente, puede deshidratarse éste y formar lo que se llama "yeso de París", que es causa de falso fraguado en el concreto.

Azúcar, en pequeñas cantidades (menos del 0.05 % del peso del cemento) - tiene propiedades retardantes sobre la mezcla de concreto, sin embargo, en cantidades mayores del 0.2 % mata totalmente el fraguado. Usado como retardante afecta la resistencia a edades tempranas, además incrementa la contracción plástica del concreto debido a que se prolonga la duración de esta etapa plástica del mismo. También es una forma económica de evitar el fraguado de una mezcla, cuando hay algún problema y no es posible descargar la mezcladora evitando así que el concreto se endurezca dentro de la misma.

II.2 Agregados

Según la NOM C 111 (Norma Oficial Mexicana "Agregados para Concreto"), los agregados son: "el material natural, procesado y artificial que se mezcla con un cementante hidráulico para hacer morteros o concretos". Aquí, lo dividen en dos clasificaciones, agregado fino (arena) y agregado grueso (grava). El primero debe pasar a través de la criba DGN 1.6M (Dirección - General de Normas, criba de 4.76 mm.) y el segundo se queda retenido en la misma.

La importancia de los agregados radica en que casi tres cuartas partes - del volumen del concreto lo constituyen éstos. El concreto más económico es aquél que tiene la mayor cantidad posible de agregado y la menor de cemento. No se puede utilizar cualquier material como agregado, debe existir

afinidad entre los materiales evitando que se produzcan reacciones adversas que afecten la calidad y/o la durabilidad del concreto.

II.2.1 Propiedades de los Agregados

Resistencia, la resistencia del agregado deberá ser mayor que la del concreto que se elaborará con dicho agregado. La resistencia del concreto no depende sólo de la resistencia mecánica del agregado, influyen la adherencia, composición, módulo de elasticidad del agregado que determina el módulo de elasticidad del concreto en igual forma que sucede con el módulo de fluencia y contracción; un módulo de elasticidad moderado en el agregado es valioso para la durabilidad del concreto porque reducirá los esfuerzos de compresión en la pasta o matriz.

Consistencia, capacidad del agregado para resistir cambios de volumen debido a cambios en las condiciones físicas, para determinar la consistencia del agregado se somete a ciclos de humedecimiento y secado con una solución de sodio o magnesio, pero ninguna prueba pronostica con exactitud la durabilidad del agregado en condiciones reales de exposición del concreto.

Granulometría, es la diversidad de tamaños en las partículas que componen el agregado. Muchas propiedades del concreto fresco y endurecido dependen de la granulometría del agregado como pueden ser la trabajabilidad de la mezcla, su segregación, su consistencia, la impermeabilidad del concreto, su resistencia, etc.. Mientras mayor sea la cantidad de partículas sólidas que forman una masa compacta en el concreto, mayor será su resistencia. Existe la tendencia de elegir el agregado de mayor tamaño que se encuentre disponible y que resulte compatible con las dimensiones de la

estructura, pero la experiencia ha demostrado que ésto no siempre conduce al concreto más económico. Con respecto a la influencia del tamaño máximo de agregado en las propiedades del concreto fresco y endurecido, se presenta - la tabla 2 donde aparecen los efectos debidos al aumento o disminución en el tamaño del agregado.

Forma y Textura, puntos importantes en la trabajabilidad de la mezcla y la impermeabilidad del concreto, por su forma el agregado lo podemos enmarcar como: redondeado, en base a la angularidad de sus bordes que influye en el porcentaje de cavidades, mientras más redonda sea su forma, el - concreto será más impermeable, además de que requiere menos agua, arena y esfuerzo en el mezclado y en el vibrado del concreto; esférico, según su - área superficial o relación área/volumen de las partículas, depende de la - estratificación y el clivaje de la roca original así como del equipo de - trituración. De acuerdo con la textura, la clasificación se hace conforme al grado de suavidad o aspereza de la partícula y depende de la dureza, tamaño de grano y grado en que la han suavizado o vuelto áspera las fuerzas - que actúan sobre las caras de la partícula. Otra clasificación es de acuer - do al grado de pulimentación u opacidad del agregado. Estas característi - cas influyen sobre todo en la adherencia entre la pasta de cemento y el agre - gado, y en consecuencia en la resistencia sobre todo a la fléxión tan impor - tante en losas de grandes claros. Con respecto al agregado fino su princi - pal efecto es sobre el consumo de agua de la mezcla.

Porosidad y Absorción, la mayoría de las rocas tienen poros más grandes que los de la pasta de cemento, sus características influyen en la impermea - bilidad y absorción del agregado que se refleja en la adherencia y resisten - cia en el concreto, así como en la estabilidad química y resistencia a la abrasión y congelación. Debido a su viscosidad, la pasta de cemento no -

<i>Cambio del tamaño máximo de agregado (TMA)</i>		
<i>Concepto</i>	<i>Tendencia</i>	<i>Efecto previsible</i>
Concreto fresco:		
Consumo de pasta de cemento	Aumento	Aumentando el TMA disminuye el consumo de pasta de cemento en el concreto, lo cual puede representar ventaja económica en algunos casos.
Segregación	Disminución	Al disminuir el TMA se reduce el riesgo de segregación del concreto durante su manipulación.
Trabajabilidad	Indiferente	El cambio del TMA no debe influir en la trabajabilidad de las mezclas de concreto con diseño idóneo para la aplicación prevista.
Asentamiento y sangrado	Indiferente	El cambio del TMA no debe influir en el asentamiento y el sangrado de las mezclas de concreto cuyas pastas de cemento sean estables y sus agregados posean partículas con buena forma y granulometría.
Concreto endurecido:		
Resistencia mecánica	Aumento	En concretos de baja resistencia, se incrementa la eficiencia del cemento al aumentar el TMA.
	Disminución	En concretos de alta resistencia, el efecto se invierte y se obtiene mayor eficiencia del cemento al disminuir el TMA.
Cambios volumétricos	Aumento	En estructuras de concreto voluminosas, se reducen los cambios volumétricos derivados del calor de hidratación del cemento, mediante la reducción en el consumo de pasta que se obtiene aumentando el TMA.
	Indiferente	En estructuras de concreto normales, es suficiente al uso de mezclas con bajo revenimiento para limitar los cambios volumétricos, sin necesidad de modificar el TMA.
Deformabilidad	Indiferente	En concretos con igual relación agua/cemento, el cambio del TMA no debe influir en su módulo de elasticidad.
	Aumento/ disminución	En concretos con igual resistencia el aumento de TMA puede incrementar ligeramente su módulo de elasticidad, y viceversa.
Durabilidad	Indiferente	En concretos bien colocados y compactados, con baja relación agua/cemento y agregados de buena calidad, el cambio del TMA no debe influir en su durabilidad.
	Disminución	En concretos expuestos a sufrir cavitación, la disminución del TMA puede incrementar su resistencia al daño.
	Aumento	En concretos expuestos a sufrir desgaste por abrasión, el aumento del TMA debe mejorar su comportamiento, si el agregado es más resistente que la pasta de cemento.
Permeabilidad	Disminución	En estructuras de concreto donde sea necesaria una baja permeabilidad al agua, puede ser útil la disminución del TMA como medida complementaria para lograr esa propiedad.

tabla 2.- Influencia de la variación del Tamaño Máximo del Agregado en el concreto.

puede penetrar a gran profundidad en los poros menos grandes, sin embargo, el agua sí, aunque la cantidad de agua que puede absorber el agregado depende de la cantidad y velocidad con que ésta pueda pasar a través de la pasta de cemento. Mientras más seco esté el agregado en el momento del mezclado, más agua tendrá que recibir para llegar al punto de saturación y más tiempo tardará en alcanzar éste. Tampoco es deseable que el agregado se encuentre totalmente seco debido a que absorbería parte del agua de la pasta haciéndola porosa y permeable, si no se desea que exista movimiento de agua que penetre en los poros del agregado, éstos deben estar llenos de ella al momento del mezclado. La humedad en el agregado fino es un factor muy delicado, ya que ésta altera el requerimiento de agua total de la mezcla y un exceso de agua repercutirá en la resistencia del concreto, además, cuando se dosifican los materiales por volumen, la humedad abunda la arena debido a que la presión del agua separa las partículas de la misma.

Peso Volumétrico, al igual que en el cemento, su importancia radica cuando es necesario convertir pesos a volúmenes en la dosificación, la humedad en el agregado hará que se comprima con menor densidad debido al efecto de abundamiento.

Módulo de Finura, (sólo para la arena) deberá estar entre 2.3 y 3.1, no deberá variar más de 0.2 del considerado para la dosificación según la norma NOM C 111 antes mencionada.

II.2.2 Problemas en el Agregado

Resistencia, agregados muy rígidos y resistentes pueden ser causa de agrietamiento en el concreto ya que no ayuda a disminuir esfuerzos en la pasta de cemento.

Consistencia, los agregados inestables en el concreto presentan problemas que van desde el descascaramiento de la superficie hasta el agrietamiento y la desintegración, se considera que materiales como pedernales, horstemos - porosos o lutitas y calizas con laminado de arcilla expansiva o minerales - arcillosos son inestables.

Granulometría, los defectos en la granulometría del agregado son causa de segregación, además la granulometría que da máxima densidad en el agregado produce mezclas muy ásperas (poco trabajables) al igual que partículas de un solo tamaño en el agregado. Es más importante mantener una granulometría - constante que buscar una que sea "buena" debido a que las variaciones en el agregado producen variaciones en la trabajabilidad de la mezcla y que ésta siempre se corregirá en la mezcladora variando la cantidad de agua del concreto afectando también su resistencia.

Forma y Textura, una baja esfericidad o alta relación área/volumen indica partículas alargadas (laminares) que disminuyen la trabajabilidad de la mezcla y afecta la durabilidad del concreto debido a que éstas se orientan - en un solo plano y el agua y el aire tienden a acumularse debajo de las partículas, haciendo heterogéneo y permeable al concreto.

Porosidad y Absorción, agregados en estado totalmente secos al efectuarse la mezcla absorben agua de la pasta haciéndola porosa y permeable originando bajas resistencias, al igual que las corrientes internas de agua aumentan la tendencia a la corrosión del acero debido a que aumenta la conductividad eléctrica del concreto, así como la capacidad de éste para absorber y retener - sales diluidas en el agua igual que el oxígeno, vital para que se efectúe este fenómeno.

II.2.3 Sustancias Perjudiciales

Se clasifican en tres categorías: Impurezas, Recubrimientos y Contaminación.

Impurezas: principalmente orgánicas, interfieren con las reacciones químicas de hidratación entre el cemento y el agregado, consisten principalmente en productos de la descomposición de materia vegetal, es más probable que se encuentren en la arena que en el agregado grueso, en algunos casos el efecto de las impurezas orgánicas es sólo temporal. Se recomienda que los agregados vayan limpios de todo este tipo de materias (hojas secas, conchas de mar, - animales muertos, etc.), o someter el agregado a procesos de lavado.

Recubrimientos: como arcilla y otros materiales finos que interfieren con la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento y altera la resistencia y la durabilidad del concreto. El limo es producto del intemperismo, el - polvo de trituración es producto del proceso de transformación de la roca en grava y arena, recubrimientos blandos y de poca adherencia deben ser eliminados ya que recubrimientos químicamente reactivos aunque físicamente estables son causa de graves problemas. Estos recubrimientos son muy finos y por su gran área superficial aumentan el requerimiento de agua de la mezcla.

Contaminación: por sal que absorbe la humedad del aire y causa eflorescencia, además de producir corrosión en el acero debido al cloruro que debe - mantenerse dentro de ciertos límites (sobre todo el cloruro soluble que es fuente de problemas), por lo que no se recomienda el uso de arena de mar o grava producto de dragados marinos.

II.2.4 Partículas Inestables

Existen dos clases de éstas, las que pueden mantener su integridad física

y las que causan expansiones destructivas al entrar en contacto con agua, partículas de baja densidad y esquistos se consideran inestables igual que - las inclusiones blandas como terrones de arcilla, madera y carbón, ya que son causa de picaduras y descascaramiento en el concreto y en grandes cantidades afectan adversamente la resistencia del mismo, en especial el que está sujeto a abrasión. El carbón es una inclusión blanda que puede expandirse - y fracturar el concreto, presente en grandes cantidades finamente molido trans torna el proceso de endurecimiento de la pasta de cemento. Mica libre en el agregado fino aumenta la cantidad de agua necesaria para la mezcla y en consecuencia disminuye la resistencia del concreto, en presencia de agentes químicos activos producidos durante la hidratación del cemento se altera y toma formas químicamente inestables, se encuentra presente en arenas arcillosas silíceas. Yeso y sulfatos en los agregados son origen de muchos problemas, las piritas de hierro y las marcasitas son las inclusiones expansi vas más frecuentes en el agregado, son sulfuros que reaccionan con el agua y el oxígeno formando sulfato ferroso que se descompone y forma hidróxido ferroso, los iones de sulfato reaccionan con los aluminatos de calcio del cemento que se traducen en manchas en el concreto y ruptura de la pasta, sobre todo en condiciones de calor y humedad; la pirita se descompone sólo - en agua con cal por lo que se prueban los agregados en soluciones saturadas de cal (reactividad). La mayor parte de las impurezas se encuentra en de pósitos naturales de agregados y se presentan con menos frecuencia en el agre gado triturado aunque algunos agregados procesados (desechos de minas) pueden contener sustancias perjudiciales, la presencia de materiales de baja - densidad se determina por flotación (porcentaje de finos).

II.2.5 Problemas en el Concreto

Tanto los problemas independientes en el agregado como las sustancias perjudiciales y las partículas inestables, influyen de una manera determinada en el concreto.

Abrasión: la resistencia del concreto a la abrasión o erosión es producto de la resistencia a la compresión, las propiedades del agregado, métodos de acabado y curado, limitación del tamaño máximo del agregado grueso y la utilización de superficies de desgaste. Diferencias entre la resistencia del agregado y la pasta de cemento originan desintegración más rápida de uno de los dos materiales. En pavimentos, la resistencia al derrape depende de la textura de la superficie, resultado de la aspereza y tipo del agregado fino, en pavimentos resbaladizos se aplican materiales abrasivos (arena) y el desgaste en el concreto depende de la calidad de la pasta de cemento y la resistencia del agregado.

Corrosión del Acero y Metales Ahogados en el Concreto: el agregado puede contener una gran cantidad de cloruros, pero lo importante es qué tanta cantidad es soluble, ya que el cloruro retenido en el agregado no es perjudicial dado que no está libre para combinarse con el agua y llegar al refuerzo; no se recomienda utilizar agregados como arena de playa o grava producto de dragados marinos cuyo contenido de sal (cloruro de sodio) es elevado ya que el cloruro tiende a destruir la película protectora que se le forma al acero en presencia de humedad y oxígeno, y cuando se destruye ésta y se reduce la alcalinidad del concreto debido principalmente a la humedad y el bióxido de carbono, se produce carbonatación del concreto, independientemente de que la superficie del acero puede activarse localmente formando un ánodo y un cátodo con una diferencia de potencial eléctrico que provoca corrientes

eléctricas en el acero y producen la disolución del hierro. El cloruro se combina con el agua formando ácido clorhídrico que pica el acero, y si la picadura se mantiene activa aumenta en profundidad, disminuyendo el área de la sección transversal de la varilla. Una vez que se destruye la película protectora de herrumbre ya no importa la presencia de cloruro, sino que solamente actúan la humedad y el oxígeno, aunque el cloruro reduce la solubilidad del oxígeno y aumenta la conductividad eléctrica del concreto. La permeabilidad del concreto es el factor más importante en la corrosión del acero, así como las grietas que permiten la carbonatación por el paso de agua y bióxido de carbono (los productos de corrosión originan expansiones y grietas en el concreto). No hay corrosión en una atmósfera completamente seca.

Exposición a Ataques Químicos: es un error evitar agregados ácidosolubles en ambientes sujetos a ataques químicos, ya que tienen igual susceptibilidad al ataque que la pasta o matriz, y se desgastan en igual medida. El deterioro del concreto causado por ácidos es resultado de la reacción entre el ácido y el hidróxido de calcio del cemento, un concreto denso con relación agua/cemento baja, proporciona un grado de protección aceptable contra ataques moderados de ácidos, pero ningún concreto hecho con cemento Portland puede resistir por largo tiempo el ataque de agua con una alta concentración de ácidos, por lo que en estos casos se utilizará un recubrimiento o tratamiento adecuado de la superficie expuesta.

Ataque por Sulfatos: existen dos reacciones químicas que intervienen en este proceso, la primera, la combinación de sulfatos con hidróxido de calcio, liberado durante la hidratación del cemento y forma un sulfato de calcio (yeso); la segunda, la combinación de yeso y aluminato hidratado de calcio que forma sulfoaluminato de calcio. Un concreto denso con baja relación agua/cemento y la utilización de un cemento resistente a sulfatos, junto con

inclusores de aire que reducen aún más la cantidad necesaria de agua, brindan una adecuada protección al concreto. La resistencia de un concreto a sulfatos depende de la cantidad de aluminato tricálcico del cemento y se recomienda que no exceda del 5 % del peso del cemento, además el uso de puzolanas aumenta la esperanza de vida del concreto sujeto a ataques de sulfatos.

Congelación y Deshielo: la mayoría de las rocas tienen poros más grandes que la matriz o pasta de cemento, por lo que la estructura porosa y el tamaño del agregado grueso son importantes en la resistencia a heladas (que sólo se presentan en la zona norte de nuestro País). El agua se congela dentro de los poros de la roca fracturándola, el agua generalmente proviene de fuentes externas, por lo que se recomienda concreto de baja relación agua/cemento (matriz impermeable), aunado al uso de inclusores de aire que disminuye la cantidad necesaria de agua de la mezcla, además de que el aire incluido sirve como válvulas liberadoras de presión.

II.2.6 Reacciones Químicas del Agregado

Existen dos principales reacciones entre los álcalis del cemento y el agregado.

Reacción Alkali-Sílice: comienza con el ataque de los hidróxidos alcalinos de los álcalis del cemento contra los minerales silíceos del agregado que forman un gel altamente expansivo al absorber agua, la reacción se acelera en condiciones húmedo y seco alternados y se elimina añadiendo a la mezcla sílice reactivo en polvo, dado que a mayor área superficial del agregado reactivo menor cantidad de álcalis disponibles por unidad de área y menor cantidad se formará de gel; al aumentar el área superficial aumenta la relación calcio-

álcalis de la solución formándose un producto de silicato alcalino de calcio inocuo (no expansivo) que aunque la reacción se produzca, la expansión no se presenta, al aumentar estas puzolanas aumenta el requerimiento de agua de la mezcla. No deben emplearse agregados reactivos en concretos expuestos a ambientes alcalinos o agua de mar o utilizar cemento bajo en álcalis (menos del 6 % del peso del cemento) o usar puzolanas si no se dispone de este tipo de cemento. El examen petrográfico indica si un agregado es reactivo y se corrobora con la prueba cemento-varilla.

Reacción Alkali-Carbonato: rocas carbonatadas reaccionan con los álcalis produciendo expansión y agrietamiento en presencia de humedad originando pérdida de adherencia entre el agregado y la pasta de cemento. En esta reacción se regeneran los álcalis y las puzolanas no son efectivas en el control de la expansión, el examen petrográfico identifica las rocas reactivas, aunque las rocas con carbonato reactivo no son muy comunes.

Nota: En Latinoamérica, las reacciones Alkali-Sílice y Alkali-Carbonato sólo han producido leves daños (específicamente en Argentina), en el caso particular de México, hasta la fecha no existen datos publicados sobre estructuras afectadas por estas reacciones, pero no se sabe con certeza si es porque no han ocurrido o porque no han sido expuestas o detectadas, pero se sabe que en la región abundan los materiales que contienen sílice en su forma reactiva y las calizas dolomíticas, por lo que existe el riesgo potencial de que el problema se presente. En México se ha acostumbrado a analizar la posibilidad de ocurrencia y cuando ha sido necesario se han adoptado medidas para prevenir el problema como el empleo de cemento bajo en contenido de álcalis y el uso de materiales puzolánicos.

II.2.7 Reacción Cemento-Agregado

Fenómeno químico parecido a la reacción Alkali-Sílice, complicado por - condiciones ambientales que producen elevada concentración de álcalis por - evaporación y contracción del concreto.

II.2.8 Reacción Roca de Carbonato que Forma Borde

Asociado con algunas rocas carbonatadas es dudoso que este fenómeno por sí mismo sea una reacción perjudicial, las zonas periféricas de las partículas de agregado en contacto con la pasta de cemento son modificadas desarrollando bordes prominentes dentro de las partículas y extensas modificaciones de la pasta circundante.

II.2.9 Otras Reacciones

En la oxidación e hidratación de ciertos óxidos, sulfatos o sulfuros minerales inestables, es posible la presencia de hierro metálico como contaminante del agregado que posteriormente se oxida, también pueden ocurrir reacciones debidas a impurezas orgánicas.

II.2.10 Nota

Al seleccionar un agregado es conveniente exigir sólo aquellas propiedades pertinentes a su empleo, en un proyecto particular el agregado que no cumpla

con las especificaciones, pero que demuestre por pruebas especiales que produce un concreto de resistencia y durabilidad adecuadas, puede emplearse - cuando lo autorice el residente de la obra. Los criterios que rigen la selección del agregado deben ser revisados y variar con respecto al comportamiento exigido del concreto en el ambiente de servicio. Son importantes las investigaciones adicionales en las áreas y métodos de prueba para concreto y materiales, junto con una revisión crítica de las especificaciones y normas; no tiene sentido llevar los desechos sólidos fuera de la ciudad mientras se traen agregados a la misma, existiendo la posibilidad de procesar parte de dichos desechos en agregados útiles.

II.3 Agua

El ACI (Reglamento de Construcciones del Concreto Reforzado ACI 318-77), indica que el agua empleada en el mezclado del concreto deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, álcalis, sales, materia orgánica, y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero de refuerzo. El agua de mezclado para concreto que contendrá metales ahogados, no debe contener cantidades perjudiciales de iones de cloruro. No deberá utilizarse agua no potable a menos que se proporcione el concreto en base al tipo de agua en cuestión, y que el concreto hecho con este tipo de agua alcance una resistencia de por lo menos el 90 % de la resistencia de un concreto hecho con agua potable.

Cuando son excesivas las impurezas en el agua de mezclado, pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y su estabilidad volumétrica, sino que puede provocar eflorescencia en el concreto y corrosión en el acero de refuerzo.

Las sales y otras sustancias nocivas derivadas del agregado o aditivos, - deben sumarse a la cantidad de sustancias perjudiciales que contenga el agua.

El agua de mezclado del concreto reforzado y principalmente del preesforzado no debe contener cantidades perjudiciales de cloruro que pueden ocasionar corrosión del acero y del aluminio en su caso, sobre todo si ambos materiales se encuentran ahogados y en contacto dentro del concreto.

Casi cualquier agua natural que se pueda beber y carezca de olor y sabor marcados, se puede utilizar como agua de mezclado.

II.3.1 Tipos de Agua y sus Efectos en el Concreto

Agua Pura: proviene de lluvia, nieve, glaciales, manantiales y pozos, su pH es 7 (neutro), hidrolizan y disuelven los compuestos cálcicos del cemento.

Agua Acida: contiene una cantidad notable de gas carbónico, ácido nítrico o ácido húmico, su pH es inferior a 6, con la consecuente propensión a la corrosión del acero de refuerzo; además de atacar los compuestos cálcicos del cemento y los agregados calizos, en ciudades industriales, el agua de lluvia recoge las sustancias presentes en la atmósfera y puede formar ácidos que atacan al concreto.

Agua Alcalina: aquélla en la que se ha disuelto sales alcalinas de ácidos débiles y que tienen sales de potasio, litio u otros metales monovalentes del tipo alcalino, produce la hidrólisis alcalina de algunos compuestos del cemento, así como disminuye el ambiente ácido en el concreto, tan propicio para que se efectúe la corrosión del acero y otros metales ahogados en él.

Agua Sulfatada o Celenitosa: contiene gran cantidad de sulfatos de litio, sodio, potasio, calcio o magnesio; algunas aguas tienen su origen en el ata-

que de terrenos dolomíticos con presencia de yeso debido a las aguas puras o ácidas; son las más agresivas en cementos ricos en cal total y aluminato tricálcico y en general en los cementos Portland, propician la sal de Carnot - (eflorescencia) con propiedades expansivas y pulverizantes por el exceso de cal libre.

Agua Clorurada: contiene en mayor proporción cloruros de elementos alcalinos y alcalinotérreos, tiene su origen cuando pasa por antiguos lechos marinos, solubiliza la cal y el yeso, así como sales agresivas y destruyen la capa protectora de herrumbre del acero de refuerzo, propiciando corrosión.

Agua Magnesiana: de gran cantidad de sales de magnesio (sulfato de magnesio) interrumpe el fraguado del concreto.

Agua de Mar: tiene una gran cantidad de sales disueltas entre las cuales predominan el cloruro de sodio y magnesio, y el sulfato de magnesio y calcio, su acción no es igual en todos lados por la diferente composición química, - según su contenido de cloruros propicia corrosión en el acero, su efecto agresivo es a largo plazo.

Agua Reciclada: es la que usan para lavar las mezcladoras de concreto y - que después de un proceso de sedimentación se puede utilizar para fabricar - concreto hidráulico, tiene en suspensión un alto porcentaje de finos, producto del cemento y la arena.

Agua de Desecho o Residual: proviene de los desechos de la industria y las casas, su composición química depende de su origen y tratamiento, puede ser ácida, básica o salina, la más perjudicial es la que contiene sulfatos, sulfuros, ácidos, materia orgánica y grasas. Existen alguna formas de mejorarlas por ejemplo: agua turbia, sedimentándola, filtrándola, o usando floculantes; agua contaminada (únicamente por materia orgánica) se le riega cal (viva) - o se filtra a través de carbón activado; agua con sustancias ceolíticas, -

atrae los sulfatos y libera el calcio; agua con elementos químicos afines a ciertos metales, se les trata por un proceso electrolítico; otras, algunas veces, basta con congelar el agua para purificarla (excepcionalmente).

II.4 Aditivos

Según el ACI (ref. 3) son materiales diferentes del agua, del agregado y del cemento, se emplean como componentes del concreto o mortero y se añaden a la mezcla con el fin de modificar una o más propiedades del concreto - fresco o endurecido. Deben emplearse de acuerdo con las especificaciones del fabricante y/o proyectista; un aditivo debe utilizarse sólo después de haber evaluado apropiadamente sus efectos, sobre todo cuando se emplean tipos especiales de cemento, se utilizan dos o más aditivos cuando el mezclado y/o el colado se efectúan a temperaturas por arriba o por abajo de lo normal.

Un aditivo nunca sustituirá los materiales de buena calidad y difícilmente mejorará un concreto pobre, además cuando la mezcla está bien diseñada, la mayoría de los concretos no requieren de aditivos.

El contenido de agua, cemento o finos, modifican de manera importante los efectos de algunos aditivos, y muchos aditivos afectan a más de una de las propiedades del concreto causando problemas o endurecimiento temprano del concreto o prolongando los tiempos de fraguado, etc.. Las sobredosis generalmente originan más efectos adversos que mejorar más las propiedades deseadas en el concreto. Es muy importante saber contener el impulso de agregar siempre un poquito más. El empleo exitoso de los aditivos depende de la aplicación de un método apropiado de preparación y dosificación de los mismos; la preparación puede variar de acuerdo con el tipo de aditivo, según su proce-

dencia, por lo que deben observarse siempre las recomendaciones del fabricante, y en caso de duda, comunicarse inmediatamente con él o con la casa representante que suministra el producto. Nunca deben utilizarse aditivos cuyo envase no tenga etiqueta, ni emplear un aditivo de una marca en la misma forma que un aditivo similar de otra marca. Es posible que dos o más aditivos no sean compatibles en la misma solución, por lo que debe evitarse mezclarlos antes de agregarlos a la mezcla. Deben efectuarse mezclas de prueba con el aditivo para determinar el cumplimiento con las especificaciones del proyecto, evaluar los efectos del aditivo sobre las propiedades del concreto o determinar simplemente la uniformidad del producto, e incluso es recomendable efectuar algunas mezclas con sobredosis dobles y triples con el fin de observar su efecto sobre el concreto fresco y endurecido para darse cuenta de los daños que surgen de los errores humanos. Aunque las instrucciones del fabricante incluyen recomendaciones sobre la dosificación, la dosis ideal de aditivo depende de los materiales específicos que se utilizarán en la obra, así como las condiciones en que se va a trabajar. La uniformidad de resultados es más importante que el resultado promedio de las pruebas. La evaluación del costo del aditivo debe basarse no sólo en los resultados obtenidos del concreto, sino también en la optimización de los programas y los métodos de construcción.

II.4.1 Clasificación

La ASTM (American Society for Testing and Materials) establece siete grandes grupos de aditivos:

- 1.- Acelerantes
- 2.- Retardantes

- 3.- Reductores de Agua
- 4.- Reductores de Agua y Acelerantes
- 5.- Reductores de Agua y Retardantes
- 6.- Reductores de Agua de Alto Rango (Superfluidificantes)
- 7.- Reductores de Agua de Alto Rango y Retardantes

Sin embargo, existen otros tipos de aditivos no considerados en la anterior clasificación como son:

Inclusores de Aire

Productores de Expansión

Generadores de Gas

Aditivos para Rellenos

Aditivos Minerales Finamente Divididos (Puzolanas)

Adherentes

Colorantes

Impermeabilizantes

Aditivos para Concreto con Revenimiento Cero

Aditivos para Reducir la Expansión Alkali-Agregado

Inhibidores de Corrosión

Floculantes

Insecticidas, Germicidas y Fungicidas

Etcétera.

CAPITULO III.

ERRORES Y PROBLEMAS EN EL ALMACENAMIENTO DOSIFICACION Y MEZCLADO.

III.1 Almacenamiento

Los problemas en la obra inician con la recepción de los materiales cuando por falta de espacio o de orden nos vemos en la necesidad de tener los camiones cargados esperando y, en no pocas ocasiones tenemos que tirar el material en la vía pública, invadiendo banquetas y parte del arroyo, lo cual está prohibido por los artículos 291 y 292 del Reglamento (ref. 1). El no prever - accesos a la obra, el no provocar espacios adecuados y suficientes para poner el material, el no visualizar una circulación definida dentro de la misma, y el no mantener limpias las áreas de trabajo, son fuente de muchos dolores de cabeza, así como contratiempos imperdonables durante el transcurso de ésta.

III.1.1 Cemento

A pesar de que sabemos que el cemento debemos almacenarlo en alto, protegido de la humedad, cuántas ocasiones no nos hemos encontrado pilas de sacos de cemento sobre la tierra directamente y tapados con unas láminas de cartón.

Esto lo vemos sobre todo en pequeñas obras donde el único responsable es el maestro de obras.

En obras de mayor importancia, casi no se presentan este tipo de problemas, pero nos encontramos con problemas tales como una falta de programación adecuada de los materiales requeridos, provocando falta de cemento o por el contrario, que se nos haga viejo en bodega debido a una falta de orden en el aco modo de los sacos, mezclando cemento nuevo con viejo o apilando más de 10 sacos encimados, además de no proporcionarles una base alta, aunque sea de tarimas pensando que en la bodega está bien protegido, sin embargo, nunca se está exento de algún imprevisto como escurrimientos de lluvia por ejemplo o incluso la humedad del medio ambiente, por lo que se debe tener bien ventilada la bodega. Otro punto muy importante es evitar que se mezclen mortero y cemento, dado que por su apariencia y presentación tan similares pueden ser fácilmente confundidos por error y provocarnos un serio dolor de cabeza.

Cuando el cemento se está manejando a granel es muy importante si se está empleando más de un tipo de cemento, almacenar cada uno en su silo correspondiente y nunca almacenar uno en el silo del otro ni por corto tiempo, ya que si por error se llegaran a mezclar nos ocasionarían un grave problema; además, es recomendable que las bombas y ductos de cada material se utilicen específicamente para dicho material y no utilizar un mismo equipo para varios materiales lo cual provocaría contaminación de los mismos. También es necesario evitar la formación de costras de material en los silos de cemento, mediante el vaciado de los mismos cuando menos una vez al mes, retirando el cemento que se haya compactado y dando el mantenimiento necesario tanto a tolvas dosificadoras como a los equipos de bombeo.

III.1.2 Agregados

Al igual que el cemento, es primordial protegerlos de la contaminación y

la intemperie, debemos evitar el tirar y formar nuestros montones de agregado sobre tierra vegetal, lodo, charcos de agua, aceite o grasa, etc., cuando no es ni muy costoso ni difícil el proporcionarles a todos los materiales e instalaciones una buena base de concreto pobre o en su defecto una base de suelo cemento que no tiene mayor trabajo que revolver un par de sacos de cemento con material del mismo sitio, procurando darle cierta inclinación a la base para evitar encharcamientos de agua.

El tener nuestros agregados a la intemperie es fuente de muchos males, ya que tanto el viento como la lluvia arrastran consigo muchas impurezas que se depositan en los agregados contaminándolos, y sobre todo haciendo variar el contenido de humedad del agregado, especialmente en la arena lo cual afecta el requerimiento de agua de la mezcla, la consistencia de la misma e incluso la resistencia del concreto, generalmente de manera negativa. Otras medidas que debemos tomar, es evitar que nuestros montones de agregado se mezclen entre sí o se dispersen en el piso con la consecuente pérdida de material, por medio de separaciones adecuadas ya sea con tablas o muretes de tabique en caso de tener en la obra, o simple y sencillamente por medio de espacios entre los montones. Una propiedad esencial en el agregado es la granulometría, la cual no podemos permitir que se altere porque un camión por falta de espacio tiene que pasar por encima de los montones de agregado, quebrando y contaminando el material, esto no es más que la falta de una adecuada planeación y organización de la obra, que no tiene disculpa ni justificación. Afortunadamente estos detalles son muy cuidados en obras realmente importantes y que deben servirnos de ejemplo, donde los camiones antes de entrar a los bancos de material se les lavan las llantas para evitar la contaminación de los mismos, no se les permite descargar a volteo sobre los montones para evitar la segregación del material más pesado al rodar por la pendiente formada en el

momento de la descarga, e incluso se le prohíbe a cualquier clase de equipo subirse a los montones para no resquebrajar el material alterando su granulometría. La formación de los bancos de agregados se recomienda hacerla a través de bandas transportadoras, cuidando que el viento no separe el material más pequeño, que se haga en capas horizontales suavemente inclinadas, (figura 1).

Si el almacenamiento de los agregados se hace en tolvas, deberá evitarse al máximo el resquebrajamiento del material con el consecuente cambio en la granulometría, manteniendo tan llenas como sea posible las tolvas, además - los materiales deben depositarse verticalmente en éstas y directamente al - centro (sobre el orificio de salida del material).

III.1.3 Aditivos

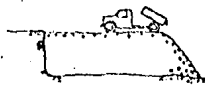
Las puzolanas y otros aditivos en polvo deberán manejarse en la misma forma que el cemento, única y exclusivamente si las instrucciones del fabricante así lo indican, deberán disolverse en agua para ser tratados igual que los aditivos líquidos. Un problema muy frecuente en las obras es que no se tiene el cuidado necesario a la hora de almacenar un aditivo y se desprende su etiqueta, lo cual hace riesgoso su empleo ya que no siempre se está seguro de - qué tipo de aditivo es, ni su forma de empleo, por lo que debe ponerse especial atención en este punto.

Otro problema y muy grave es la tendencia a creer que al congelar un aditivo líquido le conservamos más tiempo sus propiedades, evitando así su descomposición o caducidad, lo cual en la realidad es muy diferente e incluso -



PREFERIBLE

Grúa u otro medio de apilar el material en unidades no mayores de los coigas de un camión, permanecen en su lugar sin deslizar.



OBJETABLE

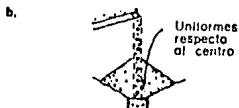
Métodos que permiten al agregado deslizarse tan pronto se añade a la pila, o permite que el equipo de acarreo opere repetidamente en el mismo nivel.



ACEPTABILIDAD LIMITADA—GENERALMENTE OBJETABLE

Pila construida radialmente en capas horizontales por un "bulldozer" (escorpo de empuje) trabajando con materiales arrojados por una banda transportadora. Puede recurrirse en la instalación.

"Bulldozer" que apila capas progresivas en pendientes no menos que 3:1. A menos que los materiales sean muy resistentes a quebrarse, estos métodos también son objetables.



CORRECTO

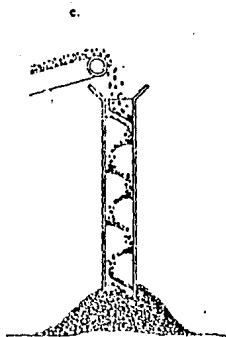
Chimenea que rodea los materiales que caen del final de una banda transportadora para evitar que el viento separe los materiales finos y gruesos. Tiene abertura tal como se necesita para descargar materiales a varios elevaciones en la pila.



INCORRECTO

La caída libre de material desde un extremo alto de la banda transportadora permite que el viento separe el material fino del grueso.

ALMACENAMIENTO DEL AGREGADO FINO O NO PROCESADO



ALMACENAMIENTO DE AGREGADO PROCESADO

Cuando se apilan agregados de gran tamaño desde bandas transportadoras elevadas, se reducen al mínimo las fracturas usando una conducción de escalera.

NOTA: Si no es posible evitar exceso de finos en agregados gruesos mediante los métodos de almacenamiento por pila, será necesario un tamizado final antes de tractarse a los tolvos de la planta de mezclado.

figura 1.-

LOS METODOS INCORRECTOS AL ALMACENAR AGREGADOS CAUSAN SEGREGACION Y ROTURA DE PARTICULAS

ésto ha originado serios problemas en más de una obra. Cuando han transcurrido más de seis meses de almacenado un aditivo, no se debe de emplear hasta no haber hecho pruebas y demostrar que no ha sufrido alteración ninguna debido al paso del tiempo.

III.2 Dosificación

La facilidad con que pueden modificarse las propiedades del concreto (trabajabilidad y resistencia especialmente) por medio de la dosificación de los materiales o el empleo de aditivos para que cumpla con las diferentes necesidades de trabajo o servicialidad en funcionamiento, es lo que ha llevado a ser el material de construcción por excelencia al concreto. Con respecto a ésto, el Reglamento (ref.1) en su artículo 331 nos indica que la dosificación de los materiales será en proporciones tales que el concreto cumpla con las especificaciones de resistencia y consistencia (revenimiento) marcadas en el proyecto y que además se ajusten a lo dispuesto en las Normas (ref. 2) las cuales en su sección I.4 expresan que el proporcionamiento de un concreto debe hacerse para una resistencia media, mayor a la especificada, debido a la incertidumbre de las condiciones de elaboración y manejo del concreto, en la sección X.3 indica que el revenimiento será el mínimo requerido para que el concreto fluya a través de las cimbras y armados y logre un aspecto satisfactorio.

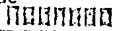
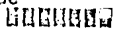


El ACI (ref. 3) propone en su capítulo IV, tres métodos para la dosificación de concreto: proporcionamiento en base a la experiencia, en base a mezclas de prueba y en base a la relación agua/cemento, donde se deberá demostrar que el método empleado produce concretos seguros desde el punto de vista





del análisis estadístico de los resultados de pruebas a cilindros de concreto; con respecto al último método, indica que sólo se podrá utilizar este método con el permiso de la supervisión y recomienda que la relación agua/cemento no sea mayor de 0.5 en peso para concreto normal, y 0.45 para concreto expuesto a aguas de mar, además, no dosificar concreto ligero o con aditivo que no sea incluso de aire basándose en esta relación. También si se van a utilizar - distintos materiales para diferentes concretos en diversas partes de la obra, cada una de las combinaciones deberá evaluarse por separado.

III.2.1 Problemas en el Diseño de Mezclas

Antes de dosificar cualquier mezcla, necesitamos saber: ¿para qué se va a utilizar ese concreto?, ¿cuál será el tipo de ambiente al que estará expuesto?, ¿cuánta cantidad de concreto vamos a necesitar? y ¿en qué condiciones se trabajará para su fabricación y colocación?, todo esto lo podemos resumir en: - cantidad, calidad y consistencia de la mezcla de concreto. Pero cuando una obra es pequeña ¿resultará económico diseñar una mezcla? y ¿la calidad y las propiedades de los materiales suministrados será siempre constante?. Previendo estos puntos algunas fábricas de cemento, así como en algunos manuales se han estudiado tanto los materiales como sus fuentes de abastecimiento aquí en el Distrito Federal y han elaborado unas tablas de proporcionamiento para diferentes usos y resistencias tanto de concreto como de mortero (tabla 3). Estas tablas si bien están un poco sobradas de cemento, esta precaución no - está por demás, dado que en las pequeñas obras generalmente la única norma - de calidad es la experiencia del maestro y la seguridad y 'economía' que éstas ofrecen se pueden considerar como razonables.

Dosificaciones para Concreto





Resistencia: 100 Kg/cm ² Para Muros y Pisos	
7	Botes de Grava 
6 1/2	Botes de Arena 
2 1/4	Botes de Agua 
1	Saco de Cemento 





Resistencia: 150 Kg/cm ² Para Trabes y Dalas	
5 3/4	Botes de Grava 
5	Botes de Arena 
2	Botes de Agua 
1	Saco de Cemento 

Notas Importantes


Las dosificaciones indicadas están calculadas con las consideraciones generales siguientes:


- Los concretos elaborados tendrán una consistencia para obras normales (aproximadamente con 8 a 10 cm. de revenimiento)
- La grava es de 3/4 de pulgada (20 mm).
- La arena es de media a fina.
- Los botes son de tipo alcoholero, sin deformaciones (18 litros).
- El Cemento es Tolleca Portland Puzolana Extra C-2.


Resistencia: 200 Kg/cm ² Para Losas y Zapatas	
5	Botes de Grava 
4	Botes de Arena 
1 1/2	Botes de Agua 
1	Saco de Cemento 


Resistencia: 250 Kg/cm ² Para Columnas y Techos	
4	Botes de Grava 
3	Botes de Arena 
1 1/3	Botes de Agua 
1	Saco de Cemento 


Buena mezcla

Mortero	Arena
10	6 
• Plantillas • Revestimientos ligeros	

Mortero	Arena
10	3 
• Firmes de pisos	

Mortero	Arena
10	5 
• Aplanados • Cimentaciones de piedra	

Mortero	Arena
10	2 
• Alta resistencia	

Mortero	Arena
10	4 
• Muros de bloques ó tablques	


Mortero	Arena
10	1 
• Aplanados especiales	

tabla 3.- Dosificaciones para Concreto y Mortero

En obras más grandes e importantes es recomendable e indispensable el diseño de las mezclas (ref. 4) ya que por este medio se asegura una utilización racional de los materiales, que conduce a ahorros considerables en el consumo de cemento. El diseño de una mezcla se inicia con la selección de los materiales que, generalmente, se reduce a la elección de los agregados y en cierto modo a la de aditivos, ya que la elección del cemento y el agua casi nunca son motivo de estudio. La selección de agregados consta de dos etapas: la primera, consiste en decidir cuales agregados de los disponibles cumplen con las especificaciones y permiten el diseño de mezclas apropiadas; la segunda, es la selección del material que permita el suministro y colocación del concreto al menor costo posible. Las propiedades de los agregados son factores importantes en el costo total de la fabricación y colocación del concreto y frecuentemente conviene preparar mezclas de prueba con agregados diferentes antes de tomar una decisión; es importante prestar especial atención á la probable variación en el agregado que se refleja en una variación en el concreto, por lo que el diseño de la mezcla debe proporcionar los límites adecuados de resistencia y trabajabilidad de la misma. Mientras mayor sea la cantidad de partículas sólidas que forman una masa de concreto, mayor será su resistencia, así mismo, a mayor tamaño del agregado grueso, menor consumo de pasta de cemento y a menor tamaño del agregado grueso, mayor y mejor adherencia tendrá con el armado y menor será la posibilidad de segregación del concreto. Cuando se emplean agregados con distribución anormal de diámetros, es bueno llevar a cabo un análisis de malla del material y observar la forma de las partículas predominantes ya que un agregado de forma inadecuada hace que el concreto se comporte como si tuviera mayor cantidad de esas partículas, el exceso de partículas de un mismo diámetro origina una mezcla áspera de consistencia muy plástica y poco trabajable que hace necesario el empleo de métodos

especiales de colocación y compactación, un agregado variable, exige diseños de mezclas que puedan absorber los posibles cambios, pero con agregados muy variables puede ser imposible cumplir con las normas de calidad. Algunas de estas deficiencias pueden compensarse por medio de inclusores de aire, el mismo polvo de trituración del agregado o la inclusión de puzolanas, sin embargo, el agregado fino debe controlarse para reducir al mínimo las variaciones en la granulometría, manteniendo uniformes las fracciones más finas y evitando la excesiva eliminación de éstas. Cantidades excesivas de finos aumentan el requerimiento de agua de la mezcla, la velocidad de pérdida de revenimiento y la contracción por secado originando agrietamiento plástico y dificultando el acabado. En todo caso, el empleo de agregados variables da como resultado mezclas costosas por lo que es más importante adaptarse a las condiciones del agregado que hacer excesivos cambios en la granulometría, buscando una que sea "buena", ya que las variaciones en la trabajabilidad y consistencia de la mezcla debidas a los cambios en la granulometría se corrigen indefectiblemente en la mezcladora, variando la cantidad de agua de mezclado en perjuicio de la resistencia del concreto. Otro punto importante es el que no se debe tratar de combinar dos tamaños de agregados antes del mezclado, los resultados satisfactorios se obtienen cuando fracciones de diferentes tamaños se combinan al fluir en una corriente desde compuertas o alimentadores regulados o al combinarse y mezclarse dentro de la mezcladora, el método más positivo de control consiste en el manejo y dosificación de los materiales por separado (fracciones finas y fracciones gruesas). Con respecto a la forma de las partículas de agregado, por ejemplo partículas laminares que proporcionan concretos heterogéneos, podemos superar este tipo de problemas utilizando menor cantidad de este agregado incrementando materiales más gruesos o más finos, dependiendo de los resultados de las pruebas.

Elevado contenido de vacíos y baja densidad en el agregado, requieren - de una cantidad adicional de agregado fino o inclusiones de aire en la mezcla o una cantidad mayor de cemento; un incremento de finos, incrementa también el agrietamiento plástico y un incremento de cemento aumenta el agrietamiento debido al incremento en el calor de hidratación, además del costo.

Una textura lisa y vidriosa en el agregado origina bajas resistencias y una textura muy áspera eleva la demanda de agua de la mezcla, problemas de este tipo se solucionan con agregados bien graduados, mezclas con revenimiento mínimo, métodos apropiados de colado y aditivos reductores de agua e inclusiones de aire. Un concreto permeable y poco durable puede deberse al empleo de agregados inadecuados donde el concreto puede mejorarse mediante el empleo de relaciones agua/cemento bajas, aditivos reductores de agua y métodos adecuados de vibrado y curado.

Dos puntos importantes con respecto a la arena son: porcentaje de humedad y porcentaje de finos, cantidades variables de agua libre en la arena son - la fuente de la pérdida del control de la consistencia de la mezcla con el consecuente deterioro de la resistencia del concreto, además que cuando necesitamos mezclar los materiales en seco para añadir el agua posteriormente, - la humedad en la arena puede iniciar la reacción de hidratación del cemento, por lo que se recomienda siempre conocer el porcentaje de humedad en los - agregados para así restar la cantidad de agua que contienen los agregados - del agua total de mezclado y añadir sólo el agua necesaria. Con respecto al segundo punto es conveniente obtener el porcentaje de finos en la arena, debido a los problemas que éstos nos causan en el concreto y que se vieron en el capítulo segundo de este trabajo con el nombre de sustancias perjudiciales y partículas inestables del agregado, la obtención del porcentaje de finos en la arena se obtiene por flotación de éstos: en una probeta graduada, con agua

salada, en la cual se introduce una muestra de arena, se agita y se deja reposar asentándose la arena y apareciendo una capa de partículas de menor densidad a la que llamamos los finos de la arena, se mide el volumen de éstos y el volumen de la muestra por medio de la graduación de la probeta, dividiendo el volumen de finos multiplicado por cien, entre el volumen de la muestra de arena. Este porcentaje de finos en la obra, se compensa en la mezcla añadiendo el mismo porcentaje de cemento en demasía.

En la obra se acostumbra a solucionar cualquier problema en la mezcla incrementando el contenido de cemento de la misma, lo cual no es ni lo más inteligente ni lo más económico, ya que hay situaciones previsibles por lo que es intolerable una solución de este tipo tomada tan a la ligera.

III.2.2 Uso de Aditivos

Un punto de controversia en la dosificación es el empleo de aditivos - ya que hay quienes afirman que una mezcla bien diseñada eventualmente requiere del uso de éstos para mejorar sus propiedades, además que la calidad de un concreto pobre no mejorará con el empleo de un aditivo. Por el lado contrario, se dice que el uso de aditivos puede ser el único medio de alcanzar un resultado específico deseado en el concreto. Lo cierto es que los aditivos se emplean para modificar propiedades del concreto tales como aumentar la trabajabilidad de la mezcla, retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial, reducir la segregación, reducir el agua de mezclado, etc.. El empleo equivocado de aditivos es fuente de muchos y muy serios problemas, por lo que debemos observar al pie de la letra las especificaciones del fabricante y nunca utilizar un aditivo con las normas y especificaciones de otros,

también es importante recalcar que los métodos y equipos de dosificación de los aditivos son un factor fundamental y punto relevante en el empleo de los mismos. Se recomienda que si el aditivo es líquido se aplique directamente al agua de mezclado antes de que ésta entre en la mezcladora, si es en polvo, se añada por separado al momento de introducir todos los materiales en la mezcladora y en algunos casos añadirse al cemento directamente antes del mezclado o disolverlo en agua y agregarlo al agua de mezclado. Hay aditivos que no son compatibles en la misma solución, por lo que debe evitarse el mezclar aditivos fuera de la mezcladora. Otro elemento básico en el empleo de aditivos es no utilizar ningún aditivo que no tenga etiqueta o que tenga más de seis meses de almacenado, sin antes haber evaluado mediante mezclas de prueba sus propiedades.

III.2.3 Dosificación por Volumen

Es el método tradicional de dosificación en obras de pequeña y mediana importancia. El principal problema de la dosificación por volumen es la inconstancia en las medidas, ya que una carretilla bien copeteada de arena es totalmente diferente de una carretilla de agua, y si para elaborar el concreto se usa una mezcladora pequeña de medio saco o un saco, debido a la rapidez con que se deben introducir los materiales y la falta de botes suficientes, algunas medidas o "botazos" van con el 80 % o menos de los 19 litros considerados para los botes alcoholeros, independientemente de que éstos nunca se encuentran en perfectas condiciones, sino que están golpeados por lo que su volumen se encuentra disminuido, si a esto agregamos que las deformaciones son diferentes de un bote a otro, concluimos que este método de dosificación

es un tanto inseguro, ya que producirá concretos de calidad variable.

Un error imperdonable en cualquier obra es no tener cuando menos un tambor de 200 lts. para almacenar agua y que a la hora de elaborar el concreto se tenga que agregar ésta directamente con la manguera lo cual aparte de que es una negligencia, produce problemas en vez de concreto.

Para disminuir en lo posible las diferencias en las medidas se recomienda el empleo de parihuelas (cajones) cuyas capacidades enrasadas sean fracciones o múltiplos de la capacidad de la mezcladora o de un número entero de sacos de cemento, ya que tratar de aproximar a medio un cuarto de saco, provoca variaciones en las medidas y diferencias entre una mezcla y otra.

III.2.4 Dosificación por Peso

Cuando la obra lo amerita y es económicamente accesible tener un equipo de dosificación en la obra, casi podemos garantizar la uniformidad en calidad y consistencia de las mezclas, sin embargo, el tener un equipo adecuado, por sí solo no es garantía de la calidad de ningún concreto; también hace falta una buena operación y un adecuado mantenimiento del equipo que son dos de los errores en que más frecuentemente se incurre.

Con respecto al equipo, existen plantas de dosificación manual, semiautomáticas y automáticas, de las cuales en las primeras es en las que más errores cometemos, dado que las operaciones de pesado y dosificación de los materiales se hace manualmente. Errores tales como añadir en la mezcladora el sobrante de un saco de cemento sin pesarlo, cargar en un orden inadecuado la tolva pesadora y a la hora de descargarla en la mezcladora el viento arrastre parte del cemento, lo cual se evita cargando en la tolva todos los mate-

riales y en el orden siguiente: primero la grava, en medio el cemento y encima la arena, para así al voltear la tolva a descargar en la mezcladora, caiga primero la arena y después el cemento sin que lo arrastre el viento, y empujando a los dos primeros, la grava.

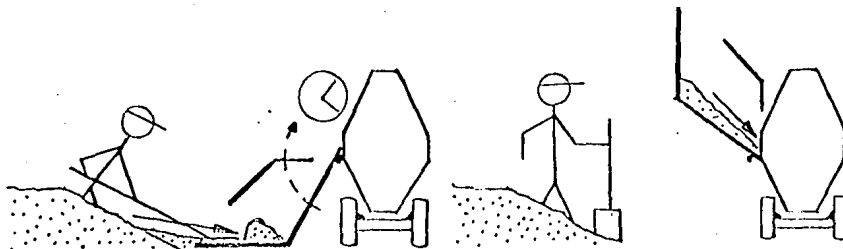


figura 2.- Carga de la tolva pesadora y descarga en la mezcladora.

Al cargar la tolva pesadora debemos procurar evitar levantar los primeros diez centímetros de material (la capa pegada al piso) para que no vayamos a contaminar los materiales con tierra y para que en la arena no varíe tanto la humedad, la cual escurre a las partes bajas en los montones.

En las plantas semiautomáticas las compuertas de los silos y tolvas de almacenamiento y carga de las tolvas pesadoras, se accionan manualmente a través de botones o interruptores de presión. Los problemas que podemos tener tanto en las plantas manuales como en las semiautomáticas son: que las carátulas de las básculas de las tolvas pesadoras no sean lo suficientemente grandes o no estén a la vista del operador, lo que se soluciona corrigiendo la posición de las carátulas frente al operador; o que se muevan las agujas marcadoras de los pesos del material debido a vibraciones del equipo de mezclado, que se soluciona independizando el equipo de medición o simplemente las carátulas, del equipo de mezclado.

Un problema muy frecuente se presenta cuando cambiamos la dosificación de

la mezcla y olvidamos corregir la posición de las agujas indicadoras en la -
 carátula, por lo que se recomienda tener un pizarrón en el cual apuntar el -
 peso requerido y el peso acumulado de cada material, ejemplo:

Material	Requerido	Acumulado	
Grava	190 kgs.	190 kgs.	
Cemento	50 kgs.	240 kgs.	(primera aguja)
Areña	85 kgs.	325 kgs.	(segunda aguja)
Agua	23 kgs.		

Por último, las plantas automáticas donde la dosificación de los materiales se maneja eléctricamente por medio de un solo control de mando, indicando el peso de los materiales mediante tarjetas perforadas o interruptores digitales.

Tanto los sistemas semiautomáticos como los automáticos, tienen interruptores que evitan la carga y descarga simultáneamente de las tolvas medidoras y en ambos se debe prever el acceso a dichas tolvas para su inspección y extracción de muestras de material, así como para el mantenimiento de las mismas.

El mantenimiento del equipo en obra, desde la revolvedora de medio saco hasta las carátulas de las básculas de los equipos de dosificación, lo hemos vuelto un problema nosotros mismos, no tanto por falta de conocimiento como por nuestra falta de conciencia, ya que cuando un equipo está trabajando correctamente, difícilmente nos acordamos de darle mantenimiento preventivo, - y hasta que el equipo deja de funcionar le damos un mantenimiento correctivo.

Con respecto a todos los equipos de dosificación, debe tomarse en cuenta que el cemento es fácilmente arrastrado por el viento, por lo que no debe permitirse su caída libre, sino a través de ductos que lo descargen lo más cerca posible del centro de la mezcladora, así mismo, para el agua se pueden permitir tanques o cilindros verticales con descarga de sifón como parte auxi

liar del equipo, pero nunca como medio directo de medición.

Un problema que afecta tanto a la dosificación por volumen como a la dosificación por peso, es la humedad en los agregados sobre todo en la arena, - que hace que tanto el volumen como el peso neto de la misma varíen independientemente de la cantidad total de agua requerida por la mezcla, por lo que se recomienda que no se utilicen los agregados para fabricar concreto antes de 24 horas de su llegada a la obra, permitiendo así que drenen el agua en - exceso para obtener después su porcentaje de humedad y restar de la cantidad total del agua de mezclado, la cantidad de agua que contienen los agregados.

III.3 Mezclado

El Reglamento (ref.1) en su artículo 332 especifica que sólo se permitirá la mezcla manual de concreto cuando su resistencia de proyecto no exceda de 150 kg/cm². Para resistencias mayores se exigirá el uso de sistemas mecánicos de mezclado.

El ACI (ref. 3) indica que el concreto deberá mezclarse hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales y deberá descargarse completamente antes de que vuelva a cargarse la mezcladora. Esta deberá de ser del - tipo aprobado y se hará girar a la velocidad recomendada por el fabricante.

El mezclado deberá durar cuando menos minuto y medio después de que todos los materiales estén dentro de la mezcladora.

III.3.1 Mezclado a Mano

El primer error que cometemos al elaborar un concreto a mano, es precisa-

mente ése, elaborarlo a mano, ya que no se puede asegurar de ninguna manera la completa homogeneidad del mismo, sin embargo, no en todas las obras es económicamente posible tener una mezcladora ya sea por el tamaño de la obra, por la duración de la misma o por los volúmenes tan pequeños que se manejarán de concreto hecho en obra.

Son tres los puntos principales que debemos cuidar para no tener problemas con el concreto. Primero, nunca debemos efectuar una mezcla sobre tierra suelta, ya que podemos contaminar el concreto con la misma, siempre debemos procurarnos una base firme para efectuar las mezclas, ya sea una plantilla de concreto pobre o suelo-cemento. Segundo, la dosificación o medición exacta de los materiales, es imperdonable el error de ponerle agua a la mezcla directamente con la manguera, sin ninguna medida. Por último, el correcto mezclado de todos los materiales, principalmente la grava y el agua, ya que el cemento y la arena se mezclan en seco (un mínimo de dos veces) y se extienden formando un círculo al cual se le añaden la grava y el agua y se va revolviendo todo o por partes, según el tamaño de la revoltura o volumen de concreto, quedando algunas zonas con mayor cantidad de grava o agua.

III.3.2 Mezclado Mecánico

Para la fabricación mecánica de concreto hecho en obra contamos con tres tipos de mezcladoras: las verticales, las horizontales y las de inclinación de eje variable. La función de una mezcladora es el intercambio de los materiales de extremo a extremo del tambor, paralelamente al eje de rotación a través de unas aspas o paletas en espiral, proporcionando un movimiento envolvente a los materiales que los voltea y esparce sobre sí mismos al mezclarlos,

de estos tres tipos de mezcladoras las mejores son las de eje vertical, operando en un recipiente fijo o que gira en sentido opuesto a las espas, por lo que requieren de un menor tiempo de mezclado, además de que por su forma la mezcla se observa fácilmente pudiendo hacerle cualquier ajuste inmediatamente.

Cualquiera que sea el tipo de la mezcladora debe de ser capaz de descargar un concreto de bajo revenimiento sin producir segregación de la mezcla.

Los errores en que incurrimos y los problemas que tenemos comienzan con las condiciones mecánicas del equipo al no darle el mantenimiento preventivo adecuado. En algunas obras se pierde la primera semana de colado por la mezcladora que no funciona, y es que al finalizar una obra, simplemente se recoge el equipo y se manda a la bodega o almacén sin preocuparse de darle el mantenimiento adecuado mientras se vuelve a trabajar en otra obra.

Otro problema relacionado con el punto anterior es la limpieza del equipo, que es una parte del mantenimiento preventivo a la cual no se le toma la importancia debida, por ejemplo: se debe limpiar perfectamente el equipo al finalizar el día o cuando se interrumpe el trabajo por más de media hora, si la interrupción es menor de media hora con agregar una poca de grava y agua y mezclarlas de 5 a 10 minutos basta. Con respecto a las espas de la mezcladora debemos revisarlas que no estén rotas o dobladas y que no tengan costras de mortero, las cuales se remueven con un cepillo de alambre, nunca con cincel y martillo que pueden dañar las espas.

Un error muy común es no checar antes de comenzar a trabajar la gasolina o diesel y el aceite del equipo, así como no tener combustibles suficientes para que trabaje éste durante la jornada de trabajo. Los combustibles siempre deberán estar fuera de la hodega, al aire libre para evitar desgracias.

Para iniciar la fabricación de concreto debemos recordar la importancia

del orden en que deben entrar los materiales a la mezcladora, se recomienda que entre primero una parte de agua, después un 10 % de los agregados, enseguida el cemento y finalmente el resto de los agregados y agua. Cuando la carga se hace desde la tolva pesadora, se agrega una parte de agua, se descarga la tolva pesadora y se añade el resto del agua. En casi todas las obras la carga de la mezcladora se hace por medio de botes, por lo que se recomienda que primero se cargue la grava, después la arena enseguida el cemento, se revuelvan un poco y por último el agua.

La función principal del operador de la mezcladora consiste en agregar la cantidad correcta de agua en cada mezcla, o sea producir mezclas homogéneas o concretos uniformes, para lo cual se recomienda no agregar toda el agua de mezclado sino dejar una parte para añadirla después si es necesario, debido a la humedad del agregado y continuar el mezclado hasta que toda el agua que de uniformemente repartida en la mezcla.

Con respecto al tiempo de mezclado, éste debe ser el necesario para que todas las partículas de agregado queden cubiertas por la pasta de cemento, el tiempo de mezclado debe basarse en pruebas de efectividad de la mezcladora. Está comprobado que a mayor tiempo de mezclado la rapidez de adquisición de resistencia del concreto es mayor, sin embargo un mezclado muy prolongado después de que la mezcla se ha hecho homogénea puede ocasionar disgregación de la grava (las partículas de grava se pegan a la pared del tambor) e incluso trituración de ciertas clases de grava. Se recomienda que el tiempo de mezclado para las mezcladoras en obra sea de un minuto y medio por cada tres cuartos de metro cúbico (1 yd³) a partir del momento en que todos los materiales estén dentro de la mezcladora, más un incremento de 20 a 25 segundos por cada tres cuartos de metro cúbico o fracción adicional.

Más importante que el tiempo de mezclado es la velocidad de mezclado, ya

que es más fácil que una mezcla se disgregue por una velocidad mayor de mezclado que por un exceso en el tiempo. La velocidad de mezclado nunca debe ser menor de 8 revoluciones por minuto y la velocidad promedio recomendada es de 10 a 12 revoluciones por minuto, independientemente de la especificada por el fabricante del equipo. Además se recomienda verificar ésta cuando - menos una vez por semana.

Referente al remezclado, se debe investigar si el endurecimiento temprano del concreto es debido a un falso fraguado (deshidratación del yeso), el cual se rompe por medio del remezclado del concreto sin añadir más agua, - éste se presenta unos cinco minutos después de que se concluyó el mezclado, en este caso se recomienda cambiar de marca de cemento. En caso de deberse a demoras de tiempo, debe añadirse lechada y no agua simplemente, respetando la relación agua/cemento con lo cual se recupera en parte la consistencia y, trabajabilidad perdidas.

Se recuerda que siempre en la primera mezcla parte de la lechada o mortero se quedan adheridos a las paredes y las espas de la mezcladora, por lo cual se debe reducir la cantidad de grava y agua únicamente de la primera - mezcla y se recomienda que este concreto no se utilice en elementos estructurales. También se recuerda que la mezcladora se debe descargar totalmente - antes de volverla a cargar y nunca agregar más agua después de la descarga, ya que por un descuido podemos cargar nuevamente la mezcladora sin haber descargado el agua.

Como nota al margen, se hace mención de las propiedades que tiene el azúcar sobre el fraguado del concreto y que es una forma económica de matar una mezcla cuando por algún problema no es posible descargar la mezcladora o colocar el concreto en su sitio.

III.3.3 Concreto Premezclado

Este tema entra tanto en el mezclado como en la transportación de concreto.

Cuando hablamos de concreto premezclado en México casi siempre nos referimos a un concreto dosificado en planta y mezclado y transportado en camión de tambor giratorio, casi nunca pensamos en un concreto mezclado parcial o totalmente en planta y transportado y, en su caso, terminado de mezclar en camión, que son otras dos modalidades del concreto premezclado.

Aunque este tipo de concreto generalmente es confiable, no debemos descuidar ciertos aspectos como: al hacer un pedido, indicar la resistencia deseada, el tamaño máximo de agregado, el tipo de cemento, el revenimiento requerido, el tipo y dosificación de aditivos, el volumen total y el volumen por entrega, la forma y el tipo de mezclado, la forma de la descarga, la hora de inicio y la frecuencia de las entregas, el grupo y grado de calidad y el laboratorio que supervisará la calidad del concreto.

Con la resistencia y, en general, con la calidad del concreto debemos tener cuidado desde el momento de firmar un contrato, ya que en éstos en letras minúsculas dice que la premezcladora sólo se hace responsable por el importe de dicho contrato, y cuando las pruebas del concreto de cimentación arrojan bajas resistencias, lo menos costoso y lo menos importante es el monto del importe del concreto, sino el tiempo y el costo total de los trabajos ejecutados, así como los nuevos trabajos (demoliciones) y la duplicidad de trabajos anteriormente realizados, y lo más importante, que se pone en entredicho la capacidad, el prestigio y la honorabilidad de la constructora, ya que la responsabilidad directa de la obra la tiene ésta y no la premezcladora. Ahora el inciso 3.1.4.5 de la Norma C 155-1976 de la Dirección General de Normas "Concreto Premezclado", indica que si no se cumplen los requisitos

de resistencia solicitados por el comprador, éste y el fabricante deberán en tablar pláticas para llegar a un acuerdo satisfactorio o recurrir a un tribunal formado por tres peritos nombrados de común acuerdo cuya decisión será inapelable, lo cual va en contra de lo establecido para concretos que no cumplan con las especificaciones. También en el inciso 3.3.5.1 se permite al fabricante agregar agua adicional a la requerida según diseño, para alcanzar el revenimiento solicitado, en perjuicio de la resistencia del concreto que se agudiza con la adición no controlada de cantidades incorrectas de agua tanto dentro como fuera de la olla de concreto. Estas normas permiten al fabricante violar todas las reglas de calidad del concreto.

Otro punto importante es el revenimiento, el cual deberá estar dentro de las especificaciones o tolerancias durante los siguientes 15 minutos a la descarga. A veces debido a la temperatura, la distancia o tiempo de llegada a la obra e incluso por distracciones en la planta, mandan un concreto con mayor revenimiento del solicitado (más de 14 cms. en vez de los 10 cms. solicitados), por lo cual puede ser motivo de rechazo de la olla de concreto, previamente a la descarga. En caso de aceptarlo, el comprador se responsabiliza totalmente de su utilización. Este tipo de problemas se solucionan añadiendo un bulto de cemento por cada 5 m³ de concreto. En el caso contrario, tener menor revenimiento se puede agregar lechada agua/cemento 1:2.5 en peso hasta alcanzar la consistencia y trabajabilidad deseadas, sin embargo, se recomienda que en este caso se rechace la olla de concreto.

De los aditivos podemos decir que el premezclador siempre busca economizar en sus gastos, lo que en algunos casos se traduce como "poner de menos", por lo que se recomienda que la adición de aditivos se haga a la llegada del camión a la obra y mezclando durante 30 revoluciones más de la olla a velocidad de mezclado. Generalmente el premezclador utiliza muchos aditivos inclusores

de aire y retardantes del fraguado, sin embargo, para otro tipo de aditivos - es mejor añadirlos en obra.

El volumen del concreto es un punto de relevante importancia, ya que casi nunca viene completo el volumen solicitado de éste, llegan con un 10 % menos lo que encarece un 10 % más el precio del mismo, por lo que se recomienda se mida el volumen del concreto en una artesa cuando menos de una de cada cinco ollas, no firmando la nota de recepción de aquéllas que no traigan el volumen completo (menos un 3% aceptable). Independientemente de esto, la Norma C 155 de la Dirección General de Normas indica que si el concreto es parcial o totalmente mezclado en camión, el volumen de éste no excederá del 63 % de la capacidad total de la olla, y si solamente es agitado en camión, el volumen no será mayor del 80 % de la capacidad de la unidad.

Otro problema con el concreto premezclado es el tiempo, según la misma norma, la descarga del concreto deberá efectuarse dentro de los siguientes 90 minutos a partir del comienzo de la entrada del agua a la olla. Además, en caso de que el comprador no esté preparado para recibir el concreto, el premezclador tiene la obligación de esperar un máximo de 30 minutos en la obra, sin pérdida de la consistencia o trabajabilidad del concreto, siempre y cuando el tiempo de espera no exceda de los 90 minutos antes mencionados. Pero el problema no es tanto esto, sino que ninguna compañía premezcladora anota la hora de salida de la planta de la olla de concreto (artículo 337 del reglamento), por lo que no es posible saber con exactitud el tiempo transcurrido entre la entrada de agua a la olla y la descarga del concreto, independientemente de que las ollas nunca llegan puntuales a las obras, lo que ocasiona retrasos en los colados, horas extras de trabajo y retrasos en los programas de obra. La solución a este problema se conoce, y es el cáncer de todos nosotros, se llama: "gratificación".

Las especificaciones del mezclado indican tres tipos: mezclado en planta, parcialmente mezclado en planta y mezclado en camión. Para el concreto mezclado en planta, sólo hace falta indicar que al momento de descargar al camión, la olla debe girar a velocidad de mezclado y al concluir la carga se cambia a velocidad de agitado (de 2 a 6 r.p.m.). Para el concreto parcialmente mezclado en planta, el tiempo en la mezcladora será el requerido exclusivamente para - entremezclar los materiales, después se carga el camión terminando de mezclar el concreto a velocidad de mezclado, reduciendo el tiempo de mezclado en camión a lo determinado como satisfactorio, cambiando posteriormente a velocidad de agitado mientras llega el camión a obra. El concreto mezclado totalmente en camión, requiere de 70 a 100 revoluciones a velocidad de mezclado, cambiando posteriormente a velocidad de agitado, si no ha llegado el camión a obra. Cuando por el tiempo transcurrido se ha tenido que transportar el concreto a velocidad de agitado, es necesario darle de 10 a 15 revoluciones a velocidad de mezclado antes de descargarlo.

Cuando los viajes son muy largos, el tráfico es muy pesado, el clima es de masiado caluroso, se preveen demoras en la colocación del concreto o se está usando cemento tipo III, se recomienda dosificar en seco los materiales en - planta para añadir el agua a presión en la obra, mezclando el material las - usuales 70 a 100 revoluciones a velocidad de mezclado, El problema que se - puede presentar es que la humedad libre de los agregados provoque la hidratación de una parte del cemento.

La descarga se maneja generalmente por canalón, sin embargo, algunos camiones ya traen integrada una bomba con pluma que alcanza hasta 25 mts. de altura aproximadamente, lo cual implica un sobreprecio mayor del concreto bombeado que del concreto bombeable entregado por canalón, se debe analizar qué conviene más, si pagar este sobreprecio o tener una bomba estacionaria en obra.

La entrega por canalón casi no es problema, excepto que algunos camiones - no traen la extensión del canalón y a la hora de descargar debido a la altura entre el canalón y el piso, salpica demasiado concreto, pudiendo llegar a tener desperdicios considerables de concreto por éste vicio.

Según la Norma antes mencionada existen tres grupos según la forma de delimitar la responsabilidad del concreto, en el primero, el comprador asume la responsabilidad del diseño de la mezcla; en el segundo, el fabricante asume la responsabilidad del diseño y en el tercero, el fabricante asume la responsabilidad de la selección de los materiales y del diseño de la mezcla, pero el comprador fija el contenido mínimo de cemento.

Los grados de calidad del concreto son dos: el "A" cuando se diseña por el método de esfuerzos de trabajo, se acepta que no más del 20 % del número de pruebas de resistencia tengan valores inferiores a la resistencia especificada y que el promedio de siete pruebas consecutivas debe ser igual o mayor a la resistencia especificada. El "B" cuando se diseña por el método de resistencia última, se acepta que no más del 10 % del número de pruebas de resistencia tengan valores inferiores a la resistencia especificada y el promedio de tres pruebas consecutivas será igual o mayor a la resistencia especificada.

Siempre es conveniente por más confianza que le tengamos a la premezcladora utilizar un laboratorio que supervise la calidad del concreto y así poder rechazar un concreto que no cumpla con las especificaciones de trabajabilidad y consistencia desde antes que lo descargen en la obra, así como tener la certeza de la calidad en la resistencia de los concretos que colocamos.

La responsabilidad del concreto la comparten tanto el fabricante como el comprador, y la seguridad de que se emplean métodos adecuados de control para obtener la calidad requerida, depende en última instancia del supervisor designado por el propietario de la obra.

Por último, siempre debemos tener la gente suficiente para colocar la cantidad pedida de concreto y no tener problemas como endurecimiento temprano del mismo en la artesa o pérdida de sus propiedades como trabajabilidad y consistencia por demoras en la colocación. A veces es preferible pagar un sobrepago por la capacidad no utilizada de una olla de concreto, a correr el riesgo de que se endurezca el concreto en la artesa por falta de capacidad para su colocación.

III.4 Control de Calidad

El Reglamento (ref. 1) en su artículo 333, señala que la fabricación del concreto se controlará de acuerdo con los criterios y procedimientos marcados en las Normas (ref. 2), las cuales indican que el control se basará en pruebas de resistencia a la compresión a los 28 días para cemento tipo I y 14 para el tipo III, de cilindros de concreto, para tal efecto se utilizará un laboratorio aceptado por el Departamento del Distrito Federal, y la frecuencia de las pruebas será de cuando menos una prueba por cada clase de concreto, por cada día de colado o por cada 40 m³ de concreto.

Para que el resultado de una prueba (ensaye de 2 cilindros), se considere como satisfactorio la media no deberá ser menor de $f'c - 50 \text{ kg/cm}^2$, y el promedio de tres pruebas consecutivas no será menor de $f'c - 17 \text{ kg/cm}^2$. Cuando una prueba no sea satisfactoria se extraerán y ensayarán tres corazones de concreto de la zona representada por los cilindros y el promedio de los tres no deberá ser menor de $0.8 f'c$ y ninguno será menor de $0.7 f'c$, de lo contrario, el Departamento podrá ordenar la realización de pruebas de carga y/o tomar las medidas que crea necesarias.

Ahora, con respecto a las pruebas para la aceptación o rechazo de una mezcla de concreto tenemos las pruebas de revenimiento, contenido de aire y peso volumétrico. La más común de éstas es la de revenimiento para la cual se utiliza un cono de 20 cms. de ancho en su base y 10 cms. de ancho en su boca, con una altura de 30 cms., además de una varilla lisa de acero de 16 mm. de diámetro y 60 cms. de longitud con la punta redondeada y una charola plana de acero. Sobre la charola firmemente apoyada, se llena el cono en tres capas iguales en volumen, compactando cada capa con 25 golpes de varilla (para la segunda y tercera capa debe penetrar la varilla 2 cms. en la primera), posteriormente se enrasa y se levanta el cono verticalmente sin movimientos laterales o torsionales, en un lapso de 5 a 10 segundos. El tiempo total de la prueba no debe exceder de dos y medio minutos.

Si al levantar el cono se desmorona el concreto, se repite la prueba, y si vuelve a ocurrir, el concreto no tiene la suficiente plasticidad y cohesión para que sea aplicable la prueba de revenimiento. Esta es un medio para determinar si están bien proporcionadas las cantidades de agua y agregados, - además de revelar cambios en la granulometría, el contenido de aire y cambios en las propiedades del cemento o de los aditivos. El revenimiento de cualquier mezcla se ve afectado por la temperatura.

El contenido de aire se obtiene por medio de un aparato medidor de presión, sólo hay que recordar que la lectura del medidor indica el contenido total de aire, tanto el incluido como el atrapado, este último se minimiza mediante - una adecuada compactación de la muestra. Esta prueba se aplica específicamente a concretos con aire incluido, el cual se afecta también por la temperatura, la finura y el tipo de cemento, así como por el tiempo y velocidad del mezclado, además del tipo de mezcladora.

La importancia del peso volumétrico radica en que el concreto se dosifica -

por peso, pero se compra por volumen. Se obtiene llenando un molde de volumen conocido en tres capas compactadas por medio de varillado o vibración, enrasando la superficie y pesando el espécimen teniendo la precaución de limpiar perfectamente el exterior del molde de residuos de concreto y de haber pesado previamente el molde vacío.

La muestra de concreto para efectuar estas pruebas se toma al pie de la mezcladora o del camión y en el caso del concreto premezclado el resultado de estas pruebas es una base para aceptar o rechazar ese concreto antes de descargarlo. Antes de utilizar la muestra se debe remezclar el concreto para garantizar uniformidad en la mezcla. Si el concreto contiene agregado mayor de 40 mm., se deberá cribar la muestra a través de la malla de 50 mm. de abertura y retirar el material retenido en ella antes del remezclado y la utilización de la muestra.

Referente a la prueba de compresión de cilindros de concreto indicada en las Normas, ésta no es la única, también existen pruebas de tensión por compresión - diametral, torsión y flexión sobre vigas, además de pruebas directas sobre la estructura como las pruebas de carga indicadas en el capítulo LVI del Reglamento, pruebas a través de métodos y equipos especializados como la prueba del método del rebote, de dureza superficial y de velocidad de impulsos, que son una medida indirecta de la resistencia del concreto.

Con respecto a las pruebas sobre especímenes de concreto, la principal desventaja de éstas es el tiempo que se tarda en obtener los resultados de las mismas, dado que en ese lapso la obra continúa y no se puede detener para esperar los resultados de la calidad del concreto. Independientemente de esto, - existe la posibilidad de que los especímenes no sean representativos del concreto ya colocado en la estructura debido a que las muestras de concreto para éstos son tomadas al pie de la mezcladora o del camión, en vez de tomarlas al

pie de la estructura con las condiciones con que llega el concreto al elemento donde quedará colocado, además de los posibles errores en el manejo de los especímenes y el diferente tratamiento que reciben éstos y el concreto de la estructura.

Dentro de los errores que debemos evitar en el manejo de los especímenes - mencionaremos que éstos se deben moldear inmediatamente después de obtenida y remezclada la muestra sobre una superficie horizontal y firme (libre de vibraciones), para evitar la segregación del concreto se debe mover el cucharón al rededor del borde superior del molde al llenarlo para distribuir homogéneamente el concreto y minimizar la segregación dentro del molde. En obra des conocemos que existen también moldes rectangulares para especímenes de vigas - que se usan en la prueba de flexión, y también que el llenado y compactado de los cilindros varía dependiendo de las dimensiones de los moldes y del revenimiento de la mezcla. Mezclas con revenimiento mayor de 8 cms. se compactan - por varillado, entre 3 y 8 cms. se compactan por varillado o vibración, y meno res de 3 cms. por vibración; cuando se utiliza el varillado, la varilla debe - penetrar 2 cms. en la capa anterior y el número de penetraciones por capa es de 25 para cilindros de 15 cms. de diámetro, 50 para los de 20 cms. y 75 para los de 25 cms. de diámetro. Cuando se hace con vibrador, éste se introduce - 3 veces en cada capa y hasta los primeros 2 cms. de la capa inferior para eli minar posibles juntas frías. Después de llenos los moldes (cilíndricos o rec tangulares se enrasan con el menor número posible de pasadas para producir una superficie plana y uniforme, la cual no se debe deteriorar por ningún motivo para que la presión de la prensa sea realmente uniforme sobre toda la superfi cie.

Una vez elaborados los especímenes no se deben mover, golpear o inclinar - antes de 24 horas, deberán estar a cubierto con temperatura ambiente entre 15

y 27 C y protegidos contra la pérdida de humedad, lo cual a veces olvidamos, - de ahí las bajas resistencias en algunas pruebas.

Al día siguiente los especímenes que se trasladan al laboratorio deberán - empacarse adecuadamente para evitar que se dañen por la vibración o golpes al ser transportados, así como por la pérdida de humedad, las vigas se transportarán con el eje longitudinal en posición vertical. Al llegar al laboratorio deberán colocarse inmediatamente en un cuarto de curado húmedo a temperatura - entre 20 y 25 C.

El curado en obra de los especímenes se hace desmoldándolos y sumergiéndolos en agua saturada de cal, a la misma temperatura que en el laboratorio.

Los especímenes para determinar el tiempo de descimbrado o puesta en servicio de la estructura son de los más importantes, ya que es precisamente durante la construcción cuando la estructura recibe sobrecargas mucho mayores a las previstas durante su funcionamiento, ya sea por el almacenamiento de materiales - sobre la estructura, apoyo de cimbras y concreto recién colado o sustentación de grúas para elevar los materiales. Los especímenes deberán ponerse junto o sobre la estructura, lo más cerca posible del punto de su uso, y estar en las mismas condiciones y recibir el mismo tratamiento de curado que los elementos de concreto que ellos representan.

Se recomienda que la frecuencia de las pruebas sea cuando menos una por cada clase de concreto, por cada día de colado, por cada 40 m³ de concreto, por cada 450 m² de colado o cuando menos 5 en total, y para concreto premezclado, - cuando menos una por cada 15 a 20 m³ de concreto.

CAPITULO IV.

ERRORES Y PROBLEMAS
EN EL TRANSPORTE
COLOCACION Y
COMPACTADO.IV.1 Transporte

En el artículo 337 del Reglamento (ref. 1) marca que los medios y procedimientos de transporte de concreto deberán garantizar la adecuada conservación de la mezcla hasta el lugar de su colocación sin pérdida o segregación de los materiales, y el tiempo empleado en la transportación medido desde la adición de agua de mezclado hasta la colocación en los moldes, no será mayor de 2 hrs. a menos que se utilicen aditivos retardantes en la mezcla.

El transporte de concreto es una parte esencial en el proceso de construcción y a menudo no se da la importancia necesaria ni a la elección del método ni a su empleo en la obra, un método inapropiado o el uso inadecuado del equipo producirá cambios desfavorables en las propiedades de la mezcla (trabajabilidad, consistencia y relación agua/cemento), que se reflejarán en la calidad del concreto.

La selección del equipo debe basarse en su capacidad para transportar en forma continua y sin interrupciones la producción de concreto, además de las condiciones de la mezcla, la accesibilidad y ubicación del sitio, así como de las condiciones ambientales.

Es un error creer que la segregación del agregado se eliminará después con

las operaciones de colocación y compactación. Aunque no son objetables los pedruzcos dispersos de grava, sí lo son las aglomeraciones y bolsas de agregado grueso, y deben distribuirse antes de colocar el concreto para impedir la formación de bolsas de roca y cavidades. La mejor manera de controlar la segregación, es controlar las cantidades de los materiales sobre todo el agua y el tamaño máximo del agregado.

IV.1.1 Botes y Carretillas

Son los medios de transporte tradicionales en las obras de pequeña y mediana importancia. Se recomienda que entre el vertido del concreto en la artesa y la colocación total del concreto, no pasen más de 30 minutos para el cemento tipo I, ni más de 20 para el tipo III, por lo que cuando usamos concreto premezclado, a veces conviene limitar las entregas de concreto a la cantidad posible de colocar sin problemas, sobre todo en épocas calurosas, aunque se tenga que pagar un sobreprecio por la capacidad desperdiciada de la olla de concreto.

El transporte y colocación de concreto a bote y/o carretilla donde además de los problemas del tiempo y la segregación, también debemos tener cuidado no sólo en este método sino en cualquiera, de que el recipiente para transportar concreto no tenga fugas por donde se pueda filtrar lechada e incluso mortero, haciendo variar la consistencia y trabajabilidad en la mezcla y la resistencia en el concreto.

Para evitar problemas con el inicio del fraguado se recomienda tener la gente necesaria y suficiente para la transportación y colocación del concreto, y para evitar problemas con la segregación, se aconseja que el transporte y colo

cación de concreto a bote no se haga a más de 30 mts. de distancia o a más de 2 niveles de altura, y en carretilla a distancias menores de 60 mts. en superficies sensiblemente horizontales no muy accidentadas, además se reconoce la superioridad de las carretillas de llantas neumáticas sobre las de llantas de metal para evitar las vibraciones que también producen segregación.

IV. 1.2 Buggies y Tolvas

Los buggies son carritos impulsados manualmente o motorizados, también conocidos como "comodines", ya que al igual que las carretillas son muy versátiles no sólo transportando concreto, sino todo tipo de materiales y escombros, y las recomendaciones son las mismas que para las carretillas, recipientes en perfectas condiciones físicas, mejores los de neumáticos que los de ruedas de acero, para superficies horizontales sin muchos obstáculos o accidentes físicos.

Los buggies motorizados no son muy conocidos en México y los posibles problemas son: el mantenimiento del equipo, o que la descarga del concreto no sea controlada, lo que provoca segregación y en el caso de buggies sobre rieles - que no estén en buenas condiciones, lisos y rígidos para evitar la vibración - que también produce segregación de la mezcla.

Las tolvas o bachas, junto con el empleo de equipos de elevación (grúas), - se están generalizando en muchas construcciones donde es necesaria la transportación tanto vertical como horizontal del concreto.

En éstas la prevención de la segregación está en las manos del operador de la grúa, que no haga movimientos muy bruscos que originen que se asiente el material más pesado. También se debe verificar que la tolva no tenga fugas - a través de orificios o por las compuertas, que puedan significar pérdidas de

lechada o mortero en perjuicio de la resistencia del concreto.

Algunos buggies tienen adaptaciones para ser elevados como bachas, pero no pueden ser descargados como éstas debido a que no están diseñados para tal efecto.

IV.1.3 Bandas Transportadoras y Canales

El secreto de las bandas transportadoras está en la combinación correcta del ancho de la banda y la velocidad de operación. Deben alimentarse y descargarse a través de tolvas y conductos adecuados para conservar la homogeneidad del concreto ya que en estos puntos es donde se produce principalmente la segregación, debe utilizarse una regla limpiadora o raspadora en la descarga de la banda para limitar al máximo la pérdida de mortero o lechada del concreto, así mismo se recomienda mojar la banda antes de iniciar la transportación del concreto para evitar que se pegue a ésta, parte del concreto.

Es preciso reducir al máximo la vibración y el movimiento de las bandas durante la transportación del concreto, apoyándolas perfectamente sobre el terreno para evitar la segregación del material más pesado. Si la distancia es muy grande, se usarán bandas en serie, estrechas y a alta velocidad para reducir al mínimo la exposición del concreto al viento y al sol que evaporan el agua y resacan la mezcla, alterando el revenimiento o por el contrario, la lluvia altera la relación agua/cemento, por lo que se recomienda se cubran las bandas con lonas o plásticos y se tomen las medidas adecuadas en el diseño de la mezcla, así como en la descarga de una banda a otra y al final de las mismas,

Bandas corrugadas o con costillas en su superficie junto con mezclas de bajo revenimiento son la solución al transporte del concreto a través de superficies inclinadas.

Otra solución es el empleo de canalones, los cuales deben ser de fondo curvo hechos de metal o un material liso impermeable y ser lo suficientemente anchos y profundos para no tener pérdidas porque se derrama el concreto, las cuales pueden llegar hasta un 8 % del volumen total. La inclinación de los canalones debe ser constante y suficiente para que el concreto fluya continuamente sin segregarse, la pendiente máxima no debe ser mayor de 1:3 horizontal/vertical. Al igual que las bandas en longitudes demasiado grandes deben cubrirse los canalones para evitar problemas por evaporación de agua debido al sol y al viento, o incrementos en el agua debido a las lluvias. Debe prohibirse estrictamente el "ayudar" a la mezcla a bajar empujándola con el chorro de agua de la manguera, lo cual aumenta la relación agua/cemento de la mezcla, disminuyendo la resistencia. También debe controlarse la descarga del canalón para no provocar segregación en la mezcla.

IV.1.4 Tubo-Embudo y Bombas

El tubo-embudo se emplea para transportar concreto verticalmente, éste debe ser de diámetro cuando menos ocho veces mayor al tamaño máximo de agregado usado, rígido y de material impermeable preferentemente de acero, colocado a plomo para que el concreto caiga verticalmente. Para disipar la energía acumulada durante la caída y evitar la segregación de material más pesado, se recomienda poner un colchón amortiguador de concreto o mortero en estado plástico, así mismo se sugiere bañar interiormente el tubo con una lechada de cemento antes de vaciar el primer concreto para evitar que parte de éste se quede adherido a la pared del tubo.

La mezcla debe proporcionarse para revenimientos de entre 15 y 20 cm., pre-

ferentemente con grava redondeada de río, en vez de piedra triturada y una proporción de 1:1 arena sobre grava en peso, aproximadamente es entre un 10 y un 20 % más de lo normal de arena, aunado a una relación no mayor de 0.45 de agua/cemento también en peso. Los aditivos retardantes y reductores de agua son de gran ayuda ya que disminuyen la relación agua/cemento mejorando la fluidez y reduciendo el desarrollo de calor de hidratación de la mezcla.

Se debe tener especial cuidado al seleccionar la resistencia y peso de la tubería, que los acoplamientos y uniones sean realmente herméticos para no tener fugas de mortero o lechada y durante la operación revisarlas periódicamente y cambiarles empaques si es necesario.

Cuando se tapa el tubo, ya sea por arqueado en las uniones, demoras entre una mezcla y otra, mezclas no manejables, etc., no se debe jalar bruscamente o vibrar la tubería, dado que esto puede provocar segregación y sangrado en la mezcla, e incluso desprenderse parte de la tubería, debe lubricarse ésta con lechada y continuar enviando concreto o desmontar la tubería en el punto obstruido para eliminar el problema.

De las bombas de concreto podemos decir que actualmente entre un 20 y un 30 % del concreto en las ciudades se transporta y se coloca por medio de bombas, son especialmente útiles en obras donde el espacio o el acceso son un problema, además de que no distraen otros equipos ni mucha gente al momento de colar, ya que transporta el concreto tanto horizontal como verticalmente, independientemente de que el concreto es descargado en el sitio donde quedará colocado definitivamente, empleando un solo medio de transporte desde la mezcladora hasta el sitio de colado.

Existen diferentes tipos de bombas como: las de pistón, las neumáticas o las de presión; y su capacidad de eficiencia depende tanto del tipo de bomba como

de la distancia horizontal y la altura vertical, así como del área interior del tubo, del número de codos o deflexiones de la línea y de la consistencia de la mezcla, la cual debe ser diseñada adecuadamente no sólo para satisfacer los requisitos de las especificaciones sino para que pueda bombearse sin segregarse ni sangrarse y que no presente mucha resistencia a la fricción para que la bomba pueda empujarla.

Los puntos en que debemos tener cuidado son: que las tuberías no sean de aleación de aluminio, debido a que el concreto bombeado a través de este tipo de conductos ha presentado una expansión anormal causada por la formación de gas hidrógeno. Las tuberías de hule flexible desarrollan mayor resistencia al movimiento que las de acero rígido, por lo que se recomienda que sólo se empleen en curvas y al final de la línea, pero nunca cerca de la bomba, precediendo a un tramo largo de tubería.

Las uniones o acoplamientos deben ser lo suficientemente resistentes para soportar la erección del sistema, así como arqueo por una deficiente sustentación o sujeción. Al igual que el tubo-embudo, las uniones se deben vigilar constantemente para que no se vaya a fugar lechada o mortero a través de éstas; cambiando los empaques o juntas en mal estado.

IV.2 Colocación

Según el Reglamento (ref. 1) en su artículo 338, antes de efectuarse el colado deberá limpiarse el lugar donde se vaya a depositar el concreto, el cual se vaciará en la zona del molde donde vaya a quedar definitivamente, evitando que se translade de uno a otro lado mediante el paleado a mano o vibrado de la mezcla.

El ACI (ref. 3) indica que el colado debe efectuarse a una velocidad tal que el concreto conserve su estado plástico en todo momento y fluya fácilmente dentro de las cimbras y armados. El concreto que se haya endurecido parcialmente o que se haya contaminado con materiales extraños no debe utilizarse, y el concreto remezclado después de iniciado el fraguado tampoco debe usarse. Una vez iniciado el colado, éste no se interrumpirá hasta que se termine el colado de la sección o elemento, de acuerdo con sus propios límites o juntas predeterminadas, limpiando la superficie del concreto de nata y agua estancada, humedeciéndola y cubriéndola con lechada antes de colocar el nuevo concreto, la ubicación de las juntas será en donde menor debilidad puedan provocar en la estructura; las trabes y capiteles de columnas se consideran parte del entrepiso (losa) y se colarán monolíticamente con él, después de que el concreto de muros y columnas haya dejado de ser plástico para evitar el agrietamiento de las caras inferiores del sistema de entrepiso. El nivel de las superficies de las capas de concreto colado verticalmente deberá ser el mismo.

IV.2.1 Métodos de Colocación

Generalmente los métodos utilizados para el transporte de concreto son los mismos que para su colocación, aunque esto no siempre es posible, por ejemplo; rara vez se descarga una olla directamente sobre muros o columnas, con lo que se remarca que el objetivo primordial del colado es depositar el concreto lo más cerca posible de su posición final de la manera más rápida y eficaz para evitar la segregación y lograr una compactación total.

Algunos de los errores en que incurrimos durante el colado son:

El primer error que cometemos es el no planear los accesos adecuados y sufi

cientes al sitio de colado, es imperdonable contar con una sola rampa para subir y bajar con los botes o carretillas a una losa por pequeña que ésta sea, - teniendo que esperar a que suba la gente que va cargando para que pueda bajar la que ya vació el concreto; antes de iniciar la colocación debemos revisar que las cimbras estén limpias, las instalaciones eléctricas y los armados colocados y revisados, aplicado el desmoldante para poder retirar las cimbras con facilidad y tener la gente suficiente para colocar el concreto sin demoras ni contra . tiempos como lluvia. La limpieza de las cimbras es un punto de relevante importancia ya que en no pocas ocasiones se inicia la colocación del concreto sin - haber removido residuos de basura como papeles, botellas, etc., que contaminan el concreto además de disminuir las secciones consideradas del mismo debido a desplazamientos de volumen de concreto ocupado por botellas o cualquier otra - basura. Otro punto importante en las cimbras, es el que estén correctamente - apoyadas y atiezadas para evitar posibles fallas al momento de colocar el concreto, cuando se va a cimbrar un elemento de importancia, con grandes claros o cuyo peso muerto sea mayor al de una estructura convencional, es indispensable que la cimbra sea diseñada y calculada por un experto además de ser revisada - cuidadosamente antes del colado, no se debe permitir más de una unión en los - puntales o pies derechos, los cuales deben estar perfectamente apoyados sobre las rastras que nunca se permitirán que sean astillas o pedazos irregulares de madera, así mismo se debe evitar el calzar los elementos horizontales de carga como madrinas o la cimbra de contacto y nunca se unirán éstas fuera de la junta con un puntal, y todas las juntas deberán confinarse por los cuatro lados con tabla de 1" de espesor y clavos de 2" de largo. Todos los puntales deberán estar correctamente atiezados por medio de contraventeos en dos direcciones perpendiculares entre sí. También se debe de verificar y calafatear en su caso - las ranuras o aberturas en las cimbras con yeso, aserrín engomado o astillas -

de madera, nunca con papel el cual se puede desprender fácilmente y permitir - que escape lechada o mortero en perjuicio de la resistencia del concreto.

Todas las instalaciones y los armados deberán estar correctamente colocados y sujetos antes del colado, se debe evitar el sujetar y soportar las instalaciones o armados sobre pedazos de madera o piedras de grava lo cual no proporciona una base firme permitiendo que se muevan fácilmente al caminar sobre los mismos o al colocar el concreto, se debe evitar el caminar sobre los armados, proporcionando pasarelas o andenes en la cimbra alrededor de las zonas de colado, ya que es muy fácil que se presenten agrietamientos en los empotramientos de voladizos que originan deflexiones pronunciadas porque el refuerzo colocado inicialmente en la cara superior, se movió quedando al centro de la sección al circular por arriba de los armados. Todos los ganchos, anclajes, bastones, bayonetas, estribos, etc., deberán estar correctamente colocados, sujetos y revisados antes del colado, cualquier duda que se tenga acerca de la colocación, la cantidad o el diámetro de las varillas, deberá aclararse con el proyectista antes, y nunca iniciar el colado si existe alguna duda.

Una vez iniciado el colado éste no se debe de interrumpir hasta su conclusión y debe evitarse el movimiento horizontal del concreto en su lugar de colocación mediante el paleado a mano o peor aún con el vibrador, lo que causa segregación y sangrado de la mezcla, ésta debe colocarse en capas no mayores de 20 cms. de espesor para que al momento del vibrado se pueda eliminar fácilmente el agua en exceso y el aire atrapado, también debe evitarse la formación de juntas frías en el concreto, debido a demoras en la colocación entre una capa y otra, y no se colocará la siguiente capa de concreto hasta que la anterior - esté bien compactada. Se debe tener especial cuidado al colocar el concreto - para que éste no se golpee contra las paredes de la cimbra y rebote en las varillas causando segregación y huecos en el concreto del fondo, además de mover las cimbras y armados. Se debe restringir la altura de caída del concreto, ya

que a alturas mayores de 1.50 mts. es muy fácil que se segregue el agregado más pesado, ésto es especialmente importante en muros y columnas en los cuales se recomienda se vacíe una capa de mortero de unos 40 cms. de espesor, abajo, para que sirva de colchón amortiguador, al igual que el uso de "ventanas" en la cimbra para el colado de elementos mayores de 2.00 mts. de altura.

Un concreto segregado, por una mala transportación o colado, no mejora con el vibrado.

Otro punto importante es el tener la gente suficiente para colocar la producción o suministro de concreto, además de que se debe coordinar la velocidad de éstas con la velocidad de colocación del mismo, es preferible pagar un sobreprecio por la capacidad no utilizada de la olla de concreto si no tenemos la gente suficiente para colocarlo en el tiempo conveniente, a tener problemas de inicio de fraguado del concreto en la artesa.

Cuando se espera lluvia o se avecina la noche se deberá apresurar la colocación del concreto, y en caso de no tener la gente suficiente para acelerar los trabajos será mejor posponerlos. En caso de lluvia se deberán cubrir las zonas de colado, así como la artesa y los canalones si es que se tienen; no se debe permitir el colado de concreto que se haya remezclado después de iniciado el fraguado, ya que se interrumpen las reacciones químicas y se rompe la obtención de resistencia del concreto, endureciendo éste después del remezclado, sin alcanzar la resistencia deseada.

Por último, el concreto se contrae al secarse, y si no se intenta controlar lo, se agrietará en cualquier parte, generalmente en patrones de aspecto desagradable, pero que con una planeación adecuada se pueden ubicar juntas de contracción donde sea necesario para hacer que el concreto se agriete donde el diseñador quiera. Normalmente cuando el concreto se fractura donde él lo necesita le llamamos "grieta", y cuando lo hacemos que se fracture donde nosotros -

queremos, le llamamos 'Junta'. El concreto por naturaleza se fractura en áreas casi cuadradas.

Ahora, con respecto a los métodos ya mencionados de transporte, que también son de colocación, podemos decir que los botes y carretillas son métodos aceptables de colocación siempre y cuando no transcurra demasiado tiempo entre el mezclado y la colocación del concreto; se recuerda que la caída vertical del mismo desde una altura no mayor de 1.00 mts. produce un remezclado benéfico en el concreto, sin embargo, a alturas mayores de 1.50 mts. puede producirse segregación en la caída.

Los buggies son bastante parecidos a las carretillas, por lo que se pueden incluir en el párrafo anterior; de las tolvas podemos agregar que las puertas de descarga deben tener una salida libre de cuando menos cinco veces el tamaño máximo del agregado, que las paredes laterales tengan una inclinación por lo menos de 60 grados respecto a la horizontal, que las puertas de descarga tengan controles que permitan al personal abrirlas o cerrarlas en cualquier momento, debe evitarse el amontonamiento del concreto a la hora de descargarlo y no debe recogerse el concreto derramado para devolverlo a la tolva, ya se mencionó la acción benéfica que produce la caída del concreto de alturas no mayores de 1.00 mts. lo que se debe tener en cuenta al descargar la tolva.

De las bandas y los canalones diremos que, en las primeras es conveniente que el concreto fresco colocado por este método caiga sobre una capa de concreto - plástico colocado previamente para evitar la segregación que frecuentemente se presenta en los puntos de descarga, así como equipar éstos con una regla limpiadora que limite la pérdida de mortero, la inclinación tanto en las bandas - como en los canalones debe ser constante y adecuada para no provocar segregación del material más pesado, también al igual que en las bandas, debe controlarse - la descarga del concreto; se recuerda la conveniencia de cubrir las bandas y -

canalones para proteger el concreto del sol, el viento o la lluvia.

Los tubos de caída y las bombas de concreto; en los primeros el concreto se deposita bajo la superficie del concreto fresco colocado anteriormente en una corriente que fluye desde el fondo empujando al concreto existente hacia afuera y hacia arriba, junto con el tubo se usa un equipo para levantarlo (grúa) el cual debe estar disponible para subir y bajar el tubo, lentamente, sin sacarlo de la capa de concreto plástico durante el colado; se recuerda que las mezclas deben tener revenimientos entre 15 y 20 cms. para poder colocar el concreto por este método, la colocación se inicia lentamente para reducir al mínimo la socavación del fondo o el lavado del concreto anterior, algunas veces es necesario colocar una capa de roca graduada antes de iniciar el vaciado. Deben evitarse movimientos bruscos que forman bolsas de grava y nata, recomendándose que el concreto se coloque lo más profundo posible para que la distribución sea uniforme. El concreto debe depositarse a un ritmo uniforme en el tubo, demoras de más de 10 minutos entre una mezcla y otra, son indeseables y en caso de algún contratiempo se introducirá el tubo más profundamente dentro del concreto plástico.

La colocación se comenzará al centro del sitio de colado y se concluirá en las esquinas, rincones y áreas bajas, usándose una bomba de agua al finalizar para quitar la espuma o nata pegada en las áreas bajas donde estuvo el tubo.

Se debe tomar en cuenta la presión y el impacto sobre la cimbras, sobre todo en muros estrechos, así como verificar la limpieza tanto de éstas como de las superficies que estarán en contacto con el concreto antes de iniciar su colocación. Es importante la comunicación entre el frente de colocación y el frente de suministro del concreto.

Las bombas también descargan el concreto directamente en su sitio de colocación, pero a diferencia del tubo-embudo, aquí se comienza por el punto más ale

jado de la bomba; se recuerda que en ambos sistemas el primer mortero o lechada de lubricación no se descargará en el sitio del colado, la bomba deberá estar colocada lo más cerca posible del mismo para disminuir al máximo la longitud de la línea de conducción así como las deflexiones en la misma, y deberá existir comunicación directa entre el sitio de colocación y la bomba para poder ajustar la velocidad de bombeo a la velocidad de colocación, y nunca se detendrá totalmente la bomba durante el trabajo porque puede ser imposible reanudar nuevamente el bombeo, sólo se disminuirá su velocidad. Es importante que sea una persona experimentada la que maneje la manguera flexible al final de la línea de bombeo, para que no vaya a provocar segregación en la mezcla al colocarla.

Nuevamente se recuerda la importancia de la limpieza de los equipos al finalizar el trabajo o durante interrupciones muy prolongadas del mismo.

IV.3 Compactación

Las Normas (ref. 2) señalan que el concreto debe compactarse para asegurar una densidad uniforme y evitar la formación de huecos.

El ACI (ref. 3) indica que el concreto debe acomodarse enteramente al rededor del refuerzo, de las instalaciones ahogadas en éste y dentro de las esquinas de la cimbra.

El concreto recién mezclado y colocado contiene cavidades en forma de panal de abeja debidas al aire atrapado, lo cual reduce su resistencia, incrementa la permeabilidad reduciendo su durabilidad, disminuye la adherencia con el acero de refuerzo y arruina la apariencia del mismo.

IV.3.1 Requisitos en la Mezcla

Se descubrió que cuando se sometía a impulsos vibratorios de alta frecuencia al concreto fresco, aunque estuviese seco y mal proporcionado, adquiría propiedades de fluidez totalmente distintas. Las vibraciones rápidas reducen la fricción entre las diferentes partículas de la mezcla y conforme éstas van pasando la mezcla se mueve hacia atrás y hacia adelante en relación a su punto original de reposo, liberando el aire atrapado el cual sube hacia la superficie mientras las partículas oscilan, para finalmente reacomodarse y quedar en forma más densa y compacta dentro de la matriz de cemento.

Para lograr esto se requiere que la mezcla tenga ciertas características - que dependen del tamaño máximo del agregado, su forma, las proporciones de los materiales como el contenido de cemento, la cantidad de agua y agregado fino; en dos palabras, trabajabilidad y consistencia, cuanto mayor sea el esfuerzo de compactación, más secas y duras serán las mezclas. Al reducir el contenido de agua del concreto o al disminuir el contenido de cemento (reduciendo el costo del concreto) su calidad mejora, siempre y cuando el concreto se compacte adecuadamente. Las mezclas deben proporcionarse para suministrar la trabajabilidad y consistencia requerida del concreto fresco durante la construcción y para que al endurecer éste adquiera las propiedades deseadas en el mismo.

Un exceso en la trabajabilidad es inconveniente debido a que aumenta el costo de la mezcla y puede provocar inestabilidad, segregación y/o sangrado - en la misma, reduciendo la calidad del concreto endurecido. Por el lado contrario, mezclas demasiado rígidas requieren de mucho esfuerzo de compactación, y a pesar de todo, pueden no quedar bien compactadas.

IV.3.2 Métodos de Compactación

Son dos las formas de compactar el concreto: manual y mecánico. Los métodos manuales son: varillado, paleado y apisonado, se usan en mezclas fluidas y en capas no muy gruesas de concreto fresco para lo que se requiere de poco esfuerzo de compactación debido al mayor contenido de agua de la mezcla.

La calidad de estos concretos generalmente es baja, por lo que no es aceptable para cierto tipo de elementos estructurales como columnas; el paleado en ocasiones se aplica para mejorar la apariencia del concreto en contacto con la cimbra, insertando y sacando repetidas veces una herramienta plana junto a la cimbra, apartando las partículas gruesas de ésta permitiendo que el aire atrapado emerja a la superficie.

Los métodos mecánicos se dividen en dos grupos: vibrado interno y vibrado externo, en el primero, el concreto se compacta mediante la inmersión de un atizador vibrador en la mezcla en estado plástico; en el segundo, la compactación se hace mediante el vibrado de las cimbras, el uso de reglas o rodillos vibratorios y mesas de vibrado.

El uso del atizador es el más generalizado en las obras, sin embargo, del total del tiempo en operación se ha observado que gran parte de éste se trabajan inadecuadamente los vibradores, ya sea funcionando fuera del concreto, vibrando zonas ya compactadas, o colocándolos en posición incorrecta.

El operador del vibrador debe observar la superficie del concreto al dejar caer el atizador perpendicularmente a ésta por su propio peso sin empujarlo, hasta el fondo de la capa y hasta unos 10 cms. de la capa anterior para eliminar las posibles juntas frías, si ésto se hace lentamente se compactará primero la parte superior de la capa impidiendo que el aire atrapado en el fondo salga fácilmente; el tiempo adecuado de vibrado para mezclas con reve-

nimiento entre 8 y 15 cms. es de 10 segundos, retirando lentamente el vibrador para que cierre perfectamente el agujero originado por la inmersión del mismo; la distancia entre inmersiones no debe ser mayor de 10 veces el diámetro del atizador y de una a dos veces de distancia de la cimbra el diámetro del mismo, ya que el contacto entre ésta y el atizador daña la superficie de la madera y la apariencia del concreto; se debe evitar que el atizador toque el armado, ya que la vibración afecta la adherencia con el concreto ya endurecido colado anteriormente; no se debe usar el vibrador para deshacer cúmulos o mover el concreto lateralmente porque se provocaría segregación y/o sangrado en la mezcla; nunca se debe mover el motor del vibrador jalándolo por la flecha flexible ni permitir que se doble ésta; para evitar el sobrecalentamiento de los cojinetes del atizador se debe introducir toda la cabeza en la mezcla y evitar trabajar el vibrador fuera de ésta; cuando es importante el acabado, un poco de sobrevibrado puede reducir las cavidades en la superficie del concreto, los problemas de la subcompactación son más que los del sobrevibrado y es casi imposible sobrevibrar una mezcla bien diseñada; mezclas mal diseñadas, que carecen de cohesión o que contienen demasiada agua, su pueden segregar y sangrar formándose una capa de lechada en la superficie, la cual deberá quitarse antes de la siguiente etapa de colado. De todas formas, la capacidad para apreciar cuando una mezcla está compactada depende en gran medida de la experiencia de la persona encargada del vibrador, para lo cual puede auxiliarse observando cuando dejan de salir burbujas y la distancia de las mismas al atizador para determinar el radio de acción del mismo, el tiempo necesario de vibrado; para esto también puede auxiliarse del sonido, al introducir el vibrador en la mezcla baja la frecuencia del zumbido, y cuando el sonido se hace constante, el concreto está libre de aire; el aspecto de la superficie cuando aparece una delgada película de mortero, indica que la compactación es completa.

El revibrado del concreto aún en estado plástico, después de la compactación inicial, tiene un efecto benéfico en la resistencia, sin embargo, el revibrado del concreto una vez iniciado su fraguado, causa agrietamiento del mismo, pérdida de adherencia con el acero de refuerzo e incluso puede llegar a interrumpir las reacciones químicas del cemento.

Los vibradores externos se usan principalmente en la prefabricación, y son especialmente útiles en secciones muy angostas y/o muy congestionadas de acero de refuerzo; constan de un motor eléctrico con un elemento desbalanceado, el cual produce la vibración hasta el concreto a través de las cimbras, su radio de acción no es mayor de 30 cms. sin embargo, su número y espaciamiento dependerán de la eficacia de la compactación. Las cimbras se deben diseñar y construir cuidadosamente para soportar aparte del peso de la mezcla, las cargas incidentales, etc., la vibración de los motores al compactar el concreto, también se debe tomar en cuenta que la lechada encuentra salida a través de orificios más pequeños. El concreto se colocará en pequeñas capas para que la eficiencia del vibrado sea mayor. Antes de comenzar el colado se deberá revisar el correcto funcionamiento y sujeción a la cimbras de todos y cada uno de los vibradores.

Los rodillos y las reglas vibratorias se usan para compactar capas de concreto no mayores de 20 cms. de espesor (losas) deslizando la regla o el rodillo sobre éstas uniformemente la mayor longitud posible de una sola pasada - teniendo en cuenta que pasarlos demasiadas veces origina excesivo sangrado de la mezcla reduciendo la resistencia del concreto, y que cuando se tenga que detener el trabajo se debe apagar el vibrador. En el caso de las reglas vibratorias, éstas no se deben de apoyar directamente sobre el concreto, sino sobre las paredes de la cimbra, además es necesario que siempre se mantenga una pequeña acumulación de mezcla frente a la regla para llenar los posibles huecos

en la capa de concreto.

De las mesas vibratorias diremos que su uso casi se ha restringido a la compactación de especímenes de concreto en el laboratorio, por lo que no hay mayores recomendaciones por hacer que las anteriormente indicadas.

Un sistema de compactación muy especial es el método del vacío, donde se forra el concreto recién colado con lonas gruesas y se extrae el aire de dentro de las lonas y por consiguiente, del concreto. Este sistema, aunque ya se ha llevado a cabo en algunas obras, todavía está a nivel experimental y por lo tanto no hay mucha literatura acerca de él como para hacer un comentario mayor a lo anterior.

Se hace incapie en la importancia que tiene el mantenimiento preventivo en los equipos, por ejemplo: tener en existencia los consumos necesarios del equipo, como aceite, combustible, refacciones, etc., además de la limpieza del equipo al finalizar los trabajos.

ERRORES Y PROBLEMAS
EN EL CURADO Y
DESCIMBRADO.

V.1 Curado

Según el Reglamento (ref. 1), el concreto debe curarse mediante la aplicación de agua, recubrimientos impermeables retenedores de agua o por medio de vapor. Este debe durar hasta que el concreto alcance su resistencia de proyecto y no será menor de 7 días para cemento normal y 3 días para cemento de rápida resistencia.

El ACI (ref. 3) indica que la temperatura del concreto nunca debe bajar de 10 C, que el curado a vapor debe proporcionar una resistencia igual a la de proyecto, y que los cilindros curados en obra deberán recibir el mismo tratamiento que la estructura.

Las Normas (ref. 2) señalan que a temperaturas inferiores a 5 C deben tomarse las precauciones necesarias para que no disminuya la resistencia del concreto ni se retarde su endurecimiento, así mismo se incrementará la duración del curado adecuadamente.

El curado consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y una temperatura adecuada en el concreto recién colado para que desarrolle al máximo posible todas sus propiedades.

La resistencia y durabilidad del concreto se desarrollan plenamente sólo si se cura adecuadamente. Es especialmente importante el curado del concreto a edades tempranas cuando se constituye su estructura interna que le permite adquirir sus propiedades deseadas.

En concretos con un alto contenido de cemento es imperante comenzar el curado cuanto antes, ya que el calor de hidratación es considerable y evapora demasiada agua de mezclado que origina porosidad, agrietamiento y bajas resistencias.

La cantidad de agua de mezclado es generalmente mayor que la estrictamente necesaria para que se realicen las reacciones químicas y por lo tanto mayor que la que el concreto necesita, sin embargo, la pérdida excesiva de agua por evaporación puede interrumpir el desarrollo de las propiedades deseadas en el concreto.

La evaporación del agua de mezclado o curado en la superficie del concreto produce un enfriamiento benéfico en el mismo, siempre y cuando la cantidad de agua evaporada no origine bajas resistencias, agrietamiento por contracción plástica o excesivo enfriamiento de la superficie de concreto.

Las reacciones químicas en el concreto se desarrollan más rápidamente a mayor temperatura, sin embargo, el curar un concreto durante menos tiempo a temperaturas más altas no es tan efectivo como curar el concreto durante más tiempo a temperaturas más bajas. Es preferible curar el concreto a la temperatura promedio del ambiente o de las condiciones de servicio de la estructura.

El fraguado del concreto se retarda mucho a temperaturas menores a los 5 C y a temperaturas elevadas disminuye la resistencia del concreto a grandes edades.

Como nota al margen, podemos incluir que las cimbras ayudan a reducir la pérdida de humedad de la superficie del concreto en contacto con ella y que cuando se descimbran muy pronto elementos como muros o columnas, se debe aplicar inmediatamente algún método de curado.

V.1.1 Métodos de Curado

En el curado con agua debemos tener cuidado de no caer en alguno de los errores más comunes como:

Utilizar agua que no sea potable pensando que el agua de curado ya no afecta en las reacciones químicas del cemento, sin embargo, agua con un alto contenido de ácidos, sulfatos o simplemente materia orgánica, puede atacar, manchar o decolorar el concreto; no proporcionar una cubierta completa cuando curamos el concreto mediante el anegamiento de elementos como losas, pisos o cualquier elemento donde sea posible formar un charco de agua, provoca zonas de diferente temperatura y humedad que originan agrietamiento, descascaramiento y empolvamiento (desintegración) de la superficie de concreto. También debemos preveer que el agua estancada no vaya a fugarse erosionando y deslavando el concreto o el piso sobre el que se asienta la losa o dañe los alrededores, etcétera.

El usar agua fría para el curado, más que beneficiar al concreto, le provoca fuertes diferencias de temperatura que son causa de agrietamiento, escamación o descascaramiento y bajas resistencias de la superficie del concreto; el curado por medio de riego o aspersión es efectivo cuando la temperatura es superior a 10 C, en lugares donde el suministro y consumo de agua no son problema, pero el riego intermitente que permite que se seque la superficie del concreto, sí lo es, dado que origina cambios de temperatura y humedad que dan lugar a los problemas ya mencionados. Se debe tener especial cuidado al curar elementos verticales o inclinados para no provocar erosión y deslavar la superficie del concreto.

Cuando utilizamos capas húmedas de tierra, arena o cubiertas de materiales absorbentes como costales, alfombras, etc., los errores en que incurrimos son:

Apoyar directamente sobre el concreto la capa de tierra o arena húmedas, -

cuando la superficie aún no ha endurecido lo suficiente, por lo que se marca - ésta, estropeando su apariencia. Otro problema es que la tierra pueda contener sustancias que manchen o decoloren el concreto, por lo que se recomienda - que entre el concreto y la capa de tierra o arena se coloque una cubierta de - papel kraft, costales o cualquier otro material que proteja al concreto. Estas cubiertas de materiales absorbentes ayudan a retener la humedad del concreto, y mientras más pesado sea el material de la cubierta, más agua retendrá y no - será necesario mojarla con tanta frecuencia, además de que no la levantará el viento tan fácilmente como a los costales a los que es necesario traslaparlos o unirlos y ponerles madera o arena húmeda encima. El problema de estas cubiertas es que pueden traer sustancias perjudiciales como azúcar, fertilizantes, materia orgánica, etc. que dañan al concreto, por lo que deben lavarse perfectamente antes de usarlas para curar concreto.

El curado con materiales selladores, específicamente con hojas de plástico, papel kraft o líquidos que forman membranas impermeables, depende de su capacidad de sellar la humedad en el interior del concreto. Cualquier filtración a través de las uniones, bordes o agujeros, reducirá la eficacia del curado, - de igual manera, si el curado se retrasa demasiado tiempo puede haber pérdida sustancial de agua de la superficie del concreto originando agrietamiento, des cascaramiento, empolvamiento y bajas resistencias del concreto.

Estos materiales son más fáciles de manejar y pueden aplicarse más temprano además de que proporcionan una protección más confiable al concreto que el - curado con agua.

Las películas plásticas son muy ligeras y vienen en colores blanco, negro o transparentes para rechazar o absorber el calor de los rayos del sol. Se colocan sobre la superficie húmeda del concreto, el problema de este tipo de - películas es que deben mantenerse siempre en contacto con la misma, dado que

las arrugas ocasionan manchas que arruinan la apariencia del concreto, esto puede evitarse mojando ocasionalmente el concreto bajo la película y colocando ésta nuevamente plana y sin arrugas. Otro problema es que debido a lo ligeras que son, fácilmente se rasgan y rompen, filtrándose por ahí la humedad que necesita el concreto, esto se repara fácilmente pegando o simplemente poniendo encima otra hoja bien sujeta. También por lo ligeras que son, fácilmente las levanta el viento, dejando sin protección algunas zonas del concreto, esto se evita traslapando las hojas y colocándoles encima madera o arena, sobre todo en uniones y bordes.

A veces no es posible debido a su costo utilizar películas plásticas, sin embargo, podemos usar los mismos sacos en que viene envasado el cemento como película de curado, ya que es un papel especialmente tratado para reducir la expansión y contracción al mojarse y secarse (papel kraft), se colocan dos hojas de papel encimadas unidas por un pegamento bituminoso (chapopote) o simplemente colocándoles arena húmeda encima. Al igual que las películas plásticas se rasgan y rompen muy fácilmente, por lo que debe tenerse especial cuidado al manejarlas y no usarlas nuevamente.

Cuando utilizamos líquidos que forman membranas impermeables consistentes en ceras, resinas naturales o sintéticas y solventes volátiles a temperatura ambiente, deben tomarse las precauciones necesarias. El problema de este tipo de membranas es que no siempre se pueden quitar perfectamente después de curado el concreto, lo que origina mala adherencia entre el concreto y cualquier otro material como pintura, azulejo e incluso concreto nuevo, por lo que cuando se interrumpe el colado de algún elemento, nunca deberán usarse este tipo de membranas de curado.

Si se aplican estas membranas sobre una superficie aparentemente seca puede ser que se detenga la evaporación del agua, pero continúe el sangrado, formando

una capa de agua bajo la pasta de cemento propiciando la formación de escamas y agrietando incluso la membrana de curado, lo que hace necesario la aplicación de otra capa de líquido para sellar las posibles filtraciones de humedad.

Para un curado eficaz con estas membranas se recomienda la aplicación de 2 capas de protección, una perpendicular a la otra, inmediatamente después de que desaparezca el brillo del agua de la superficie del concreto.

V.1.2 Concreto Masivo

Para curar grandes cantidades de concreto se puede utilizar agua o alguna membrana selladora, tomando en cuenta de que a mayor cantidad de concreto, más cantidad de calor de hidratación, y la evaporación de agua es más rápida por lo que el curado deberá iniciarse lo antes posible. En secciones masivas sin-referzo ni contenido de puzolanas, el curado debe llevarse a cabo cuando menos durante 2 semanas, cuando la puzolana está incluida entre los materiales aglutinantes, el tiempo mínimo de curado no será menor de 3 semanas. En las juntas constructivas, el curado debe prolongarse hasta que comience la siguiente etapa de colado y por ningún motivo se utilizarán ceras, resinas o solventes como método de curado. En secciones altamente reforzadas, el curado debe ser continuo durante un mínimo de 7 días.

V.1.3 Curado en Clima Cálido

La temperatura elevada provoca un rápido secado del concreto, por lo que es muy importante. Si se emplea el curado con agua deberá ser continuo, ma-

yormente durante los primeros días después del colado. En estos climas, si cuidamos que las condiciones de humedad sean satisfactorias, el concreto puede alcanzar un elevado grado de madurez en poco tiempo.

V.1.4 Curado en Clima Frío

En clima frío el concreto debe curarse y protegerse contra la congelación, no es probable que el concreto a bajas temperaturas seque con una rapidez indeseable, pero debe tenerse especial cuidado de mantener una humedad satisfactoria en el concreto y si se usan productos de combustión para conservar templado el ambiente, que éstos tengan una vía de escape, dado que el bióxido de carbono origina agrietamiento en la superficie del concreto.

V.2 Descimbrado

En el artículo 316 del Reglamento (ref. 1) se señala que los elementos estructurales deben permanecer cimbrados el tiempo necesario para que el concreto alcance la resistencia suficiente para soportar el peso propio más las cargas a que vayan a estar sujetos durante la construcción, así como para evitar que las deflexiones sobrepasen los valores fijados en el Título IV de este mismo reglamento, ya que una estructura puede ser lo suficientemente resistente para soportar la carga aplicada, pero flexionarse lo suficiente para que se produzca un daño permanente.

El ACI (ref. 3) indica que el descimbrado en una construcción de varios niveles debe formar parte de un procedimiento planeado en el cual se toman en -

consideración el soporte temporal de la totalidad de la estructura. Dicho - procedimiento debe planearse antes de iniciar la construcción y se debe basar en un análisis estructural y en pruebas de cilindros curados en obra.

V.2.1 Problemas en el descimbrado

Una revisión de estructuras que han fallado durante la construcción muestra que más de un 10 % de estas fallas provienen de descimbrados tempranos y a pesar de esto, nuestros reglamentos y normas no explican claramente cuáles son - los métodos apropiados para determinar la resistencia estructural a edades tem pranas, ni cuáles son los factores de carga necesarios para lograr la seguridad requerida de una estructura en proceso de construcción, y hasta que esta situa ci ón se corrija, es deber de todos suplir las deficiencias de los re glamentos aplicando tanto nuestros conocimientos como nuestro más amplio criterio, para prevenir no sólo problemas, sino incluso desgracias indeseables en cualquier - obra.

Se recomienda que los tiempos de descimbrado sean:

24 horas	columnas, muros y costados de trabes
8 días	losas
12 días	trabes
18 días	voladizos

Para concretos de rápida resistencia se pueden reducir estos tiempos a la - mitad.

Otro problema más tangible y común en las obras es que al remover las cimbras se dañe la superficie del concreto debido a golpes y palanqueos, lo cual hecha a perder la apariencia de la misma, teniendo la necesidad de repararla,

invirtiendo tiempo y dinero extra sin ninguna razón aceptable, y ésto puede evi
tarse simplemente poniendo un poco más de cuidado al momento de ejecutar cual-
quier trabajo. Independientemente de ésto, ya se mencionó la necesidad de ini
ciar el curado inmediato al descimbrado.

Se recuerda que el utilizar aceite quemado como desmoldante, no se recomien-
da en concretos aparentes, ya que deja manchada su superficie haciéndose nece-
sario limpiarla con ácido muriático rebajado con agua y un cepillo de alambre.

CONCLUSIONES.

1.- La diferencia entre un buen concreto y un mal concreto, al igual que la diferencia entre un buen Ingeniero y uno malo, no la da el nombre de la escuela donde se haya estudiado, sino la calidad de la educación que desde la cuna se ha recibido, así el concreto; no es mejor por llevar agregados de río que llevar agregados calizos, sino por el cuidado que se tenga en todos y cada uno de los pasos en el proceso de elaboración y manejo del mismo.

2.- La mayoría de los errores en que incurrimos en la elaboración y manejo del concreto no son voluntarios, sino producto del desconocimiento de los problemas que éstos acarrearán consigo, dado que la gran mayoría de la mano de obra disponible son gente de un nivel de escasos conocimientos, en el cual muy pocos saben leer y escribir, que por lógica no alcanzan a medir y tal vez ni siquiera a imaginar la importancia ni las consecuencias que del mal manejo del concreto surjan.

Pero ellos no tienen más que la mitad de la culpa, ya que su falta de preparación, aunque no es justificable, no es motivo que se les pueda imputar sólo a ellos, sino que todos llevamos parte de culpa en ello porque nosotros como Ingenieros, como Universitarios o como personas cultas que somos o pretendemos ser, debemos poner nuestro granito de arena enseñando a leer y a escribir a nuestros peones y albañiles cuando menos durante un par de horas los Sábados.

3.- La ignorancia o desconocimiento no es un mal que aqueja solamente a nuestros trabajadores, sino también a muchos de nosotros: Ingenieros y Arquitectos, ya que desconocemos muchos de los aspectos que trata el Reglamento de Construcciones, sabemos calcular una estructura o diseñar una casa y lo hacemos generalmente por los procedimientos y métodos adecuados que marca el Reglamento, sin embargo, muy pocas veces lo hemos leído. Es el inicio del desarrollo profesional el que nos llena de dudas, ya que conocemos las normas adecuadas de diseño, pero desconocemos la base legal en que se apoyan. Este es un mal que se debe combatir desde la Universidad, en la cual no sólo debe leerse el Reglamento, sino comentarlo para conocerlo y emitir posibles reformas al mismo exponiendo nuestras razones, las cuales en último de los casos nos ampliarán nuestro criterio y nos darán la capacidad necesaria para la vida profesional, tomando las decisiones más convenientes basados no sólo en nuestra intuición, sino en un conocimiento amplio y verdadero de las Normas y Reglamentos establecidos.

4.- A medida que aumenta la actividad constructora y aparecen nuevos métodos de construcción, la habilidad del trabajador se vuelve más variable e incierta, por lo que se debe procurar la implantación de un proceso de educación continua a todos los niveles. No se debe restringir al innovador capaz que desea probar nuevos materiales y procedimientos de construcción; los reglamentos deben ser la fuerza motriz, no el freno en la construcción de obras de concreto seguras, económicas, funcionales y de calidad.

5.- Aunado a los programas de educación continua se debe implantar en las Universidades un curso en el cual se analicen las causas del colapso total o parcial de estructuras, ya sea durante su construcción o en servicio, así como la

importancia de los sistemas de seguridad en la obra.

Hechos como los ocurridos el 19 de Septiembre de 1985 no sólo deben ser motivo de estudio, sino de controversia tanto dentro como fuera de las instituciones especializadas, llevándola hasta las aulas de clases, y más allá, hasta las mismas obras en construcción para crear conciencia en todos de que los errores que cometemos no son problemas inconsecuentes, sino fallas trascendentes e importantes que pueden llegar a costarle la vida a personas inocentes.

6.- El concreto es un material de construcción muy noble, de ahí que se ha caracterizado no sólo en nuestro País, sino en el mundo entero, como el material de construcción por excelencia, sin embargo, muchas veces hemos abusado de esa nobleza, creemos que el concreto aguanta todo, pero hasta la nobleza y las bondades del mismo tienen un límite, el cual nos lo ha venido a demostrar el trágico sismo arriba mencionado, donde edificios bien calculados estructuralmente, con la cantidad y las proporciones adecuadas de acero, fallaron debido a resistencias disminuidas del concreto de las pilas de cimentación, columnas y sistemas de entrepiso, no tanto por malos materiales, como por errores en la elaboración y sobre todo en el manejo del concreto. El no colar las columnas en alturas no mayores de 2.00 mts. para evitar segregación o por los métodos adecuados para alturas mayores a ésta, en forma ininterrumpida (monolíticamente) libre de juntas frías, así como la carencia absoluta o inadecuada compactación de miembros tan esbeltos como éstas, fueron las causas que motivaron el colapso de varios edificios.

Otras causas que también motivaron el colapso de algunos edificios fueron: la falta de resistencia al cortante de las losas en la unión con las columnas, resultando perforadas las losas por las columnas, en la misma forma que un alfiler perfora una hoja de papel; la falta de resistencia al cortante de las -

propias columnas, debido a una escasa e inadecuada distribución de estribos que provocó finalmente el aplastamiento de las mismas por el inadecuado confinamiento del acero de refuerzo longitudinal, el cual se 'flambeó' entre estribo y estribo .