



201  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ARAGÓN"**

**"APUNTES DE LA MATERIA DE CONSTRUCCION DE  
ESTRUCTURAS"**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :**

**I N G E N I E R O C I V I L**

**P R E S E N T A :**

**ALEJANDRO GREGORIO BARRON RAMOS**

**ASESOR: ING. CELIA MARTINEZ RAYON**

*5719*  
**SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MEXICO, 1998**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

ALEJANDRO GREGORIO BARRÓN RAMOS  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 9 de octubre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que la profesora, Ing. CELIA MARTÍNEZ RAYÓN pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "APUNTES DE LA MATERIA DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México, 20 de octubre de 1995.  
EL DIRECTOR

M. en C. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



- c c p Jefe de la Unidad Académica.
- c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil.
- c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/IIa.

# DEDICATORIA

**A TI PAPA: DOMINGO BARRON NUÑEZ**

**AL HOMBRE QUE ME ENSEÑO, CON SU SABIDURIA  
A BASE DE TRABAJO, ESFUERZO Y DEDICACION  
SE LOGRA LA META FIJADA.**

**A TI MAMA: CONCEPCION RAMOS GONZALEZ**

**POR ESE AMOR DE MADRE QUE SIEMPRE  
OFRECES A TUS HIJOS POR IGUAL, SIN ESPERAR  
NADA A CAMBIO, A TUS CONSEJOS, APOYO Y  
DESVELOS, POR ESE PENSAMIENTO QUE  
SIEMPRE NOS INCULCATES, PARA REALIZARNOS  
EN LA VIDA Y POR TODAS TUS CUALIDADES QUE  
HAY EN TI.**

**GRACIAS POR BRINDARME, UNA CARRERA PROFESIONAL,  
SIENDO EL TESORO MAS PRECIADO QUE RECIBE UN HIJO.**

**A MIS HERMANOS: RUBEN, EDUARDO, ADRIANA,  
MIGUEL ANGEL.**

**POR SER LOS AMIGOS CON QUIENES HE COMPARTIDO  
LOS INSTANTES DE MI VIDA, ESTANDO CONMIGO EN  
LOS TROPIEZOS Y TRIUNFOS; CON ENORME AFECTO  
A CADA UNO DE ELLOS Y COMPARTIENDO LA ALEGRIA  
DE ESTE LOGRO.**

**A MI ASESORA DE TESIS:  
ING. CELIA MARTINEZ RAYON**

**POR SU VALIOSA AYUDA Y DEDICACION PARA  
LLEGAR HASTA EL FINAL DE MI TESIS, ASI COMO  
LA CONFIANZA QUE ME BRINDO.**

**A LOS INGENIEROS: SILVIA VEGA MUYTOY, MIGUEL ANGEL CORONA DELGADO,  
ALEJANDRO ARECHIGA JURADO, Y AL P.I. ROGELIO MUJICA GUERRERO.**

**POR BRINDARME SU APOYO, ADEMAS DE COMPARTIR SUS  
CONOCIMIENTOS PARA LA CULMINACION Y REALIZACION  
DE ESTA TESIS, GRACIAS POR BRINDARME SU AMISTAD.**

**A MIS FAMILIARES:**

**QUE ME DIERON UN ALICIENTE DE SEGUIR  
ADELANTE DURANTE MI PREPARACION  
PROFESIONAL Y POR LA MOTIVACION EXTRA  
GRACIAS.**

**A TODOS LOS QUE NO HE MENCIONADO  
Y QUE DE ALGUNA FORMA HAYAN  
CONTRIBUIDO A LA CONSECUENCIA DE  
ESTE OBJETIVO, Y QUE NO ENUMERO  
PARA NO OLVIDAR A ALGUNO.**

**CON AFECTO.**

**ALEJANDRO GREGORIO BARRON RAMOS.**

DICEN QUE.....

" UN TRIUNFADOR NO ES AQUEL QUE NO  
CONOCE LA DERROTA, SI NO AQUEL QUE  
RECONOCE SUS FRACASOS, ACEPTA  
SUS ERRORES Y A PESAR DE  
ELLOS,LUCHA PARA ALCANZAR SUS  
METAS."

# INDICE

	Pag.	
I	INTRODUCCION	1
II	<b>PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO</b>	
II.1	Concreto simple	2
II.1.1	Manejo y almacenamiento de agregados para concreto	2
II.1.2	Mezclado de materiales pétreos	17
II.1.3	Concreto hidráulico comparado con otros materiales de construcción	27
II.1.4	Tipos, usos y propiedades de concreto hidráulico	33
II.1.5	Propiedades físicas y químicas del concreto hidráulico	42
II.1.6	Aplicación del tipo de concreto que mejor se adapte a las especificaciones indicadas en el proyecto estructural.	51
II.1.7	Diseño teórico de mezclas de concreto con el método ACI y su ajuste en el laboratorio. Importancia de la relación agua/cemento y la trabajabilidad	53
II.1.8	Aditivos más comunes y efectos que causan en las propiedades del concreto en que se emplean	66
II.1.9	Costos unitarios y rendimientos del equipo de fabricación, transporte y colocación de concreto	73
II.1.10	Selección del método de fabricación con criterio de costo mínimo transporte, colocación y curado de concreto en obra	81
II.1.11	Pruebas de laboratorios más importantes del concreto hidráulico. Revenimiento. Resistencia. Peso volumétrico	88
II.1.12	Aplicación de las pruebas de control de calidad más importantes para concretos hidráulicos	93
II.1.13	Procedimientos de construcción para colados bajo el agua.	99
II.1.14	Industrialización de la construcción	101
II.1.15	Procedimientos de fabricación de elementos pre-fabricados de concreto.	104
II.1.16	Determinación de las cantidades de materiales considerando planos y especificaciones	110
II.1.17	Importancia de las juntas de colado y dilatación en estructuras	114
II.1.18	Determinación de los procedimientos de construcción de estructuras de concreto	120
II.1.19	Procedimientos especiales de colados de concreto: Colados masivos, colados en temperaturas extremas y otros.	126
II.2	<b>ACERO</b>	
II.2.1	Longitud, forma, número de piezas y peso del acero de refuerzo empleado en una estructura de concreto	131
II.2.2	Habilitación y colocación en obra del acero de refuerzo	136

<b>III</b>	<b>PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MADERA</b>	
III.1	Cimbrado y descimbrado de estructuras de concreto hidráulico	
	Cimbras de madera, metálicas y especiales	140
III.2	Diseño de cimbras de madera para losas, traveses, muros y columnas	152
III.3	Procedimientos de construcción de estructuras de madera	168
<b>IV</b>	<b>PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERIA</b>	
IV.1	Tipos de mampostería, zampeados, morteros y andamios	172
IV.2	Muros de contención y bóvedas	183
IV.3	Cimentaciones y muros	192
<b>V</b>	<b>PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS METALICAS</b>	
V.1	Aplicaciones dentro de la construcción de los perfiles laminados simples, secciones compuestas y perfiles de lámina delgada	208
V.2	Soldaduras	213
V.3	Andamios y cimbras metálicas	222
V.4	Análisis de los diferentes procedimientos para la realizar maniobras de erección y montaje de estructuras metálicas	226
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	233
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	



## I. INTRODUCCION

En el presente trabajo se realiza la investigación de los temas: Procesos constructivos de estructuras de Concreto, Maderas, Mamposterías y Metálicas. Se mencionan los procesos de obtención, almacenamiento, manejo y mezclado de agregados pétreos, para la elaboración del concreto hidráulico, es importante realizar una comparación de distintos materiales de construcción y realizar un cuadro comparativo de los mismos. Se estudian las características del cemento portland con la finalidad de que se adapten a las especificaciones indicadas en el proyecto estructural, señalando los procedimientos de colocación, transporte, manejo, métodos de curado y pruebas de laboratorio del concreto hidráulico, así como de los agregados pétreos (arena y grava). Al principio la industrialización se desarrolló paulatinamente, dentro de la construcción de estructuras, ya que se realizó principalmente como un arte del constructor, pero la rápida expansión del campo de aplicación dio como resultado la necesidad de investigación en la Ingeniería. Los primeros intentos se orientaron hacia los problemas de diseño estructural, pero al poco tiempo, la habilidad para conformar las propiedades del concreto a las necesidades de la obra se reflejó en el desarrollo tecnológico, dando origen a la elaboración de elementos prefabricados, siendo éste uno de los métodos importantes de la construcción industrializada. Por otro lado los planos y especificaciones son importantes porque determinan la cuantificación del material y la ubicación del acero cuando es utilizado como refuerzo.

En el tema III tratamos ventajas y desventajas de las propiedades de la madera, así como su empleo, conoceremos procedimientos para la construcción de cimbras empleadas en el colado de losas, muros, trabes, columnas, su mantenimiento adecuado, tipos de madera que se conocen comercialmente, sistemas de montaje y desmontaje.

La mampostería tiene diversas aplicaciones y tipos para su elaboración, utilizándose en muros de contención, bóvedas y cimentaciones, tomando en cuenta las tres zonas importantes en las que está dividido el suelo del Valle de México. Por último se describe la aplicación de los perfiles laminados dentro de la construcción, tipos de soldadura, por otro lado mencionaremos, tipos de andamios tanto metálicos como de madera y funciones de cada uno de ellos, es importante realizar un análisis de los diferentes procedimientos en la colocación de cimbras y estructuras metálicas, para ejecutar maniobras de erección y montaje, empleando equipos especiales, es importante conocer su empleo, funcionamiento, para seleccionarlo y obtener resultados satisfactorios.

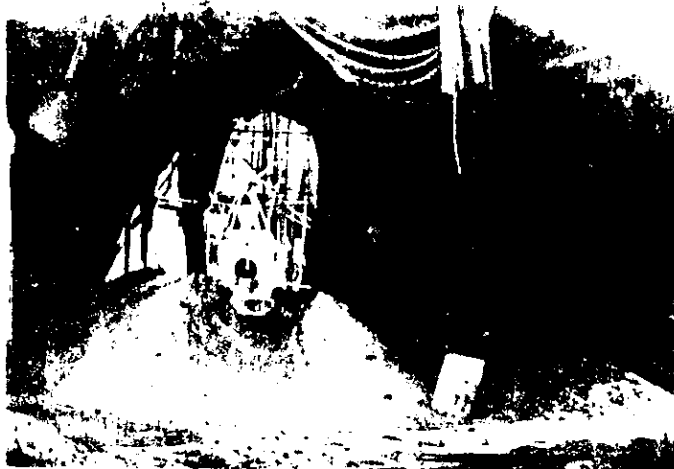


Fig: 9 Una tienda de lona sobre el agregado lo protege contra la lluvia, nieve u hojas, y le brinda cierta protección contra las heladas.

Cuando los agregados se manejan con camiones y bulldozers, no deberán formarse en forma de conos porque esto produce segregación, al existir esto, el tamaño de las partículas quedan con una granulometría uniforme, desde un tamaño máximo en la base hasta el mínimo en la parte superior. Por lo siguiente se debe tener cuidado para evitar rupturas de los agregados, las partículas mayores de 40 mm. (1 ½") deben ponerse en las tolvas por medio de rampas para piedras, sin dejarlas caer nunca desde las alturas, el uso de los métodos incorrectos acentúan problemas con los finos y también causa segregación, rompimiento del agregado y una excesiva variación en la granulometría.

El material fino húmedo tiene menos tendencia a segregarse cuando se dejan caer materiales finos secos de cucharones o transportadores de banda, el viento puede llevarse los, para disminuir al mínimo la segregación, los materiales deben tomarse de los montones en capas de almacenamiento y tolvas dosificadoras. Esto sucede sobre todo cuando el agregado rueda por una pendiente en operaciones de descarga o de retirar excedentes. Un caso natural de este tipo de segregación es el de talud.

Es preciso mencionar una recomendación vital: el agregado grueso debe dividirse en fracciones de tamaños 5 a 10, 10 a 20, 20 a 40 mm, etc. Estas fracciones deben manejarse y almacenarse por separado y no volverse a mezclar, más que al introducirse en la mezcladora, en las proporciones deseadas. Así la segregación puede ocurrir tan solo dentro de la pequeña gama de tamaños de cada fracción e incluso esto puede reducirse si las operaciones de manejo se hacen con cuidado.

Los resultados de la segregación y las rupturas en el manejo, se eliminan por una reelección final que tiene lugar inmediatamente antes de introducir el material en las tolvas que van a dar en la mezcladora. Así se controlan las propiedades de distintos tamaños con mucha más efectividad pero al mismo tiempo se eleva en forma correspondiente el costo y la complejidad de las operaciones. Sin embargo esto se compensa por una colocación más fácil de un concreto de trabajabilidad uniforme y por posibles ahorros en cemento, gracias a la uniformidad del concreto

### **II.1.2. MEZCLADO DE MATERIALES PETREOS**

El mezclado de los materiales pétreos consiste en cubrir la superficie de todas las partículas del agregado con la mezcla formada con el agua y el cemento, a partir de todos los ingredientes se hace una masa uniforme para la elaboración del concreto.

Las proporciones en que se mezclan los distintos componentes varían de acuerdo con la granulometría de los agregados y con la resistencia final. Existen dos características en los agregados que tienen influencia sobre el proporcionamiento de las mezclas de concreto, porque afectan la trabajabilidad del concreto fresco:

1. La granulometría (tamaño de partícula y distribución).
2. La naturaleza de las partículas (forma, porosidad, textura).

Es importante para lograr una mezcla económica, porque afecta a la cantidad de concreto que pueda fabricarse con una cantidad determinada de cemento y agua. Los agregados gruesos deberán llegar al máximo tamaño práctico en las condiciones de trabajo. El tamaño máximo que se

puede usar depende del tamaño y del elemento de concreto que se vaya a colar y la cantidad de distribución del acero de refuerzo en el mismo.

### *Características deseables para los agregados*

Los agregados se consideran limpios si están exentos de exceso de arcilla, limo, materia inorgánica, sales químicas. El agregado es físicamente sano si retiene la estabilidad en su forma con cambios de temperatura o humedad y resiste la acción de la intemperie.

Para que un agregado pueda considerarse de resistencia adecuada debe ser capaz de desarrollar toda la resistencia del aglomerante.

### *Características físicas*

Las características físicas de los agregados tienen, una gran influencia sobre las propiedades y el comportamiento del concreto en el que intervienen, algunas sobre el concreto fresco y otras sobre el concreto endurecido.

#### **a) Composición granulométrica**

Es la característica que resulta de la distribución de tamaños de las partículas que lo constituyen, es uno de los rasgos más peculiares en los agregados, cuya influencia se hace sentir en el comportamiento de las mezclas de concreto fresco.

Para determinar esta composición, con frecuencia se denomina granulometría, se separa el material por medio de mallas con aberturas cuadradas, de dimensiones establecidas. A esta operación se le llama análisis granulométrico y con él se obtienen:

1. Proporción de arena y grava
2. Granulometría de la arena
3. Granulometría de la grava
4. Tamaño máximo de las partículas

### b) Peso específico

Las especificaciones para algunas obras de concreto al referirse a los agregados establecen que deben ser densos, sin mayor definición tratándose de los agregados para concreto en el medio nacional se acostumbra llamar densidad a lo que en la literatura técnica se conoce como peso específico en masa o peso específico aparente, en condición saturada y superficialmente seca.

El peso específico de un material se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa de igual volumen de agua destilada, libre de aire, a una temperatura donde si el material es un sólido, el volumen debe ser de porción impermeable por tratarse de una relación de conceptos con unidades iguales, el peso especificado no tiene unidades.

Cuando un agregado se satura, el agua ocupa prácticamente todos los vacíos que son permeables. Valores de pesos específicos que son comunes en agregados que se utilizan en concretos para usos diversos:

Clase de roca	Peso específico (Intervalo frecuente)	Aplicación
Pómez	1.2 - 1.8	Concreto ligero
Escoria volcánica	1.6 - 2.2	
Caliza	2.3 - 2.8	Concreto normal
Arenisca	2.3 - 2.6	
Cuarzo	2.4 - 2.6	
Granito	2.4 - 2.7	
Andesita	2.4 - 2.7	
Basalto	2.5 - 2.9	
Limonita	3.0 - 3.8	Concreto pesado
Barita	4.0 - 4.5	
magnetita	4.5 - 5.0	

### **c) Absorción**

La capacidad de los agregados para absorber agua suele depender del tamaño, continuidad y cantidad total de vacíos permeables que contienen. La absorción no es una característica que sea definitiva para calificar al agregado, si bien a mayor absorción se considera de baja calidad y viceversa.

El agua de absorción corresponde a la que un agregado es capaz de absorber durante 24 horas eliminando el agua superficial, es decir, llevándolo a la condición de saturación y superficialmente seco. El contenido de humedad corresponde a la cantidad total de agua que contiene un agregado, en un momento dado; puede ser menor o mayor que la absorción. En el caso anterior se dice que el agregado está subsaturado y en el segundo, sobresaturado.

Para la estimación de los consumos en ambos casos, se acostumbra considerar que, antes que el concreto llegue a fraguar, los agregados absorben o ceden el agua faltante o excedente para quedar en la condición saturada y superficialmente seca, en que solo contienen su agua de absorción.

### **d) Sanidad**

Define su aptitud para resistir y permanecer inalterables bajo condiciones de servicio que generan acciones destructivas promovidas por cambios de volumen en el concreto de que forman parte. Estas condiciones están representadas por los efectos de congelación y deshielo, periodos alternados de humedecimiento, secado y variaciones extremas de temperatura.

Como todas se relacionan con el medio ambiente que rodea al concreto la prueba con que se mide esa aptitud de los agregados, se denomina, intemperismo acelerado.

### **e) Sustancias deletéreas**

En esta categoría se incluyen todas las sustancias que, están presentadas en los agregados, pueden ser perjudiciales para la obtención de las propiedades en el concreto o en su comportamiento posterior. Aquí se mencionan las que forman parte de las propiedades físicas de los agregados; más

adelante se harán mención de las que corresponden a las propiedades químicas. Las sustancias que causan daño al concreto son numerosas; sin embargo, las que se presentan en los agregados con frecuencia como para justificar su reglamentación, son las siguientes:

### *Materiales muy finos*

Se presentan en tres formas principales: arcilla, limo y polvo de trituración, que a pesar de ser, indeseables, se toleran en cierta proporción. Sus efectos pueden consistir en un aumento en el requerimiento de agua del concreto con sus consecuencias probables (disminución de resistencia y aumento de contracción), o en una interferencia con la adherencia del agregado y la pasta de cemento, y con el proceso de hidratación del cemento.

### *Impurezas orgánicas*

Algunos tipos de materia orgánica pueden causar interferencia en la hidratación normal del cemento. La presencia de estas impurezas es más frecuente y difícil de eliminar en la arena que en la grava, de ahí que las pruebas usuales de cuantificación se acostumbran efectuar en la arena. Las partículas suaves se detectan en la grava, donde sus efectos resultan más notables. Su determinación se realiza por inspección visual, o por medio de la prueba de dureza al rayado. Las partículas desmenuzables consisten en terrones de arcilla que de acuerdo con su tamaño, pueden estar presentes en la arena o grava. Se estima que los terrones más perjudiciales son aquellos que no se rompen con el mezclado y posteriormente pueden ocasionar problemas en el concreto endurecido.

### **f) Resistencia a la abrasión**

La resistencia a la abrasión de la grava se considera importante cuando el concreto está expuesto a cualquier acción que produzca desgaste o erosión, ya sea de carácter mecánico o hidráulico. Como esta resistencia se acostumbra medir con una prueba que somete la grava a una combinación de fuerzas de impacto y desgaste superficial, los resultados se amplían para considerar el índice de calidad y medir la aptitud potencial del agregado grueso para producir concreto resistente.

### **g) Forma y textura de partículas**

Estas características de los agregados, que posiblemente no han recibido suficiente atención, suelen influir en el comportamiento del concreto en su estado fresco y endurecido, la forma deseable en las partículas dependen de la clase del concreto y el nivel de resistencia que se requiere. Hay ocasiones en que las partículas trituradas muy alargadas y las excesivamente esféricas son igualmente indeseables, las primeras por efectos adversos sobre la manejabilidad del concreto y las segundas por falta de adherencia que limitan la posibilidad de obtener resistencias muy altas. La textura superficial para fines prácticos, generalmente se define como el grado de aspereza o rugosidad que presenta la superficie de las partículas.

Esta característica casi siempre se deriva de la naturaleza de la roca y del origen de los agregados (naturales o manufacturados).

### **h) Expansión térmica**

El concreto endurecido, como cualquier otro material, es susceptible de experimentar cambios de volumen por variaciones de temperatura, dependiendo esta característica en mayor grado del tipo y contenido de grava que de cualquier otro de sus componentes. La aptitud de un material para cambiar de dimensión con la temperatura se mide por el coeficiente de expansión térmica lineal, que es el cambio de dimensión que ocurre en la unidad de longitud por cada variación unitaria de temperatura.

### **i) Resistencia y elasticidad**

Con las especificaciones de los agregados para concreto, solo se establece que deben ser resistentes. Con lo cual se quiere decir que deben tener suficiente resistencia para permitir el total desarrollo de la resistencia potencial de la pasta de cemento que actúa como matriz cementante ya que, de otro modo, la resistencia propia de los agregados actuaría como límite del concreto.

Las propiedades elásticas del concreto pueden resultar afectadas tanto por la pasta de cemento como por los agregados, principalmente la grava. Estos últimos con una influencia más



determinante ya que siempre se representa la mayoría. La elasticidad, se entiende como la deformación que es recuperable de la deformación total que se experimenta de un cuerpo bajo la acción de una carga, es capaz de manifestar enormes variaciones de uno a otro material. Aún entre las rocas, son notables las variaciones; por ejemplo, las rocas ígneas y sedimentarias compactas son menos deformables que las metamórficas de resistencia semejante.

### *Contenido de agua*

Las variaciones en el contenido de humedad surgen no solamente en entregas recientes, sino también por los cambios de clima y el tiempo de almacenamiento en las pilas. Aunque es difícil, la humedad del agregado debe tratar de conservarse constante. Una manera de hacerlo es tener la mayor provisión posible de agregado, y dejarlo reposar durante al menos 16 horas antes de emplearlo para que escurra el exceso de agua.

Los agregados de grava, generalmente están húmedos en el momento de la entrega en obra, pero como el exceso de agua puede escurrir fácilmente, el contenido de humedad no varía demasiado, los agregados gruesos de roca triturada, casi siempre se entregan secos, no afectan mucho el contenido de agua de la mezcla de concreto.

La arena es la que más problemas causa por los cambios en el contenido de agua, si la arena se recibe regularmente en estado húmedo y las cargas varían en gran medida en su contenido de humedad. debe tenerse cuidado extremo. Una arena que se ha apilado y dejado drenar durante 16 horas, tendrá un contenido de humedad de alrededor del 5%. Sin embargo las arenas por lo general entregadas con contenidos de humedad del 7 al 10% y hasta del 15% por lo que pueden afectar la mezcla.

El uso de agregados que tienen cantidades variables de agua libre, es una de las causas más frecuentes de la pérdida de control de la consistencia del concreto (revenimiento), en algunos casos pueden ser necesario mojar el agregado grueso en las pilas de almacenamiento o en las bandas transportadoras, para compensar el alto grado de absorción o suministrar enfriamiento.

En estos casos los agregados gruesos se deben pasar sobre cribas secadoras apropiadas para impedir que el exceso de agua vaya a las tolvas, se debe dar tiempo suficiente para el drenaje del agua libre del agregado fino, antes de trasladarlo a las tolvas de la planta dosificadora.

El tiempo de almacenaje que se necesita depende, de la granulometría y la forma de las partículas del agregado. La experiencia demuestra que un contenido de humedad del 6%, y de vez en cuando del 8%, se mantendrá estable en el agregado fino.

El uso de medidores de humedad para indicar variaciones en la humedad del agregado fino al dosificarlo, y el uso de compensadores de humedad para el rápido ajuste de peso en la dosificación, puede reducir al mínimo la influencia de la variación de humedad en el agregado fino.

### **Muestras de prueba**

Las muestras representativas de los diferentes tamaños que se dosifican se deben tomar lo más cerca posible del punto de su introducción al concreto. La dificultad en conseguir muestras representativas aumenta con el tamaño del agregado. Por lo tanto, los aparatos de muestreo que se utilizan requieren de un cuidadoso diseño si se desea obtener resultados de pruebas significativos.

Es bueno tener un promedio de 5 a 10 pruebas de granulometría anteriores, eliminando los resultados de las más antiguas y agregando las más reciente al total sobre el cual se calcula el promedio. Esta granulometría promedio se puede emplear tanto para el control de calidad como para dosificar la mezcla. Los agregados finos y gruesos, al descargarse en tolvas dosificadoras, deben ser de buena calidad, uniformes en granulometría y contenido de humedad. La producción de un concreto uniforme será difícil si no se siguen las especificaciones relativas a la selección, preparación y manejo adecuado de los agregados.

En general se almacenan en plantas dosificadoras antes de cargarlos en la mezcladora. Estas plantas tienen equipo para pesar y control, tolvas o depósitos para almacenar el cemento y los agregados pétreos. La dosificación se controla con báscula manual o automática.

La mano de obra del mezclado de concreto es excesivamente costosa por ello, no es sorprendente que las mezcladoras mecánicas se usen desde hace mucho tiempo. Siempre que es posible, se utiliza el mezclado con máquinas para lograr el mezclado y consistencia uniforme de cada carga, no es de sorprender que su calidad revista considerable importancia, el agregado limita la resistencia y además afecta la durabilidad y el comportamiento estructural del concreto, ya que el agregado confiere considerables ventajas técnicas al concreto, el cual tiene más estabilidad de volumen de la pasta de cemento sola.

Es esencial un mezclado completo para la producción de un concreto uniforme. Por lo tanto, el equipo y los métodos empleados deben ser capaces de mezclar eficazmente los materiales de concreto que contengan mayor tamaño de agregado especificado, para producir mezclas uniformes con el menor revenimiento que sea práctico para el trabajo. Ha sido ampliamente reconocida la importancia del mezclado completo para el desarrollo total de la mezcla. Desde los primeros estudios del concreto se encontraron incrementos de resistencia con el mezclado continuo, pero estos se vuelven despreciables después de un aumento rápido.

El concreto común hecho con agregados pétreos de peso normal se ha usado cada vez mayor como un material estructural desde principios del siglo y se han realizado numerosas investigaciones sobre sus propiedades. Se debe ahora, como los cambios en las propiedades de los materiales, así como sus proporciones de mezclas relativas que afectan la resistencia al corte y a la compresión. El efecto de los cambios en las proporciones de las mezclas sobre algunos de estos factores es semejante su efecto sobre la resistencia a la compresión. El agregado es más económico que el cemento, por lo tanto resulta económico poner la mezcla un máximo de agregado y el mínimo posible de cemento.

Las mezcladoras fijas deben estar equipadas con dispositivos para regular el tiempo a fin de evitar insuficiencia o exceso en el mezclado. la cantidad de mezcla no debe exceder de la capacidad nominal que el fabricante señale en el rotulo de la mezcladora. Se debe dar un mantenimiento apropiado para impedir la salida del mortero y material seco, la superficie interior de las mezcladoras debe guardarse limpia y reemplazar las paletas gastadas.

Los medios para determinar el rendimiento de las mezcladoras se basan en resultados de pruebas entre dos o más muestras tomadas de diversos puntos de mezcla, o entre muestras distintas tomadas en un mismo punto, y en un promedio de todas las muestras, las cuales deben arrojar una uniformidad con diferencias tolerables. El tiempo de mezclado debe basarse en la capacidad de la mezcladora para producir un concreto uniforme en cada mezcla y mantener la misma calidad en las mezclas siguientes. La uniformidad entre mezclas de concreto de una mezcladora; particularmente en cuanto al revenimiento, requisitos de agua, y contenido de aire, también depende de la uniformidad de la temperatura del concreto. Es importante que las temperaturas máximas y mínimas del concreto sean controladas durante todas las estaciones del año.

### *Mezclado mecánico*

Los tipos más comunes de mezcladoras son: de tambor, eje vertical y aspas en espiral; la importancia de el volumen de la revoltura, el tipo y la consistencia del concreto, así como el tipo de mezcladora, intervienen para fijar el periodo en el cual es significativo el aumento de resistencia con el tipo de mezclado. Las revolturas de camión requieren mayor tiempo de mezclado que las revolturas estacionarias por las diferencias en la acción de mezclado. No es adecuado fijar un periodo de mezclado únicamente con base en el tiempo, debido a la velocidad variable a la cual trabaja el tambor y las paletas, la velocidad de rotación para el mezclado no debe de ser menor de 8 rpm, (revoluciones por minuto) contrario a lo que se creía, se ha observado que la mejor uniformidad se obtiene más rápidamente a velocidades de 14 a 18 rpm y que la velocidad periférica no debe de ser limitada a lo acostumbrado de 69 m<sup>3</sup> por minuto.

Un mezclado muy prolongado después de que se ha obtenido la homogeneidad del concreto, puede ser dañoso en cualquier tipo de mezcladora, el revenimiento se reduce y si se daña de agua para restaurar el original, la resistencia puede disminuir. Un mezclado prolongado y continuo en una revoladora estacionaria es nocivo con algunos agregados, debido a que se produce cierta trituración de los ingredientes. La importancia de cargar tanto para las mezcladoras fijas como las de camión, para obtener un efecto de premezclado es cuando la corriente fluye dentro de la mezcladora. Es preferible que el cemento se cargue junto con otros materiales, pero debe entrar en la descarga el 10% del agregado en la mezcladora.

El agua debe entrar primero a la mezcladora, y continuar fluyendo mientras los demás ingredientes se van cargando. Las tuberías para cargar el agua deben ser de diseño apropiado y de tamaño suficiente de manera que el agua entre bien a la mezcladora y termine de introducirse dentro de un 25% inicial del tiempo de mezclado. Sin embargo los tiempos deben determinarse empleando los resultados de las pruebas de efectividad de la mezcladora que se practiquen a intervalos regulares, mientras que dure la obra. Si el concreto se ha mezclado correctamente y hay uniformidad de la temperatura, las muestras tomadas de diferentes porciones de una mezcla tiene esencialmente el mismo peso unitario, proporción del aire, revenimiento y proporción del agregado grueso.

### **11.1.3 CONCRETO HIDRAULICO COMPARADO CON OTROS MATERIALES DE CONSTRUCCION**

Primeramente debemos saber que es o porque se le llama concreto hidráulico; se le dice así porque los elementos del cemento fragua y endurecen al reaccionar con agua y a esta reacción se le llama hidratación, al hacer la mezcla de elementos activos e inertes creamos un concreto hidráulico o mejor dicho una reacción química que da forma a una masa plástica que posteriormente endurece, dando muchas ventajas sobre otros materiales de construcción (maderas, plásticos y rocas). Es muy claro que el concreto hidráulico tiene muchas ventajas sobre otros materiales, mencionaremos algunas ventajas a continuación:

- Bajo costo de fabricación y conservación, adaptabilidad a cualquier forma, alta resistencia a la compresión, resistencia a fenómenos naturales y rapidez de ejecución, pero también tiene desventajas con otros materiales de construcción como son las vigas de acero o las propias armaduras, que también resisten lo mismo que el concreto y además tienen una elasticidad límite la cual el concreto no la tiene tan alta.

Para darnos una idea el concreto resiste más que algunos materiales pero también esa resistencia puede ser baja comparado con otros materiales. Aunque el concreto es un material con algunos aspectos elásticos, con los demás es sumamente plástico. Las características plásticas del concreto han contribuido mucho a su éxito y se debe en gran parte a su popularidad y versatilidad.

El concreto no es el único material parcialmente elástico y parcialmente plástico, pero es el único en el que muchas de sus propiedades estructurales dependen de la edad, tiempo, condiciones ambientales de temperatura y de humedad. Por esta razón el constructor debe comprender las propiedades mecánicas y físicas del concreto: no es posible confiar en los valores numéricos de un manual.

Existe otro detalle del concreto que lo distingue de los demás materiales estructurales: su elevada resistencia a la compresión combinada con una baja resistencia a tensión. Antes, el agrietamiento se consideraba como una falla de proyecto o mano de obra; Sin embargo, el análisis cuidadoso ha demostrado que cuando el concreto reforzado se somete a condiciones de esfuerzos normales y razonables, se producen agrietamientos, sin embargo, se mantiene satisfactorio su capacidad de carga y su vida útil, siempre y cuando las grietas no sean muy grandes.

La clasificación que se haga de la anchura de las grietas y las deformaciones se debe tomar en cuenta para proyectar y debe ser capaz de evaluar la resistencia y la deformación del concreto en cualquier clima. Esto explica la importancia de considerar en el proyecto las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

El concreto fabricado con el cemento portland tiene un uso extenso como material de construcción debido a sus características favorables. Una de las más importantes es la alta relación resistencia-costo, otra es que el concreto mientras esta en estado plástico puede colocarse con facilidad dentro de la cimbra a temperatura normal para producir casi cualquier forma, la cara expuesta puede trabajarse a una superficie dura, lisa o áspera, capaz de soportar el efecto del desgaste por el tráfico de camiones o peatones.

Además, el concreto tiene una alta resistencia al fuego y a la penetración al agua, así como monolitismo que elimina todos los problemas de enlace y carácter pétreo, base de su durabilidad que le permite buen comportamiento frente a las tempestades del clima.

El concreto tiene ciertas desventajas, una de las más importantes es que el control de calidad no es tan bueno como el de otros materiales de construcción, otra es que el concreto es un material de relativa fragilidad, su resistencia a la tensión es muy pequeña comparada con su resistencia a la

compresión, no obstante esta desventaja puede contrarrestarse reforzando o preforzando el concreto con acero. La combinación de los 2 materiales, el concreto reforzado o armado, posee muchas de las mejores propiedades de cada uno.

La madera como material de construcción, en sus principios fundamentales de análisis y diseño se basan en el comportamiento elástico lineal del material. La madera tiene características particulares que el Ingeniero debe tomar en cuenta durante el proceso de diseño y construcción. Los procedimientos utilizados para obtener la información sobre el comportamiento mecánico y la resistencia de la madera se apoyan en varios enfoques básicos como:

#### **a) Comportamiento bajo tensión**

La máxima resistencia a tensión de la madera se presenta en la dirección paralela a las fibras, es decir en la dirección en que están orientadas las cadenas de las moléculas de celulosa. Existe poca información sobre el comportamiento de la madera sometida a tensión, se debe esto a que no ha sido posible idear un tipo de ensayo sencillo que de resultados confiables. Para un contenido de humedad del 12%, la resistencia a tensión paralela a las fibras varían desde unos 3000 kg/cm<sup>2</sup>, según la densidad de la especie.

#### **b) Con excepción de algunas maderas duras**

La resistencia en tensión y compresión son del mismo orden, la resistencia a compresión de la madera en dirección paralela a las fibras varían aproximadamente de la mitad a la tercera de su resistencia a tensión en la misma dirección. Esta diferencia puede explicarse por la influencia del fenómeno de pandeo en las fibras individuales de la madera, cuyo comportamiento puede equipararse al de una columna.

En la figura se aprecia una curva esfuerzo-deformación típica de la madera sometida a compresión longitudinal, se observa que el comportamiento en compresión es fundamentalmente elástico como en el caso de tensión, el módulo de elasticidad es casi idéntico para los dos tipos de esfuerzo

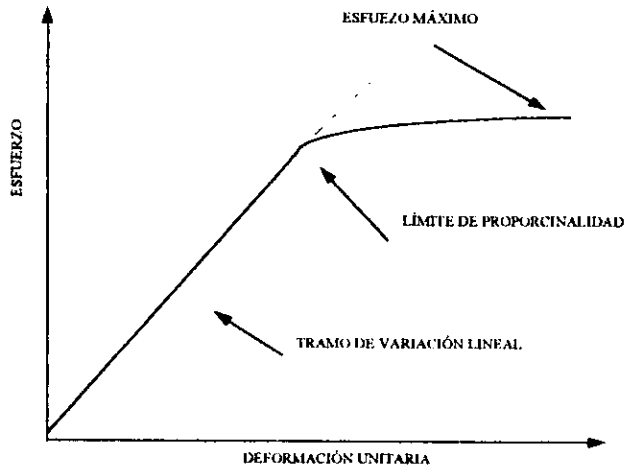


Fig.10 Diagrama esfuerzo-deformación unitaria típica para la madera.

La resistencia a compresión paralela a las fibras para un contenido de humedad de 10% varía de 100 a 1600 kg/cm<sup>2</sup> según la densidad de la especie.

### c) Comportamiento bajo flexión

En esta figura se muestra una gráfica carga-deformación de una muestra de madera sometida a una carga transversal que produce flexión.



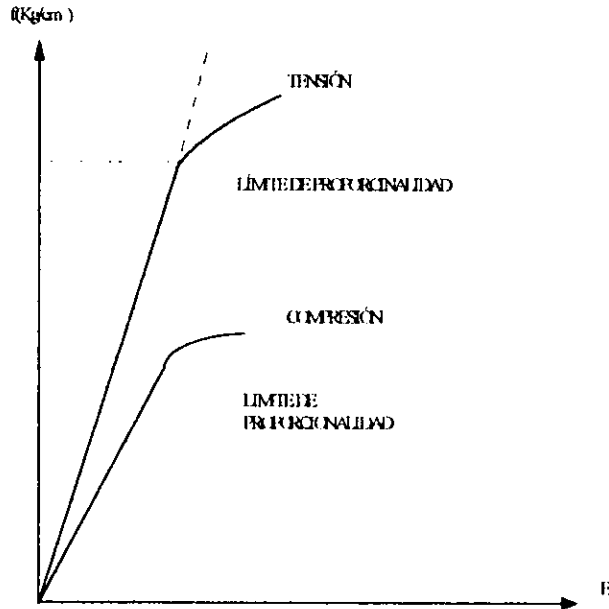


Fig. 11 Gráfica carga-deformación de una muestra de madera

Después de que la carga alcanza su valor máximo la muestra sigue deformándose paulatinamente a medida que la carga va disminuyendo, así la flexión estática de la fractura de la madera no es repentina. Este comportamiento se debe a las diferencias de la relación esfuerzo-deformación de la madera sometida a compresión o tensión. Por regla general las fallas por flexión se inician con el aplastamiento de las fibras extremas sometidas a compresión, a lo que sigue a las rupturas de las fibras en tensión.

#### d) Comportamiento bajo tensión

La resistencia de la madera a esfuerzos producidos por torsión es del mismo orden que su resistencia a esfuerzo cortante paralelo a las fibras. El esfuerzo cortante por torsión es el límite de proporcionalidad es aproximadamente igual al 70% del esfuerzo cortante correspondiente a la falla.

### e) Dureza

La dureza de la madera se mide generalmente por medio de la prueba JANKA, que consiste en determinar la fuerza en kilogramos que se necesita para hacer penetrar en la madera una esfera de acero de 0.444 pulg. La dureza es un buen índice de la resistencia a la abrasión o al desgaste, por otra parte existe una buena correlación. Entre la dureza JANKA sobre las superficies laterales y la resistencia a la compresión perpendicular a las fibras.

### f) Resistencia a la hendidura

Se refiere a la resistencia que ofrece la madera al ser rajada en sentido longitudinal como cuando se hace leña con una hacha, o la resistencia a la propagación de las grietas que pueden producirse por el efecto de cuña que se presenta cuando se penetra un clavo. Puede obtenerse un índice de la resistencia de la madera a la hendidura por medio de pruebas como se demuestra en la figura. En general la madera como material de construcción es aplicable para la construcción de casas pequeñas, al igual que obras como puentes ya que muy raro son utilizables, pero en grandes edificaciones es utilizable el acero y el concreto.



a) HENDIDURA POR PENETRACION DE UN CLAVO



b) PROBETA PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA HENDIDURA

Fig. 12 prueba a la hendidura de la madera

El acero tiene gran importancia a la tensión del cual el concreto no posee, se denomina acero a las aleaciones de hierro forjables, que se obtienen en líquido por fusión en crisoles. de barras de hierro cementadas y que adquieren gran dureza al templar. Generalmente tiene de 0.7 a 1.4% de carbono. Los aceros se clasifican en tres grandes grupos teniendo en cuenta sus propiedades y utilización:

tierra al petróleo líquido que se encuentra almacenado a cierta precisión y temperatura, el petróleo es precisamente de base asfáltica.

**Concreto hidráulico.-** “ El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. ”

**Cemento portland.-** “ El cemento portland artificial es el producto obtenido por molienda fina de clinker producido por calcinación hasta la temperatura de fusión incipiente, de una mezcla íntima rigurosa y homogénea de materiales arcillosos y calcáreos, sin adición posterior a la calcinación excepto yeso calcinado ó no y en cantidad no mayor que el 3%. ”

Los cementos están formados por cuatro compuestos principales, que a continuación se dan con sus formulas químicas y abreviaturas.

SILICATO TRICALCICO	$(3CaOSiO_2)$ ----- $C_3S$
SILICATO DICALCICO	$(2CaOSiO_2)$ ----- $C_2S$
ALUMINATO TRICALCICO	$(3CaOAl_2O_3)$ ----- $C_3A$
FERROALUMINATO TETRALCICO	$(4CaOAl_2O_3Fe_2O_3)$ ----- $C_4AF$

Puede determinarse aproximadamente el porcentaje de cada compuesto con el análisis químico del cemento. Los conocimientos actuales de la química del cemento, indican que estos compuestos tienen las siguientes propiedades:

**Silicato tricálcico.-** Endurece rápidamente y es el factor principal de fraguado inicial y del rápido endurecimiento. En general la resistencia prematura del cemento es mayor al aumentar los porcentajes de  $C_3S$ .

**Silicato dicálcico.-** Endurece lentamente y contribuye en gran parte al aumentar la resistencia a edades mayores de una semana.

tierra al petróleo líquido que se encuentra almacenado a cierta precisión y temperatura, el petróleo es precisamente de base asfáltica.

**Concreto hidráulico.-** “ El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. ”

**Cemento portland.-** “ El cemento portland artificial es el producto obtenido por molienda fina de clínker producido por calcinación hasta la temperatura de fisión incipiente, de una mezcla íntima rigurosa y homogénea de materiales arcillosos y calcáreos, sin adición posterior a la calcinación excepto yeso calcinado ó no y en cantidad no mayor que el 3%. ”

Los cementos están formados por cuatro compuestos principales, que a continuación se dan con sus formulas químicas y abreviaturas.

SILICATO TRICALCICO	( $3\text{CaOSiO}_2$ ) -----	$\text{C}_3\text{S}$
SILICATO DICALCICO	( $2\text{CaOSiO}_2$ ) -----	$\text{C}_2\text{S}$
ALUMINATO TRICALCICO	( $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ ) -----	$\text{C}_3\text{A}$
FERROALUMINATO TETRACALCICO	( $4\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$ )-----	$\text{C}_4\text{AF}$

Puede determinarse aproximadamente el porcentaje de cada compuesto con el análisis químico del cemento. Los conocimientos actuales de la química del cemento, indican que estos compuestos tienen las siguientes propiedades:

**Silicato tricálcico.-** Endurece rápidamente y es el factor principal de fraguado inicial y del rápido endurecimiento. En general la resistencia prematura del cemento es mayor al aumentar los porcentajes de  $\text{C}_3\text{S}$ .

**Silicato dicálcico.-** Endurece lentamente y contribuye en gran parte al aumentar la resistencia a edades mayores de una semana.

**Aluminato tricálcico.-** Libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de endurecimiento. También contribuye ligeramente a la resistencia temprana, los cementos con bajos porcentajes de este compuesto son especialmente resistentes a los suelos y aguas que contengan sulfatos.

**Ferroaluminato tetracálcico.-** Es un componente prácticamente inactivo, útil como fundente, pues reduce las temperaturas de cocción y facilita reacciones químicas.

Analizaremos las clasificaciones del cemento portland para determinar los tipos óptimos del concreto requeridos para la construcción.

#### Tipo I.- Normal

Es el adecuado para todos los usos en que no se requiere las propiedades especiales de los otros tipos. Se usa donde el cemento o el concreto no está sujeto al ataque de factores específicos, como a los sulfatos del suelo, agua, elevaciones perjudiciales de temperatura, debido al calor generado en la hidratación. Entre sus usos se incluyen pavimentos y aceras, edificios de concreto entre otras cosas.

#### Tipo II.- Moderado

Se usa cuando son necesarios contra el ataque moderado por los sulfatos, como en las estructuras de drenaje, donde la concentración de sulfatos en las aguas subterráneas son algo más elevadas que lo normal. Por lo que genera menos calor, si se especifica el calor máximo de hidratación para el cemento, puede usarse en las estructuras de gran masa, como en las grandes pilas, estribos gruesos y en los muros de contención gruesos, con su uso disminuye al mínimo la elevación de temperatura, lo que es especialmente importante cuando el concreto se cuele en climas cálidos.

#### Tipo III.- De rápido endurecimiento

Permite obtener con rapidez, elevadas resistencias; usualmente en una semana o menos. Se usa cuando se tienen que retirar los moldes lo más pronto posible o cuando la estructura se debe de

poner en servicio rápidamente. En tiempo de clima frío, su uso permite reducir el periodo de curado controlado.

#### Tipo IV.- De bajo calor de hidratación

Es para usarse donde el grado y la cantidad de calor generado se debe reducir al mínimo. El cemento de tipo IV adquiere resistencia más despacio que el cemento normal.

Sus propiedades son las necesarias para usarse en estructuras de concreto de gran masa, como las grandes presas de gravedad, donde la elevación producidas en la temperatura por el calor generado durante el endurecimiento es un factor crítico.

#### Tipo V.- Resistente a los sulfatos

Se usa solamente en concreto sujeto al efecto intenso de los sulfatos, principalmente donde los suelos o el agua subterránea tenga una concentración elevada de sulfatos. Su resistencia aumenta más lentamente que el cemento de tipo normal.

### *Tipos de concreto y usos*

#### **Concreto ligero**

El concreto ligero proporciona mejor aislamiento térmico que el concreto normal. El rango práctico de densidades del concreto ligero es de 300 a 1800 kg/m<sup>3</sup>. Existen tres métodos para producir concreto ligero. En el primero se emplea un agregado ligero poroso de baja densidad relativa aparente en vez de agregado normal cuya densidad relativa es aproximadamente 2.6.

El contenido de cemento varia desde el mismo que el agregado normal hasta para la resistencia del concreto. No existe correlación entre la resistencia del agregado como tal y la resistencia del concreto hecho con dicho agregado, pero si existe un tope superior de resistencia sobre el cual, el aumento del contenido de cemento incrementa muy poco la resistencia del concreto.

Muchos de los agregados ligeros son: Angulares y tienen una superficie áspera que produce mezclas ásperas, las cuales son más adecuadas para producción en serie de bloque para construcción en trabajos en obra.

La trabajabilidad de las mezclas de agregado ligero que tienden a ser ásperas también mejoran considerablemente mediante la inclusión de aire: se reduce el requerimiento de agua, y con ello la tendencia al sangrado y la segregación. La velocidad de adquisición de resistencia del concreto ligero es similar a la del concreto normal en las mismas condiciones de curado, pero es menos sensible al curado húmedo. Debido a la naturaleza del agregado, resistencia a la abrasión del concreto, el agregado ligero no es muy buena.

Segundo método para producir concreto ligero consiste en la formación de grandes cavidades dentro del concreto. Este tipo de concreto se conoce con diversos nombres como concreto airado, celular, espumoso o gasificado.

Tercer método para obtener concreto ligero es simple, omitiendo el agregado fino de manera que queden en ella grandes cavidades. Este concreto se le conoce con el nombre de concreto sin finos.

### **Usos**

Se utiliza para la producción de piedras artificiales como, lajas para fachadas, tabiques, tabicones (block) y bobedillas, es un material adecuado para ser aislante del calor y al sonido a la cantidad de vacíos que contiene el agregado. El concreto ligero también puede clasificarse de acuerdo con el uso que se le va a dar. Se distingue entre el concreto ligero estructural y el concreto empleado en muros divisorios con fines de aislamiento y similares. La característica principal del concreto aislante es su coeficiente de conductividad térmica.

### **Propiedades**

Esencialmente, la disminución de la densidad se obtiene en cada caso gracias a la presencia de cavidades, ya sea en el agregado, en el mortero entre las partículas gruesas. Es obvio que la

presencia de estas cavidades reduce la resistencia del concreto ligero, en comparación con la del concreto normal, pero en muchas aplicaciones no es esencial una resistencia elevada. El concreto ligero proporciona buen aislamiento térmico y tiene durabilidad satisfactoria, pero no es resistente a la abrasión.

### **Concreto Simple**

Su peso volumétrico varía entre 1.9 y 2.2 Ton/m<sup>3</sup>. Este se puede utilizar para la construcción de banquetas y pisos en general que no sufran tensiones elevadas. Debemos de considerar el esfuerzo necesario para que el concreto soporte las tensiones debidas a contracciones y expansiones ocasionadas por los cambios de temperatura.

### **Concreto Armado**

El concreto simple tiene una resistencia a la tensión tan reducida que nunca se utiliza en elementos bajos este tipo de acción, y para resistir dichas tensiones se emplea el refuerzo de acero en forma de barras colocadas en las zonas donde se prevee que desarrollan dichas tensiones bajo acciones de servicio. El acero de refuerzo restringe las grietas originadas por la poca resistencia a la tensión del concreto. A esta combinación de concreto simple con refuerzo constituye lo que se llama concreto reforzado o armado. Su peso volumétrico varía entre 2.2 y 2.40 Ton/m<sup>3</sup>. En cuanto a su uso lo podemos utilizar en traveses, losas, banquetas o pisos de carga, castillos, tanques de almacenamiento de agua.

### **Concreto Pre-esforzado o Pretensado**

Es aquel al cual se le introducen esfuerzos internos con el fin de reducir los esfuerzos potenciales de tensión derivados de las cargas que resulten de dicho concreto; es utilizado en elementos estructurales de una longitud grande mayor de 10 m.

Como decimos su uso es posible en traveses de puentes, ductos de agua a presiones elevadas. El pretensado se lleva a cabo antes de que fragua el concreto.



### **Concreto de Densidad Elevada (Concreto Pesado)**

Su peso varía entre 2.4 hasta 3.5 Ton/m<sup>3</sup>. El concreto pesado funciona como material de blindaje para proteger a los obreros, equipo de rayos X, rayos gamma y radiaciones de neutrones, así como para la construcción de contrapesos para puentes. Uno de los agregados naturales más comunes es la barita o escarcha de hierro. Tiene una densidad relativa de 4.1 y se encuentra en forma de roca natural con una pureza del 95% aproximadamente. Otros tipos de agregados pesados que se han empleado son los minerales de hierro: magnetita, limonita, hematita, geotita y la luminita. También se usan agregados pesados artificiales, principalmente el acero y el ferrosfuro y en algunas veces el plomo.

#### **Usos**

Principalmente las cimentaciones y estructuras es decir construcciones macizas y de resistencia.

#### **Propiedades**

Además de sus funciones relacionadas con la radiación y la atenuación de neutrones, el concreto empleado debe poseer buenas propiedades estructurales en condiciones de operación a temperaturas elevadas, las propiedades se incluyen comportamiento satisfactorio con respecto a la conductividad térmica, expansión térmica, contracción y fluencia. Los concretos especiales son los que se producen con técnicas desacostumbradas y tienen propiedades excepcionales. Existen muchos de estos concretos, concreto ligero, concreto muy pesado, concreto sin revestimiento, concretos blancos y los concretos coloreados.

### **Concreto Aislador Ligero**

Este es un concreto especial que se produce con técnicas desacostumbradas y que tienen propiedades excepcionales, los pesos unitarios en los concretos ligeros secos para aislamiento térmico pueden variar de 15 a 90 libras por pie cúbico y sus resistencias a la compresión a los 28 días varían de 100 psi. debido a su elevada proporción de aire, los revenimientos hasta de 10 pulg. Son

usualmente satisfactorios, sin embargo, la apariencia de la mezcla puede indicar su consistencia en forma más segura que el revenimiento. EL requisito sobre resistencia dependen del uso que se les quiera dar al concreto. Por ejemplo puede ser satisfactorios para el aislamiento de líneas de vapor subterráneos con una resistencia a la compresión de 100 psi. y aún menor, los rellenos aisladores de los techos requieren que se gane la resistencia rápidamente.

### **Concreto sin Revenimiento**

Generalmente se refiere a concretos que tienen consistencias menores que las correspondientes al revenimiento de 1". Aunque estos concretos son muy secos, y deberán ser suficientemente manejables para colarse y consolidarse con el equipo que se use en la obra. Los métodos que se mencionan aquí no se aplican necesariamente a las mezclas para fabricar unidades de mamposterías ni para compactar usando las técnicas de centrifugación.

### **Concreto Blanco**

Para producir concreto blanco se debe usar cemento blanco, este se usa en la misma forma que los otros cementos hidráulicos y tienen las mismas propiedades excepto su color que es blanco. Al hacer concreto blanco deberán elegirse agregados y agua que no contengan materiales que decoloran el concreto. Con frecuencia se utilizan agregados blancos o de color claro. El aceite que puede manchar el concreto no deberá usarse en las cimbras. Deberán evitarse los materiales para el curado que puedan producir manchas, las losas podrán curarse usando papel impermeable que no manche. El papel deberá traslaparse y pegarse en las uniones con un material que no manche.

### **Concreto Airado**

Un medio de obtener concreto ligero es introducir burbujas de gas dentro de la mezcla fluida de cemento y arena para producir un material de estructura celular, bastante similar al hule espuma, existen dos métodos básicos para producir la aireación, dándose un nombre al producto final de cada uno. El concreto justificado. Se obtiene por una reacción química que genera gas en el mortero fresco, de manera que al fraguar contiene gran número de burbujas de gas. El mortero debe tener la consistencia correcta para que el gas pueda expandir el mortero sin escaparse.

El concreto airado se utiliza principalmente para muros divisorios con fines de aislamiento térmico por su baja conductividad térmica, y como protección contra el fuego, ya que ofrece mayor resistencia al fuego de bloques o elementos.

El concreto airado no tratado no debe exponerse a una atmósfera agresiva.

### **Concretos sin Finos**

El concreto sin finos es una forma de concreto ligero obtenido cuando se prescinde del agregado fino, es decir, formado solo de cemento, agua y agregado grueso. El concreto sin finos es, un aglomerado de partículas de agregado grueso rodeadas por un recubrimiento de pasta de cemento de hasta 1.3 mm de espesor.

Existen grandes poros dentro del cuerpo del concreto que son la causa de su baja resistencia, pero esto se significa que no puede tener lugar ningún movimiento capilar de agua.

### **Concreto Ciclopeo**

El concreto ciclopeo puede ser armado o no; esta formado por concreto simple al que se le adicionan piedras del tamaño que queramos (siempre y cuando tengamos facilidades de vaciarlas correctamente) en el lugar del elemento estructural en el caso de que sea un elemento estructural, u otro caso de que sea un concreto armado es condición necesaria de que el tamaño máximo del agregado sea capaz de pasar por la cuadrícula del refuerzo.

### **Concreto Reforzado con Fibra**

Se trata de un material compuesto por pasta de cemento, mortero o concretos con fibras de asbestos, vidrio, plástico. Estos suelen ser útiles cuando es preciso absorber una gran cantidad de energía (cargas explosivas) o cuando se desea una alta resistencia a la tensión y la reducción en el agrietamiento, existen diversos problemas relacionados con fibras y se precisan conocimientos especializado para utilizarlos.

### **II.1.5. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL CONCRETO HIDRAULICO**

Los agregados ocupan generalmente el 70% del volumen del concreto. Por lo tanto, sus características influyen en las proporciones de la mezcla de concreto y la economía. Deben satisfacer ciertos requisitos y consistir en partículas limpias, resistentes, durables, y duras, los agregados más comunes son: arena y grava, que producen concreto de peso normal. La resistencia al desgaste de un agregado se usa con frecuencia como indicador general de la calidad del agregado, también la resistencia a la congelación es una característica importante del concreto, que va ha quedar expuesto a la intemperie, la resistencia a la congelación y fusión de un agregado, esta relacionado con la porosidad, absorción y estructura porosa. Se considera que los agregados tienen estabilidad química cuando no reaccionan químicamente con el cemento en forma peligrosa, ni sufren la influencia química de otras fuentes externas. Por otra parte el cemento forma la parte más importante para la elaboración del concreto para conocer dichas propiedades del concreto se deben tomar en cuenta las propiedades del cemento.

#### **Silicato Tricalcico $3CaOSiO_2 = C_3S$**

Endurece rápidamente, es el principal factor del fraguado inicial y del rápido endurecimiento. En general la resistencia prematura del cemento es mayor al aumentar los porcentajes de  $C_3S$ .

#### **Silicato Dicalcico $2CaOSiO_2 = C_2S$**

Endurece lentamente y contribuye en gran parte al aumento de la resistencia y edades mayores.

#### **Aluminato Tricalcico $3CaOAl_2O_3 = C_3A$**

Libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de endurecimiento. También contribuye ligeramente a la resistencia temprana. Los cementos con bajos porcentajes de este compuesto son excepcionalmente resistentes a los suelos y aguas que contengan sulfatos.

Solo una pequeña parte del concreto utilizado en la práctica se expone a graves ataques químicos. Esto es una ventaja, ya que la resistencia del concreto a los agentes químicos suelen ser menor que cuando se trata de otras formas de ataque. Las formas más frecuentes de ataque de los agentes químicos al concreto son la lixiviación del cemento y la acción de los sulfatos, el agua marina y las aguas ligeramente ácidas. La mayor parte de las especificaciones para cemento limitan la composición química y física del cemento. El conocimiento de algunas de estas propiedades es provechosa para interpretar los resultados de las pruebas del cemento. Las diferentes cualidades que se pueden obtener se caracterizan por un conjunto de propiedades apreciables en masa del concreto fresco y del concreto ya fraguado y endurecido.

### *Propiedades físicas del cemento*

**Finura:** La finura del cemento afecta la rapidez de la hidratación. Al aumentar la finura del cemento aumenta la rapidez a la que se hidrata el cemento, acelerando la resistencia. Los efectos del aumento de finura en la resistencia se manifiesta durante los primeros 7 días.

**Firmeza:** Es la cualidad de una pasta de cemento endurecido que tiene que conservar su volumen después de haber fraguado. La falta de firmeza o dilatación destructiva diferida, la producen las cantidades excesivas de magnesia o cal libre muy quemada.

**Tiempo de fraguado:** Se efectúan pruebas para determinar si una pasta de cemento permanece en estado plástico, el tiempo suficiente para permitir un colado sin difíciles operaciones de terminado. El periodo de la mezcla permanece plástica, generalmente dependen más de la temperatura y del contenido de agua en la pasta que del tiempo de fraguado del cemento.

**Trabajabilidad:** Es un índice de la facilidad de transporte y colocación en obra del concreto; dependen de su consistencia, compactación y estabilidad.

**Consistencia:** Es la resistencia que opone el concreto fresco a su deformación. Por lo tanto varía de los siguientes factores: relación agua/cemento, tamaño máximo del agregado, granulometría, temperatura, etc.

**Compactibilidad:** Es la menor o mayor facilidad que tiene la masa de concreto para llenar huecos y hacerse densa.

**Homogeneidad:** Es la cualidad por la cual los diferentes componentes del concreto aparecen regularmente distribuidos en toda la masa, de manera que dos muestras tomadas de distintos lugares de la misma resulten prácticamente iguales.

**Peso específico:** Es considerado también como una propiedad del concreto que generalmente es aproximadamente de 3.15, el cemento de escoria de altos hornos puede tener peso específico de un cemento, no indica del mismo; su uso principal es para el proyecto de mezclas. Este depende principalmente de la naturaleza del agregado, granulometría y del método de compactación. El índice de uniformidad muy importante es el peso específico del concreto fresco, sea sin compactar o compactado. La variación de cualquiera indica una alteración de la granulometría de los agregados o del contenido de cemento y agua, por lo que debe dar origen a correcciones oportunas.

**Estabilidad:** Es la permanencia de las características esenciales de una masa de concreto frente a pequeñas variaciones en su composición, ante las frecuentes dispersiones en la obra de la cantidad de agregados, granulometría y temperatura.

**Tamaño máximo:** Entre las propiedades más importantes del concreto fraguado y endurecido son: el peso específico, la permeabilidad, la resistencia al desgaste y la compresión.

**Permeabilidad:** El término permeabilidad, normalmente se refiere a un coeficiente que relaciona la velocidad a la cual pasa el agua a través de un espécimen de concreto saturado bajo el gradiente hidráulico mantenido externamente.

Para realizar un concreto resistente se emplea la relación agua/cemento, ya que una lechada superficial es un elemento débil, fácilmente desgastable y productor de polvo.

**Durabilidad:** La durabilidad de el concreto es muy elevada, a no ser que se vea comprometida por el ataque químico del medio en que se encuentra.

### *Características químicas de los agregados*

La mayoría de las rocas que se emplean como agregados para concreto son materiales que han resistido edades geológicas así se demuestra estabilidad física y química. De ahí que durante algún tiempo se ha considerado como materiales inertes dentro del concreto. Actualmente se reconoce que un agregado puede ser inerte dentro de una matriz (el yeso por ejemplo), y reactiva dentro de otra (como la pasta de cemento). Existen diversos agregados que pueden manifestar cambios o conducir las reacciones químicas con la pasta de cemento y afectar el comportamiento del concreto. puede tratarse de disolución de materia soluble, oxidación por cambio atmosférico, reacción entre componentes del agregado y de la pasta del cemento. Existe la posibilidad de que ocurran dichos cambios y reacciones los más conocidos y mencionados por su frecuencia son dos casos, en los que interviene el ataque de soluciones alcalinas derivadas de la hidratación del cemento hacia dos clases de agregados: algunas rocas silíceas y ciertas calizas dolomíticas. Durante los últimos 30 años se han reportado casos de concretos dañados por reacciones químicas ocurridas entre ciertos tipos de rocas silíceas y los álcalis (ácidos de sodio y potasio), contenidos en el cemento o en otros materiales. No todas las rocas que contienen sílice se consideran reactivas bajo este aspecto. Las más comunes y perjudiciales contienen ópalo (sílice amorfa), calcedonia (forma criptocristalina de cuarzo) y tridimita (cristalina). En las tablas se presenta un resumen de las rocas y minerales presumiblemente reactivos.

### *Minerales y rocas potencialmente reactivos*

#### **a) Minerales reactivos**

<b>Mineral</b>	<b>Composición Química</b>	<b>Carácter físico</b>
Opalo	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Amorfo
Calcedonia	$\text{SiO}_2$	Criptocristalino fibroso
Tridimita	$\text{SiO}_2$	Cristalino
Cristobalita	$\text{SiO}_2$	Cristalino

## b) Rocas reactivas

Rocas	Componentes reactivos
1. Rocas silíceas: Pedernal opalino Pedernal calcedónico Caliza con pedernal	Opalo Calcedonia calcedonia y/u ópalo
2. Rocas volcánicas: Riolita y toba riolítica Dacita y toba dacítica Andesita y toba andesítica	Vidrio volcánico de índice de refracción menor de 1.54, Vidrio desvitrificado y tridimita
3. Rocas metamórficas Filita	Hidromica (Sericita)

Esta reacción deletérea, que generalmente se manifiesta a largo plazo, requiere para producirse de tres condiciones:

1. El agregado contenga sílice reconocida como reactiva con los álcalis del cemento o de otra fuente.
2. El cemento no sea de bajo contenido de álcalis totales, expresados como  $\text{Na}_2\text{O}$  (menos de 6.06 %).
3. El concreto se encuentre permanentemente húmedo o sometido a periodos frecuentes de humedecimiento.

Para identificar las rocas que contienen sílice reactiva y cuantificar los posibles efectos de su reacción con los álcalis del cemento, la Sociedad Americana de Pruebas de Materiales proporciona los siguientes medios:



**Práctica Recomendada ASTM C295** Examen petrográfico de agregados para concreto. Por este medio se determina la presencia y cantidad de minerales reconocidos como potencialmente reactivos con los álcalis.

**Método ASTM C289** Prueba química de reactividad potencial de agregados. Es una prueba rápida que suministra información auxiliar para calificar el agregado, no es totalmente confiable.

**Método ASTM C227** Prueba de reactividad potencial de álcalis en combinación cemento-agregado. Se miden las expansiones que se presenten en barras de mortero elaboradas con el agregado y el cemento que se vayan a emplear.

La primera información se obtiene a los 3 meses, pero no es definitiva (no debe ser mayor de 0.5 %). Cuando la expansión a 6 meses resulta mayor de 0 10 %, se considera excesiva e indicativa de que el agregado es reactivo y debe tratarse como tal.

**Método ASTM C342** Prueba de cambio potencial de volumen en combinaciones cemento-agregado. También se miden las expansiones que se producen en barras de mortero. Se emplean los agregados y el cemento de la obra, y se producen cambios de temperatura y humedad. En general, todas las reacciones químicas que se producen entre agregados y cementos son indeseables porque resultan adversas al comportamiento y durabilidad del concreto.

### *Influencia de los agregados en el concreto*

Las características y propiedades de los agregados tienen influencia en las características y propiedades del concreto, ya sea en estado fresco o completamente endurecido. Dado que una parte de esa influencia puede producir resultados negativos, se justifican plenamente todos los estudios preliminares que se realicen para seleccionar los agregados en función de las características de los otros ingredientes del concreto, y de las obras por ejecutar.

En la tabla siguiente se presenta un resumen de las propiedades del concreto que pueden ser influidas por las propiedades del agregado.

**PROPIEDADES DEL CONCRETO INFLUIDAS POR LOS AGREGADOS**

PROPIEDADES DEL CONCRETO	PROPIEDAD DEL AGREGADO
<p><b>1. Durabilidad</b></p> <p>Resistencia a congelación y deshielo</p> <p>Resistencia a humedecimiento y secado</p> <p>Resistencia a calentamiento y enfriado</p> <p>Resistencia a la abrasión</p> <p>Resistencia álcalis-sílice</p> <p>Reacción álcalis-carbonato</p>	<p>Sanidad</p> <p>Porosidad</p> <p>Estructura interna</p> <p>Permeabilidad</p> <p>Grado de saturación</p> <p>Resistencia a tensión</p> <p>Presencia de arcilla</p> <p>Limpieza</p> <p>Estructura interna</p> <p>Módulo de elasticidad</p> <p>Coefficiente de expansión térmica</p> <p>Dureza</p> <p>Presencia de minerales reactivos</p> <p>Presencia de minerales activos</p>
<p><b>2. Resistencia a compresión</b></p>	<p>Resistencia a compresión</p> <p>Textura superficial</p> <p>Limpieza</p> <p>Forma de partícula</p> <p>Tamaño máximo</p>
<p><b>3. Contracción</b></p>	<p>Módulo de elasticidad</p> <p>Forma de partícula</p> <p>Granulometría</p> <p>Limpieza</p> <p>Tamaño máximo</p>

<b>PROPIEDADES DEL CONCRETO</b>	<b>PROPIEDAD DEL AGREGADO</b>
4. Coeficiente de expansión térmica	Coeficiente de expansión térmica Módulo de elasticidad
5. Conductividad térmica	Conductividad térmica
6. Calor específico	Calor específico
7. Peso unitario	Peso específico Forma de partícula Granulometría Tamaño máximo
8. Módulo de elasticidad	Módulo de elasticidad Relación de Poisson
9. Economía	Forma de partícula Granulometría Tamaño máximo Procesamiento requerido Disponibilidad
10. Impermeabilidad	Porosidad Sanidad Peso específico Granulometría Estructura interna Tamaño máximo Limpieza Textura

#### **Propiedades químicas del agua**

El agua que se emplee en la fabricación del concreto debe ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y demás sustancias que puedan ser nocivas. Por sus efectos sobre el concreto, la calidad del agua interesa bajo dos aspectos diferentes:

- a) Como agua de mezclado al elaborar el concreto fresco.
- b) Como agua de contacto con el concreto endurecido, ya sea como agua de curado o como elemento que forma parte del medio que lo rodea.

Como agua de mezclado, sus impurezas pueden tener efectos principales sobre el tiempo de fraguado, resistencia del concreto y corrosión del acero de refuerzo. Al ser aplicada como agua de curado, sus posibles efectos son más bien de apariencia al contener sales que manchen o produzcan eflorescencias sobre la superficie del concreto. Finalmente, como agua que forma parte del medio que rodea al concreto, cuando contiene sustancias agresivas, sus efectos son más decisivos, pudiendo llegar a extremos en que se produzca la destrucción del concreto, si no se toman las precauciones convenientes. Para comprobar la calidad del agua de mezclado, se acostumbra efectuar su análisis químico y ejecutar pruebas comparativas sobre pasta de cemento, mortero y concreto; en estas se compara el agua en estudio con otra de calidad reconocida, tal como agua destilada. Por medio de análisis químico se determinan sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos, óxido de magnesio, materia orgánica y turbiedad. Se recomienda efectuar dicho análisis del agua para verificar que cumpla con los límites indicados de la tabla, que son usuales para valuar la calidad del agua que se piense usar en la elaboración y curado del concreto.

Limites recomendables de impurezas en agua para concreto

Sulfatos (como $\text{SO}_4$ ), máximo, en ppm	300
Cloruro (como Cl), máximo, en ppm	300
Magnesio (como $\text{MgO}$ ), máximo, en ppm	150
Materia orgánica (oxígeno consumido en medio ácido), máximo, en ppm	10
Sólidos totales en solución, máximo, en ppm	1500
pH no menor de	7

De acuerdo con los resultados de dicho análisis, y como comprobación de la calidad del agua propuesta, en algunos de los casos debe hacerse la prueba de resistencia a compresión de cubos de mortero. Si el promedio de las resistencias a los 28 o 90 días de los especímenes elaborados con el

agua ensayada resulta mayor o igual que el 90% del promedio de las resistencias de los especímenes fabricados con agua destilada, puede aceptarse el agua propuesta.

### **II.1.6 APLICACION DEL TIPO DE CONCRETO QUE MEJOR SE ADAPTE A LAS ESPECIFICACIONES INDICADAS EN EL PROYECTO ESTRUCTURAL**

Las propiedades del concreto se estudian primordialmente con la finalidad de determinar el diseño de la mezcla. Las propiedades requeridas del concreto endurecido quedan especificadas por el proyectista de la estructura y las propiedades del concreto.

#### **Elección del mejor método**

La primera cuestión por analizar es el tipo de trabajo: su trabajo físico, la cantidad total de concreto por colar, y el programa a cumplir. El estudio de los detalles de una obra determina además la cantidad de trabajo que queda debajo de la obra determinada además la cantidad de trabajo que queda debajo del nivel del terreno, por encima de éste o en el nivel del terreno. Esto ayuda a escoger el equipo de manejo de concreto necesario para colar el concreto en los niveles que se requieran. Se debe mover el concreto desde el mezclador hasta el sitio a colar lo más rápidamente posible sin segregación o pérdida de ingredientes. El equipo de transporte y de manejo deberá tener la capacidad necesaria para mover el concreto en cantidades suficientes a fin de eliminar las juntas frías.

#### **Trabajo a nivel del terreno y por debajo del mismo**

En cualquier obra normalmente se encuentran los mayores volúmenes de concreto por debajo o a nivel del terreno y por consiguiente pueden ser colados por medio de métodos distintos a los empleados para la superestructura. El trabajo con el concreto por debajo del nivel del terreno puede variar enormemente desde el colado de pilas perforadas de gran diámetro o de las losas masivas de cimentación hasta el intrincado trabajo que se involucra en los muros de cimentación. Se puede usar una grúa para manejar la cimbra, acero de refuerzo y el concreto. Sin embargo, para el manejo del concreto tal vez se tengan que usar otros métodos para colar el mayor volumen en la menor cantidad de tiempo.

Posiblemente se pueda conducir el concreto por medio de canalones directamente desde el camión hasta el punto en que se necesite. Los canalones deben ser metálicos o recubrimientos de metal. No deben tener una pendiente mayor de 1 vertical a 2 horizontal, ni menor de 1 vertical a 3 horizontal. Los canalones de gran longitud, mayores de 6 metros, o aquellos que no satisfacen las condiciones de pendiente deberán descargarse en una tolva antes de distribuir el concreto al punto en que se necesite. Como una alternativa, una bomba de concreto puede mover al concreto hasta su posición final. Estas deben ser de capacidad adecuada y capaces de mover al concreto sin producir segregación. La pérdida de revenimiento desde la tolva de la bomba hasta la descarga al final de la tubería deberá ser mínima no mayor 5 cm. Por lo general, el contenido de aire no deberá reducirse en más de 2 puntos porcentuales. Las bandas transportadoras son muy útiles en los trabajos cerca del nivel del terreno como la colocación del concreto bajo el nivel del terreno frecuentemente es un asunto de movimiento horizontal auxiliado por la gravedad, se pueden usar transportadores portátiles ligeros para lograr capacidades altas a un costo relativamente bajo.

### **Trabajo por encima del nivel del terreno**

En los trabajos por encima del terreno, el concreto se puede elevar por medio de bandas transportadoras, cucharones y grúas, malacates, bombas o con el más reciente gancho aéreo, el helicóptero. La torre grúa y la pluma de bombeo son las herramientas adecuadas para los edificios elevados; se puede disponer de grúas de alta velocidad que operan 245 metros por minuto o más. Se puede reducir el tiempo del ciclo de la grúa utilizando un malacate de concreto para la elevación y la grúa para la distribución lateral. En el uso de las bombas influye el volumen de concreto que se necesite en cada nivel; los volúmenes grandes minimizan los movimientos de la tubería con relación a su capacidad. Continuamente se van mejorando las especificaciones y el comportamiento del equipo de transporte y de manejo. Se obtendrán los mejores resultados y los menores costos si el trabajo se planea para sacar el máximo del equipo y si el equipo se emplea de manera flexible para reducir el costo total del trabajo. La principal preocupación del constructor debe ser que el concreto este bien compactado, para ello el vibrado debe hacerse en capas no mayores de 20 cm de altura. Generalizando puede decirse que los cimientos se construyen con concreto en masa de diversas características. Otra aplicación del concreto para trabajos en depósitos (o sea impermeables), así como para bloques artificiales.

### **II.1.7 DISEÑO TEORICO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON EL METODO A.C.I Y SU AJUSTE EN EL LABORATORIO, IMPORTANCIA DE LA RELACION AGUA/CEMENTO Y LA TRABAJABILIDAD.**

#### ***Elección de las características de la mezcla***

El objetivo de diseñar una mezcla de concreto, consiste en determinar la combinación más práctica y económica en los materiales con los que se dispone, para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de uso. Para lograr una mezcla de concreto bien proporcionada debe tener las siguientes propiedades:

- a) En el concreto fresco, trabajabilidad aceptable.
- b) En el concreto endurecido, durabilidad, resistencia y presentación uniforme.
- c) Economía.

En la comprensión de los principios básicos del diseño de mezclas es importante la realización de los cálculos mismos. Solamente con una selección adecuada de los materiales y características de la mezcla así como al producir un concreto con un proporcionamiento adecuado, se pueden obtener las propiedades antes mencionadas. Antes de efectuar el proporcionamiento de una mezcla, se seleccionan sus características en base al uso que se dará al concreto, las condiciones de exposición, al tamaño, forma de los miembros y propiedades físicas del concreto, que se requieran para la estructura. Una vez que estas características se han elegido, la mezcla se puede proporcionar a partir de datos de campo o de laboratorio, como la mayor parte de las propiedades que se buscan obtener en el concreto endurecido, dependen fundamentalmente de la calidad de la pasta de cemento.

#### ***Relación entre la relación agua-cemento y la resistencia***

Por la facilidad con que se determina la resistencia a la compresión, es la medida de la calidad del concreto más empleada. A pesar de ser una característica importante, otras propiedades tales como la durabilidad, permeabilidad y la resistencia al desgaste pueden tener igual o mayor

importancia. Para un concreto perfectamente compactado fabricado con agregados limpios y sanos, la resistencia y otras propiedades están gobernadas por la cantidad de agua de mezclado que se utiliza por unidad de cemento.

Muchos tecnólogos del concreto se refieren usar la relación agua-cemento, ya que la resistencia y otras propiedades deseables en el concreto se relacionan linealmente con este índice. Un parámetro más racional es la densidad relativa de la pasta de cemento, la cual también se relaciona linealmente con la resistencia.

La resistencia de la pasta de cemento en el concreto depende de la calidad, cantidad de los componentes reactivos y del grado de la reacción de hidratación. El concreto se vuelve más resistente con el tiempo, siempre y cuando exista humedad disponible, además de que se tenga una temperatura favorable. La diferencia en la resistencia para una relación agua-cemento dada, se debe al cambio en el tamaño del agregado, granulometría, textura superficial, forma, resistencia y rigidez en los tipos y fuentes del cemento, contenido de aire incluido, de la presencia de aditivos y la duración del periodo de curado.

### ***Resistencia***

La resistencia a la compresión especificada a los 28 días para una clase individual de concreto, es la resistencia que se espera sea igualada o sobrepasada por el promedio de tres ensayos de resistencia consecutivos. La resistencia promedio debe igualar a la resistencia especificada más una tolerancia que corresponde a las variaciones en los materiales; en los métodos de mezclado, transporte, colocación del concreto; curado y ensayo de los especímenes cilíndricos de concreto.

### ***Relación Agua-Cemento***

La relación agua-cemento es el peso del agua, dividido entre el peso del cemento. La relación agua-cemento que se elija para el diseño de la mezcla, debe ser el menor valor requerido para ser cubiertas, las consideraciones de exposición de diseño sirven como guías para escoger la relación adecuada para diversas condiciones de exposición. Cuando la durabilidad no es el factor que rija en el diseño, deberá elegirse con base en la resistencia a compresión del concreto.



En dichos casos la relación agua-cemento y las proporciones de la mezcla para la resistencia requerida deberán basarse en datos de campo adecuados o en mezclas de pruebas hechas con los materiales con los que se va a trabajar para determinar la relación entre la relación agua-cemento y la resistencia.

### ***Aire Incluido***

El aire incluido, debe ser utilizado en todo el concreto que este expuesto a congelación, deshielo, productos químicos descongelantes y puede emplearse para mejorar la trabajabilidad donde no se requiera. El aire se incluye en la fracción de mortero del concreto; en las mezclas proporcionadas, el contenido de mortero disminuye conforme aumenta el tamaño máximo del agregado, haciendo descender en este caso el contenido de aire requerido en el concreto.

### ***Revenimiento***

El revenimiento es el indicador de la trabajabilidad cuando se evalúan mezclas similares, no se debe usar para comparar mezclas de proporción cuando se indica un cambio en la consistencia y en las características de los materiales, en la proporción de la mezcla, o en el contenido de agua. Se requieren distintos revenimientos para los diversos tipos de construcción de concreto.

Se indica el revenimiento en las especificaciones de obra como un rango, Por ejemplo de 5 a 10 cm, o como valor máximo que no debe ser rebasado. Cuando no se le especifica, se puede seleccionar un valor aproximado, para aquellos concretos que se consolidan por vibración mecánica.

### ***Proporcionamiento***

Los métodos de proporcionamiento han evolucionado desde el arbitrario método volumétrico (1:2:3); cemento, arena y grava. De principios de siglo, hasta los métodos actuales de peso y volumen absoluto descritos en la práctica estándar para el proporcionamiento de mezclas de concreto del instituto americano del concreto (ACI).

Los métodos de proporcionamiento por peso son simples y rápidos para estimar las proporciones de las mezclas, utilizamos un peso conocido del concreto por unidad de volumen. Una mezcla de concreto se puede proporcionar a partir de experiencias de campo o de mezclas de prueba de concreto.

En la siguiente tabla se dan en resumen las aplicaciones de los tipos de concreto:

DOSIFICACION	CONCRETO	Kg CEMENTO	APLICACION
1 : 1 1/2 : 3	Cemento Portland	400	Trabajos impermeables y Pavimentos de gran resistencia
1 : 2 : 3	Cemento Portland	350	Idem
1 : 2 : 4	Cemento Portland	300	Cimentación de muros, Máquinas, y Pilares
1 : 2 1/2 : 5	Cemento Portland	250	Pavimento corrientes y Muros de contención
1 : 3 : 6	Cemento Portland	200	Construcciones macizas, Cimientos
1 : 4 : 8	Cemento Portland	150	Cimientos ordinarios rellenos y trabajos de importancia
1 : 2 1/2 : 5	Cemento Lento	250	Trabajos de poca importancia
1 : 3 : 6	Cemento Lento	200	Trabajos de poca importancia
1 : 1,25 : 4 : 8	Cemento Port-Lento	200	Pavimentos y Cimientos
1 : 1,25 : 5 : 10	Cemento Port-Lento	250	Pavimentos y Cimientos
1 : 2 : 6 : 9	Cemento Por-Cal	200	Cimientos ordinarios

A la vista de la tabla recordamos que dosificación quiere decir la proporción en volumen que forma el concreto en cada caso. No olvidar que en los números de dosificación (1:2:3), el primer número se refiere al volumen de cemento, el segundo al de arena, y el tercero de grava.

### *Contenido de Cemento y Tipo de Cemento*

El contenido de cemento se determina a partir de la relación agua-cemento y del contenido de agua elegidos, aunque se incluyen en las especificaciones un contenido mínimo de cemento además de una relación agua-cemento máxima.

Los requisitos mínimos de cemento sirven para asegurar una durabilidad y acabado satisfactorio, mayor resistencia al desgaste en las losas y apariencia apropiada de las superficies verticales. Esto es importante a pesar de los requisitos de resistencia que satisfacen con menores contenidos de cemento. Para las exposiciones severas a congelación-deshielo, Sulfatos y Productos descongelantes, es adecuado especificar un contenido mínimo de cemento.

Para lograr una mayor economía, el proporcionamiento debe ser tal que el consumo requerido de cemento sea mínimo sin que se llegue a sacrificar la calidad del concreto. Como la calidad depende de la relación agua-cemento, se debe mantener un mínimo, el contenido de agua para reducir la demanda de cemento.

Entre las medidas para minimizar la demanda de agua y cemento se incluye el uso de:

- 1) La mezcla más áspera que sea práctica para usar.
- 2) El mayor tamaño máximo de agregado que sea posible usar.
- 3) La relación que se vaya a quedar expuesto a condiciones en que existan sulfatos.

### *Contenido de Agua*

El contenido de agua del concreto puede ser alterado por un gran número de factores: tamaño y forma del agregado, relación agua-cemento, revenimiento, contenido de aire, contenido de cemento, aditivos y condiciones ambientales.

El proporcionamiento de la mezcla debe efectuarse de acuerdo a la norma ACI 211.1-77 (Práctica para el proporcionamiento del concreto normal y pesado), en el entendimiento de que se esta usando materiales que satisfacen los requisitos de calidad exigidos en las normas respectivas.

Las especificaciones de la obra pueden contener los valores límite que abarca una gama de propiedades que son:

- a) La resistencia a la compresión "mínima" necesaria, por consideración estructural.
- b) Máxima relación agua/cemento y/o contenido mínimo de aire para obtener una durabilidad adecuada.
- c) Máximo contenido de cemento para evitar el agrietamiento debido al ciclo de temperatura en concreto masivo.
- d) Máximo contenido de cemento para evitar agrietamiento por contracción bajo condiciones de exposición a muy baja humedad.
- e) Densidad mínima para presas de gravedad y estructuras similares.
- f) Revenimiento.
- g) Tamaño máximo del agregado.
- h) Otros requisitos se relacionan con temas tales como: resistencias sobre diseño, aditivos y tipos especiales de cemento o agregados.

Estos requisitos deben ser satisfactorios en el diseño de mezcla y forman la base de selección y proporción de los ingredientes. El método esta basado en la estimación del peso unitario del concreto por unidad de volumen, el cual se describe a continuación. Independientemente de que las características del concreto se señalen en las especificaciones de establecimiento de los pesos de la mezcla por metro cúbico de concreto puede obtenerse mediante la siguiente secuencia.

### **Paso 1. Elección del Revenimiento**

Si el revenimiento no esta especificada se puede elegir el valor apropiado para la obra de la tabla siguiente los valores de revenimiento consideran el uso de vibrado para la compactación del concreto.

Tipos de construcción	Revenimiento, Cm	
	Máximo	Mínimo
Muros y Zapatas de cimentación de concreto reforzado	8	2
Zapatas simples, cajones y muros de la sub estructura	8	2
Vigas y muros de concreto reforzado	10	2
Columnas		
Pavimentos y Losas	10	2
Concreto másivo	8	2
	5	2

### **Paso 2. Elección del tamaño máximo del agregado**

El Tamaño Máximo del Agregado, debe ser mayor económicamente disponible y que sea compatible con las dimensiones de la estructura. Bajo ninguna circunstancia el T.M.A. debe exceder de una quinta parte de la menor dimensión entre los lados de las cimbras, de una tercera parte del peralte de las losas, ni de tres cuartas partes del espaciamiento mínimo libre entre las varillas o cables pretensados.

Estas recomendaciones se descartan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto puede ser colocado sin que se formen cavidades o vacíos. Para concreto de alta resistencia se reduce el T.M.A., ya que producen mayores resistencias con una relación agua/cemento dada.

### **Paso 3. Estimación del agua de mezclado y del contenido de aire**

La estimación de agua de mezclado y de volumen de concreto requerida para producir un revenimiento dado depende del T.M.A., granulometría y del contenido de aire incluido. La cantidad de cemento no la afecta en mayor grado. proporción de estimaciones para la cantidad de agua de mezclado.

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos de agregado.

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

#### Paso 4. Elección de la relación agua/cemento

Los requerimientos de la relación agua/cemento se determinan por los requerimientos de resistencia y otros como la durabilidad y las propiedades del acabado.

Es recomendable conocer o desarrollar la correspondencia entre la resistencia y la relación agua/cemento para los materiales a usarse.

En ausencia de tal información puede usarse las tablas siguientes que contienen valores conservadores para concreto conteniendo cemento portland tipo I.

Resistencia a la compresión los 28 días. Kg/cm <sup>3</sup>	Relación agua/cemento, por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0.38	----
400	0.43	----
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

#### **Paso 5. Cálculo del contenido de cemento**

El cemento requerido por unidad de volumen es igual al contenido de agua estimado, dividido entre la relación agua/cemento. Expresado en forma de ecuación tenemos.

$$\text{Cemento} = \frac{\text{agua}}{\text{relacion agua / cemento}}$$

#### **Paso 6. Estimación del contenido de agregado grueso**

Para esto utilizamos el volumen del peso agregado por volumen unitario de concreto.

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

### **Paso.7 Estimación del contenido de agregado fino**

Un método muy exacto para calcular la cantidad requerida de agregado fino se basa en el uso de volúmenes de los ingredientes conocidos (agua, aire, cemento y agregado grueso) se resta del volumen unitario de concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino.

El volumen de cualquier ingrediente que se ocupa en el concreto es igual al peso dividido entre el peso específico de ese material (siendo este último del peso unitario del agua y la densidad del material). expresado matemáticamente:

$$V_m = \frac{W_m}{\sigma_m}$$

donde:

$V_m$  = Volumen del material

$W_m$  = Peso del material

$\sigma_m$  = Peso específico del material

Obteniendo la suma de estos volúmenes se lo restamos a la unidad y el volumen restante será el buscado. Para convertir en peso, se multiplica el volumen por el peso específico y después por mil. matemáticamente:

$$W_a = (V_a)(\sigma_a)(1000)$$

donde el subíndice "a" simboliza a la arena.

### **Paso 8. Ajuste por el contenido de humedad del agregado**

Debe considerarse la humedad de los agregados para pesarlos correctamente. Por lo general, los agregados están húmedos y a su peso seco habrá que aumentar el porcentaje de agua que contenga, tanto la absorbida como la superficial. El agua de mezclado que se agrega a la mezcla debe reducirse en una cantidad igual a la humedad total menos absorción.



### Paso 9. Ajuste en la mezcla de prueba

Se deben verificar las proporciones calculadas de la mezcla por medio de mezclas de prueba preparadas y probadas a la Norma ASTM C 192, fabricación y curado de muestras de concreto para pruebas a presión y compresión en el laboratorio o con mezclas de campo de tamaño completo.

#### *Importancia de la relación agua/cemento*

En la práctica de la Ingeniería se supone que la relación agua-cemento es muy importante por la disminución de la fatiga del concreto a los 28 días por lo regular cuando la mezcla no puede ser manejable, los operarios sin la autorización del supervisor de obra aumentan agua a la mezcla siendo indispensable la vigilancia del residente de obra.

El agua para mezclar debe estar libre de ácidos, grasas, sales y otras impurezas a menos que los análisis indiquen que si se puede aprovechar evitando que el agua contenga cuerpos orgánicos ya que se puede interferir en el fraguado del cemento, las especificaciones se pedirá que el agua no contenga sulfatos.

La resistencia del concreto a una determinada edad, con un curado a una temperatura prescrita, depende principalmente de dos factores: La relación agua/cemento y grado de compactación.

En la práctica significa que el concreto ya endurecido contiene más o menos el uno por ciento de cavidades de aire. Cuando el concreto se encuentra totalmente compactado se considera que la resistencia es inversamente proporcional a la relación agua/cemento de acuerdo a la "ley" establecida por Duff Abrams en 1919, quien propone como valor de la resistencia.

$$f'c = \frac{K_1}{K_2^{w/c}}$$

Donde w/c representan la relación agua/cemento de la mezcla (tomada originalmente por volumen) y  $k_1$  y  $K_2$  son constantes empíricas.

La ley de Abrams aunque se estableció en forma independiente es similar a una regla general formulada por Feret en 1896, en el sentido de que ambas relacionan la resistencia del concreto con los volúmenes de agua y cemento. La regla de Feret es de la siguiente forma:

$$f_c = K \times \left( \frac{c}{c + w + a} \right)^2$$

donde  $f_c$  es la resistencia del concreto,  $c$ ,  $w$  y  $a$  son los volúmenes absolutos de cemento, agua y aire respectivamente y  $K$  es la constante.

Debe recordarse que la relación agua/cemento determina la porosidad de la pasta de cemento endurecida en cualquiera de sus etapas de hidratación. Por lo tanto, la relación agua/cemento, tanto como el grado de compactación, afectan el volumen de cavidades del concreto, por lo que se incluye el volumen de aire que contiene el concreto en la expresión de Feret.

Las reglas que rigen la relación agua/cemento han sido criticadas por no tener suficientes fundamentos, sin embargo en la práctica la relación agua/cemento es el factor único más grande de la resistencia del concreto totalmente compactado.

Gilkey nos da una clasificación de los factores que afectan una mezcla de agregados, cemento y agua (en las mismas condiciones de mezclado y curado) trabajable y adecuadamente colada:

- a) Relación entre el cemento y el agua de mezclado
- b) Relación entre el cemento y los agregados.
- c) Granulometría, textura superficial, forma, resistencia y rigidez de las partículas del agregado.
- d) Tamaño máximo del agregado.

#### ***Importancia de la trabajabilidad***

El término trabajabilidad, se utiliza referente a las mezclas de concreto, para indicar la mayor o menor facilidad que se pueda encontrar al colocarse en un lugar determinado. La trabajabilidad es una propiedad física del concreto, sin referencia a las circunstancias de un tipo particular de construcción.

También concierne al concreto ya terminado, pues de ella depende que la compactación a máxima densidad posible con una cantidad moderada de trabajo o con el esfuerzo que estemos dispuestos a invertir en determinadas condiciones.

En el método de compactación debe haber un contenido óptimo de agua en la mezcla, para el cual la suma de los volúmenes de burbujas de aire (accidentales) y de agua será mínimo. Se obtendrá una relación de pesos específicos del concreto cuando el contenido de agua sea óptimo. Sin embargo puede variar para los diferentes métodos de compactación.

El principal factor que afecta la trabajabilidad es el contenido de agua de la mezcla sobre la trabajabilidad debe hacerse con cuidado, porque tan solo dos de los tres factores -relación agua/cemento, agregado/cemento y contenido de agua- son independientes.

Por ejemplo si la relación agregado/cemento se reduce mientras que la del agua/cemento se mantiene constante, se eleva el contenido de agua y en consecuencia la trabajabilidad aumenta. Por otro lado el contenido de agua se mantiene constante mientras que se reduce la relación agregado-cemento entonces la relación agua-cemento disminuye, pero la trabajabilidad no se afecta seriamente.

Esta última observación resulta necesaria debido a algunos efectos secundarios; una relación menor agregado-cemento significa un área superficial mayor de sólidos (agregados y cemento), de modo que la misma cantidad de agua produce una trabajabilidad un poco menor. Esto puede compensarse por medio de una granulometría del agregado ligeramente más gruesa.

Para determinar la granulometría de los agregados y trabajabilidad del concreto, el contenido de agua es independiente de la relación agregado-cemento. Si bien el contenido de agua y las demás proporciones de la mezcla son fijas, la trabajabilidad esta rígida por el tamaño máximo de los agregados, su granulometría, forma y textura.

Sin embargo, la granulometría y la relación agua-cemento se deben considerar juntas, ya que la granulometría que produce el concreto es más trabajable para una relación agua-cemento dada puede no ser la mejor cuando se trate de otro valor de dicha relación.

Ejemplo de dosificación por el método del ACI:

Se requiere concreto para una sección de una estructura, las consideraciones estructurales exigen que tenga una resistencia promedio a la compresión a los 28 días de  $250 \text{ kg/cm}^2$ , se determina que las condiciones en que se hará el colado, implican un revenimiento de 8 a 10 cm. y que el agregado grueso de  $1 \frac{1}{2}''$  ó 40 mm. es el adecuado. Se estima que el peso de varillado en seco del agregado grueso es de  $1600 \text{ kg/cm}^3$ .

Datos:

$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2.$$

revenimiento = 8 a 10 cm.

$$\text{TMA} = 1 \frac{1}{2}''.$$

Propiedades físicas de los agregados:

MATERIAL	M.F.	PESO VOLUMETRICO	PESO ESPECIFICO DENSIDAD	ABSORCION	HUMEDAD TOTAL
Cemento		1515	3.15		
Agua		1000	1.00		
Grava $1 \frac{1}{2}''$		1600	2.68	0.5%	2%
Arena	2.8	1180	2.64	0.7%	6%

Cálculo:

Primero: Obtención del revenimiento por medio de la tabla (a), En este caso especial, nos dan el revenimiento como dato y es igual 8 a 10 cm.

Segundo:

Tamaño máximo del agregado grueso =  $1 \frac{1}{2}''$  ó 40 mm.

Tercero:

Obtener el contenido de agua por  $\text{m}^3$  de concreto por medio de la tabla (b).

$$175 \text{ kg/cm}^3 \text{ y contiene } 1\% \text{ de aire}$$

Cuarto:

Obtener la relación agua/cemento por medio de la tabla (c).

$$\text{Relación agua cemento} = 0.62$$

Quinto:

Obtener el contenido de cemento en función del paso tercero y cuarto esto es:

$$175/0.62 = 282 \text{ kg/m}^3$$

Sexto:

Sexto:

Obtener el contenido de agregado grueso por medio de la tabla (d).

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.71$$

$$\text{Entonces el peso del agregado grueso} = 0.71 \times 1600 = 1,136 \text{ Kg.}$$

Septimo:

Establecidas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, puede obtenerse el material restante que consiste en arena y aire para completar un metro cúbico de concreto. La arena puede determinarse con base en el peso o en volumen.

Con base en el peso:

Por medio de la tabla (e) se estima que el peso de un metro cúbico de concreto sin aire incluido, hecho con agregado de tamaño máximo de 1 1/2" ó 40 mm, es de 2420 Kg/cm<sup>3</sup>. Los pasos ya conocidos son:

Agua (mezclado neto)	175 kg.
Cemento	+ 282 kg.
Agregado Grueso	<u>1136 kg.</u>
Total	1593 kg.

$$\text{Entonces el peso de la arena es: } 2420 \text{ kg/cm}^3 - 1593 \text{ kg/m}^3 = 827 \text{ kg.}$$

Con base en el volumen absoluto.

Una vez establecidas las cantidades de cemento, agua y agregado grueso y tomando de la tabla (b) el contenido aproximado de aire atrapado, el contenido de arena puede calcularse de la siguiente manera:

Volumen de agua	= 175/1000	= 0.175 m <sup>3</sup>
Volumen sólido de cemento	= 282/3.15 x 1000	= 0.089 m <sup>3</sup>
Volumen sólido de agregado grueso	= 1136/2.68x1000	= 0.42 m <sup>3</sup>
Volumen de aire incluido	= 0.01x1	= <u>0.01 m<sup>3</sup></u>
Volumen sólido total de los componentes exceptuando la arena		= 0.698 m <sup>3</sup>

$$\text{Entonces el volumen sólido requerido de arena} = 1 - 0.698 = 0.302 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso requerido de arena seca} = 0.302 \times 2.64 \times 1000 = 797 \text{ kg.}$$

Comparando ambos procedimientos.  
(para un metro cúbico de concreto)

	Por peso Kg.	Por volumen Kg.
Agua	175	175
Cemento	282	282
Grava (seca)	1136	1136
Arena (seca)	827	797

Octavo:

Pesos ajustados del agregado.

Agregado grueso (mojado) =  $1136 \times 1.02 = 1159$  kg.

Agregado fino (mojado) =  $827 \times 1.06 = 877$  kg.

El agua absorbida no forma parte del agua de mezclado y debe quedar excluida del ajuste de agua adicional, entonces el agua superficial proporcionada por el agregado grueso será  $2 - 0.5\% = 1.5\%$  y del agregado fino,  $6 - 0.7\% = 5.3\%$ , entonces el requerimiento estimado de adición de agua será:

$$175 - 1136(0.053) = 114 \text{ kg}$$

por lo tanto los pesos estimados de mezclas para un metro cúbico de concreto son:

Agua (por añadir)	114 kg.
Cemento	282 kg
Agregado grueso (mojado)	1159 kg
Agregado fino (mojado)	877 kg

Noveno:

Para la mezcla de prueba de laboratorio, se consideró reducir los pesos para producir  $0.023 \text{ m}^3$  de concreto. La cantidad calculada de agua por añadir es 2.62, pero la cantidad que se empleó en realidad para obtener 8 ó 10 cm. de revenimiento fue de 3.17 kg. entonces la mezcla se compone de:

Agua (añadida)	3.17 kg.
Cemento	6.49 kg.
Agregado grueso (mojado)	26.66 kg.
Agregado fino (mojado)	<u>20.17 kg.</u>
	56.49 kg.

**Nota:** Las cantidades obtenidas de agua, cemento, agregado grueso y fino del octavo paso se multiplican por  $0.023 \text{ m}^3$  de concreto.

El concreto tiene un revenimiento medido de 5 cm y un peso unitario de mezclas futuras, se hacen los siguientes ajustes.

La fluencia de la mezcla de prueba es:

$$56.49/2390 = 0.0236 \text{ m}^3$$

y el contenido de agua añadida es =  $3.17 \text{ kg.} + (26.66 / 1.02 \times 0.015)$  en el agregado grueso +  $(20.17 / 1.06 \times 0.053)$  del agregado fino.

$$\text{entonces } 3.17 + 0.39 + 1.0 = 4.57 \text{ kg.}$$

Entonces el agua de mezclado requerida para un metro cúbico es:

$$4.57 / 0.0236 = 194 \text{ kg}$$

Como el revenimiento es menor debemos incrementar 2 kg., para elevar el revenimiento de los 5cm medidos, a los 8 ó 10 cm. deseados. por lo tanto el agua neta será:

$$194 + 2 = 196 \text{ kg.}$$

Por consiguiente con el incremento del agua de mezclado, se requerirá cemento adicional para obtener la relación agua/cemento de 0.62. entonces el nuevo contenido de cemento será:

$$196 / 0.62 = 316 \text{ kg.}$$

La cantidad de agregado grueso por metro cúbico será:

$$26.66 / 0.0236 = 1130 \text{ kg. (mojado)}$$

$$1130 / 1.02 = 1108 \text{ kg. (seco)}$$

$$\text{y}$$
$$1108 ( 1.005) = 1113 \text{ kg. (sss)}$$

Por lo tanto la cantidad de arena requerida será:

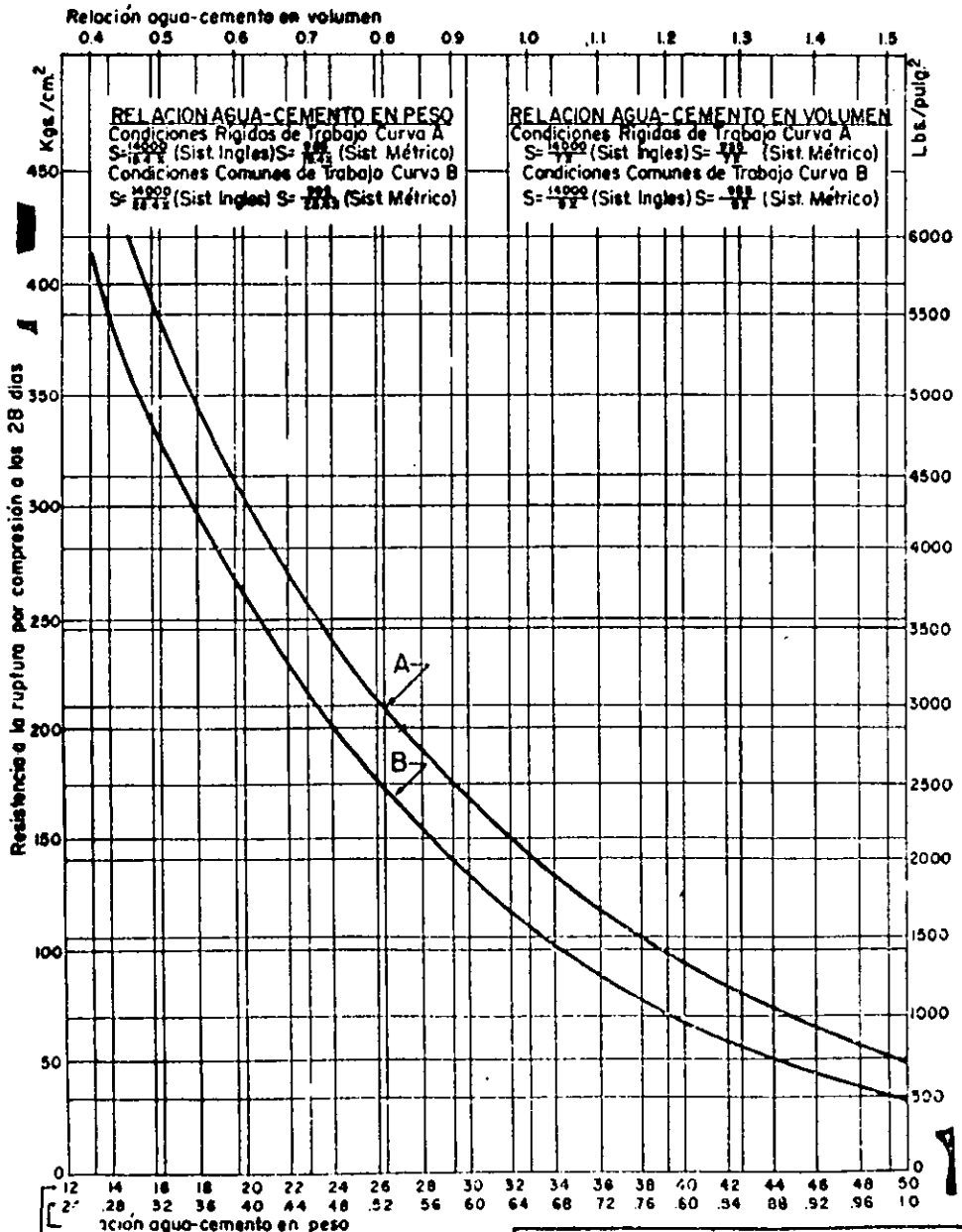
$$2390 - (196 + 316 + 1113) = 765 \text{ kg. (sss)}$$

$$\text{ó } 765 / 1.007 = 760 \text{ kg. (seco)}$$

Los pesos básicos ajustados, por metro cúbico de concreto son:

Agua (mezclado neto)	196 kg.
Cemento	316 kg.
Agregado grueso (seco)	1108 kg.
Agregado fino (seco)	760 kg.

**S. C. O. P.**  
**DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS Y LABORATORIOS**  
**DEPTO. DE ENSAYE DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS**  
**SECCION DE CONCRETO.**



PLANTAS DE CÁLCULO

CALCULO: ALBERTO DOMÍNGUEZ - JEFE SECC. ING. F. SANTANA O.  
 - VALI JAIME  
 DIBUJO: PADILLA B - JEFE DEPTO. ING. L. BALCAZAR R.



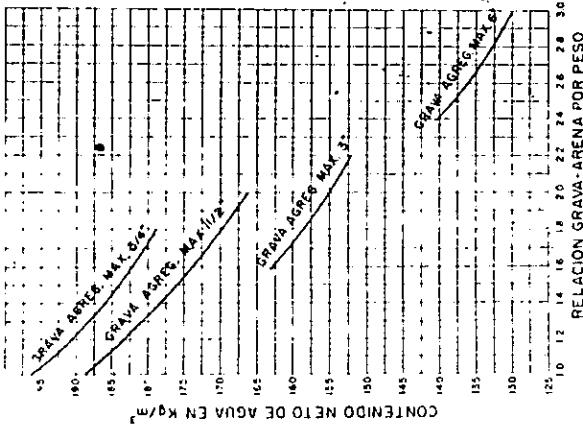


Fig. 2

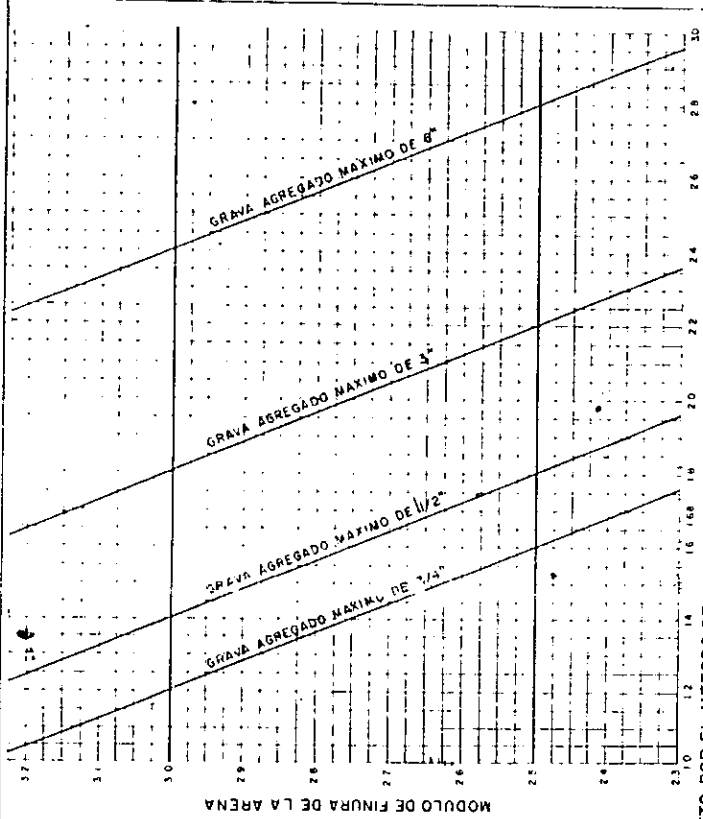


Fig. 1

PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR EL METODO DE "CURVAS Y NOMOGRAMAS"

Muestra de uso: - Para calcular una mezcla se complementan éstas gráficas con el nomograma C-C-6.  
 Gráfica 1 - Estirado con el módulo de finura en el eje de las ordenadas, se proyecta sobre el eje de abscisas de concreto sobre el eje de abscisas de agregado máximo, y se prolonga al punto de intersección se proyecta sobre el eje de las ordenadas y se obtiene la relación gravimétrica.  
 Gráfica 2 - La relación gravimétrica obtenida en la gráfica 1, se proyecta sobre la curva de agregado máximo que se requiere. El punto de intersección se prolonga horizontalmente sobre el eje de las ordenadas y se obtiene el contenido neto de agua en Kg/m³.

Este contenido de agua se convierte para volumétrica de "C" Para volumétricas diferentes, se corrige el peso en un 3% por cada punto de la abscisa para "C", para mayor exactitud y al menor peso posible. Una vez obtenido el contenido de agua se usa el nomograma C-C-6.  
 La gráfica muestra por las ordenadas el módulo de finura de la arena de 2.5 a 3.0, con las curvas de concreto horizontalmente correspondiente del nomograma C-C-6.

CONSTRUYO M. LABASTIDA VÉRFICO ING. Y SANTOS O.  
 DIBUJO S. PADILLA S.  
 ADAPTO

**S C O P**  
 DIR. GIRAL DE PROYECTOS Y LABORATORIOS  
 DEPTO. DE ENSAYE DE MATERIALES DE ESTRUCTURAS  
 SECCION DE CONCRETO

**GRAFICAS PARA DETERMINAR  
 LA RELACION GRAVA-ARENA Y EL  
 CONTENIDO NETO DE AGUA POR PESO**

EL JEFE DE LA SECCION  
 EL JEFE DEL DEPTO.  
 MEXICO, D.F.  
 MAR 1954

G - C - 18

Ejemplo de dosificación por el método de curvas de ABRAHMS.

$f_c$  de proyecto = 250 kg/cm<sup>2</sup>

TMA = 1 1/2"

MF arena = 2.80

Propiedades físicas de los agregados:

MATERIAL	M.F.	Peso volumetrico	Peso especifico o densidad	Absorción	Humedad total
Cemento		1515	3.15		
Agua		1000	1.00		
Grava 1 1/2"		1600	2.68	0.5%	2%
Arena	2.8	1180	2.64	0.7%	6%

**SIMBOLOGIA:**

C = Cemento

A/C = Relación Agua -Cemento

A = Agua

M.F = Módulo de finura

a = Arena

(a+g) = Volumen de agregados

g = Grava

g/a = Relación grava-arena

$d_s$  = Densidad grava

$d_a$  = Densidad arena

**Cálculo:**

Primero:

Obtener la relación agua/cemento por peso, en la gráfica (1). Entrando al eje vertical con la resistencia de 250 kg/cm<sup>2</sup>, trazamos una horizontal, hasta interceptar con la curva (A), posteriormente, trazamos una vertical hasta interceptar con el eje horizontal, para obtener la relación agua/cemento en peso.

$$A/C = 0.56$$

Segundo:

Obtener la relación grava/arena por peso, en la gráfica (2). Entrando al eje vertical con el módulo de finura igual a 2.8, trazamos una horizontal, interceptando con la diagonal del TMA (1 1/2"), posteriormente trazamos una vertical hasta interceptar con el eje horizontal para obtener la relación grava/arena por peso.

$$g/a = 1.57$$

Tercero:

Obtener el contenido de agua en lt/m<sup>3</sup>, en la gráfica (3). Entrando al eje horizontal con una relación grava/arena = 1.57, trazamos una vertical, interceptando con la curva del agregado máximo (1 1/2"), posteriormente, trazamos una horizontal hasta interceptar con la vertical, para obtener el contenido de agua.

$$\text{Contenido de agua} = 174 \text{ lts.}$$

Cuarto:

Obtener la cantidad de cemento. Si tenemos :

$$\begin{aligned}A/C &= 0.56 \text{ y } A = 174 \text{ lts.} \\ \text{Por lo tanto } C &= 174 / 0.56 \\ C &= 311 \text{ kg.}\end{aligned}$$

Quinto:

Obtener el volumen de lechada. El Volumen de lechada es la suma del volumen absoluto del cemento más el agua de mezclado.

$$\text{Volumen de lechada} = 311 / 3.15 + 174 = 272.73 \text{ lt.}$$

Sexto:

Obtener el volumen de agregado. Si el volumen unitario de concreto es 1000 lts. Entonces

$$\begin{aligned}C + A + a + g &= 1000 \text{ y el volumen de lechada es:} \\ (A + C) &= 272.73 \text{ lts.}\end{aligned}$$

Entonces el volumen de los agregados es la diferencia del volumen unitario de concreto menos el volumen de lechada.

$$(a + g) = 1000 - 272.73 = 727.27 \text{ lt.}$$

Séptimo:

Obtener el volumen de arena y grava. La relación g/a está dada en peso, por lo que hay que convertirla a volumen; esto se consigue multiplicando este valor por el inverso de la densidad de los agregados.

$$R \quad g/a \text{ (peso)} = 1.57$$

$$R \quad g/a \text{ (volumen)} = 1.57 \times \frac{1}{d_g} / \frac{1}{d_a} = 1.55$$

De las siguientes fórmulas deducimos:

$$g/a \text{ (vol.)} = 1.57 \times \frac{1}{2.68} / \frac{1}{2.64} = 1.55$$

$$\text{entonces } g = 1.55a \text{ ----- (1)}$$

Sabemos que:

$$(a+g) = 727.27 \text{----- (2)}$$

Sustituyen g en (2), tenemos:

$$a + 1.55a = 727.27$$

$$2.55a = 727.27$$

$$a = 727.27 / 2.55$$

$$a = 285 \text{ lt.} = 285 / 1000 = 0.285 \times 2.68 \times 1000 = 752 \text{ kg.}$$

Sustituyendo el valor de (a) en (1), por lo tanto:

$$g = 1.55 (285) = 442 \text{ lit.} = 442 / 1000 = 0.442 \times 2.68 \times 1000 = 1185 \text{ kg.}$$

Proporcionamiento:

Material	cantidad por m <sup>3</sup> (peso) kg.	Cantidad por m <sup>3</sup> (volumen) m <sup>3</sup>	Cantidad por m <sup>3</sup> (volumen) lts.
Agua	311	0.099	99
Grava 1 1/2"	174	0.174	174
Arena	<u>1185</u>	<u>0.442</u>	<u>442</u>
	2422	1.000	1000

Octavo:

Ajustar los pesos del agregado. Sabemos que la humedad total del agregado grueso y fino es de 2% y 6% respectivamente, por lo tanto para obtener el agregado grueso y fino (mojado), las cantidades obtenidas en el proporcionamiento se multiplican por 1.02 y 1.06 respectivamente.

$$\text{Agregado grueso (mojado)} = 1185 (1.02) = 1209$$

$$\text{Agregado fino (mojado)} = 752 (1.06) = 797$$

El agua absorbida no forma parte del agua de mezclado y debe quedar excluida del ajuste de agua adicional, entonces el agua superficial proporcionada por el agregado grueso será 2-0.5% = 1.5% y del agregado fino, 6-0.7% = 5.3%, por lo tanto el requerimiento estimado de adición de agua será:

$$174 - 1185 (0.015) - 752 (0.053) = 116 \text{ kg.}$$

Entonces los pesos estimados de mezclas para un metro cúbico de concreto son:

Agua (por añadir)	116 kg.
Cemento	311 kg.
Agregado grueso (mojado)	1209 kg.
Agregado fino (mojado)	797 kg.

Ajustes de la mezcla tentativa.

La mezcla calculada se deberá verificar por medio de mezclas tentativas preparadas y ensayadas, o con mezclas de campo a escala natural. En este peso, sólo se deberán emplear el agua necesaria para dar el revenimiento requerido, independientemente de la calidad estimada en la mezcla tentativa. El concreto se deberá revisar por peso unitario y por volumen producido. Se tendrá cuidado de observar una manejabilidad apropiada, libre de segregación y con buenas propiedades de acabado.

En algunos casos se necesitará una mayor cantidad de agua, en estos casos el consumo de cemento debe ser aumentado para mantener la misma relación, agua-cemento (a/c) garantizando así la resistencia de proyecto. También puede darse el caso que la mezcla requiere una menor cantidad de agua que la determinada en el cálculo pero es recomendable que no se haga ningún ajuste al consumo de cemento.

Noveno:

Para la mezcla de prueba de laboratorio, se considerará reducir los pesos para producir  $0.023\text{m}^3$  de concreto. La cantidad calculada de agua por añadir es  $(116 \times 0.023) = 2.67$ , pero la cantidad que se empleó en realidad para obtener 8 ó 10 cm de revenimiento fue de 3.17 kg. por lo tanto la mezcla se compone de:

Agua (añadida)	3.17 kg.
Cemento	7.15 kg.
Agregado grueso (mojado)	27.81 kg.
Agregado fino (mojado)	18.33 kg.

Nota: Las cantidades obtenidas de agua, cemento, agregado grueso y fino del octavo paso se multiplican por  $0.023\text{m}^3$  de concreto.

El revenimiento de 5 cm y un peso unitario de  $2390\text{ kg/m}^3$ . Para proporcionar la fluencia apropiada y otras características para mezclas futuras, se hacen los siguientes ajustes.

La fluencia de la mezcla de prueba es:

$$56.46 / 2390 = 0.0236\text{m}^3$$

y el contenido de agua es igual.

$$3.17 + (27.81 / 1.02 = 27.26 \times 0.015 = 0.41) + (18.33 / 1.06 = 17.29 \times 0.053 = 0.92) \\ \text{entonces } 3.17 + 0.41 + 0.92 = 4.5\text{ kg.}$$

Por lo tanto el agua de mezclado requerida para un metro cúbico es:

$$\frac{4.5}{0.0236} = 191\text{ kg.}$$

Como el revenimiento es menor debemos incrementar 2 kg, para elevar el revenimiento de 5 cm medidos, los 8 ó 10 cm deseados entonces el agua neta será  $191 + 2 = 193\text{ kg.}$

Por consiguiente con el incremento del agua de mezclado, se requerirá cemento adicional para obtener la relación agua/cemento de 0.56, entonces el nuevo contenido de cemento será:

$$\frac{193}{0.56} = 345\text{ kg}$$

La cantidad de agregado grueso por metro cúbico será:

$$27.81/0.0236 = 1178 \text{ kg (mojado)}$$

$$1178/1.02 = 1155 \text{ kg (seco) y}$$

$$1155(1.005) = 1161 \text{ kg (sss)}$$

por lo tanto la cantidad de arena requerida será:

$$2390 - (193 + 345 + 1161) = 691 \text{ kg. (sss) ó}$$

$$691/1.007 = 686 \text{ kg. (seco)}$$

Los pesos básicos ajustados, por metro cúbico de concreto son:

Agua (mezclado neto)	193 kg.
Cemento	345 kg.
Agregado grueso (seco)	1155 kg.
Agregado fino (seco)	686 kg.

Dosificación en peso y en volumen:

De las cantidades obtenidas en el diseño de mezclas, es posible reproducir un volumen de concreto equivalente a un saco de cemento de 50 kg. mediante la determinación del contenido de sacos de cemento que integran la mezcla y la división del contenido de materiales en peso entre el mismo.

relación por saco de cemento			
Cemento	345 / 50	6.90	50
Agua	193 / 6.90	27.97	28 lt.
Agregado Grueso 1 1/2"	1155 / 6.90	167.39	167 kg.
Arena	686 / 6.90	99.42	99 kg.

Relación en peso: La relación en peso se entiende también con respecto al peso del cemento.

Relación en peso		
Cemento	50 / 50 = 1.00	1.0
Agua	28 / 50 = 0.56	0.6
Grava 1 1/2"	167 / 50 = 3.34	3.3
Arena	99 / 50 = 1.98	1.9

El volumen aparente de la mezcla correspondiente a un saco de cemento de 50 kg. se determina dividiendo la relación por saco de cemento entre los pesos volumétricos de los materiales.

volumen aparente por saco de cemento		
Cemento	50 / 1.515 =	33.0 lt. aparente
Agua	28 / 1.000 =	28.0 lt. aparente
Grava 1 1/2"	167 / 1.600 =	104.4 lt. aparente
Arena	99 / 1.180 =	83.9 lt. aparente

Relación en volumen:

Relación en volumen aparente		
Cemento	$33 / 33 = 1.00$	1.00
Agua	$28 / 33 = 0.85$	0.85
Grava 1 1/2"	$104.40 / 33 = 3.16$	3.16
Arena	$83.90 / 33 = 2.54$	2.54

El volumen absoluto de la mezcla correspondiente a un saco de cemento se determina dividiendo las cantidades de material entre su densidad o peso específico.

Volumen absoluto por saco de cemento		
Cemento	$50 / 3.15 = 15.87$	15.9
Agua	$28 / 1.00 = 28.00$	28.0
Grava 1 1/2"	$104.40 / 2.68 = 38.95$	38.9
Arena	$83.90 / 2.64 = 31.78$	31.8

#### TABLA COMPARATIVA

Cantidades de los materiales en kgs. para un metro cúbico de concreto.

	Cemento	Agua	Grava	Arena
Método ACI	316	196	1108	760
Curvas de abrahms	345	193	1155	686

### **11.1.8 ADITIVOS MAS COMUNES Y EFECTOS QUE CAUSAN EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN QUE SE EMPLEAN**

La Norma ASTM define un aditivo como "Un material diferente del agua, de los agregados y del cemento portland que se emplea como componente del concreto o mortero y que se agrega a la mezcla inmediatamente antes del mezclado o durante el mismo." Este informe trata sobre todos los aditivos comúnmente reconocidos, excepto aquellos cuyo empleo da como resultado un tipo especial de concreto, asignado a otro comité del ACI.

#### ***Clasificación de aditivos***

- 1.- Aditivos inclusores de aire
- 2.- Aditivos reductores de agua
- 3.- Aditivos retardantes
- 4.- Aditivos acelerantes
- 5.- Superplastificantes
- 6.- Aditivos minerales finamente divididos
- 7.- Aditivos diversos, para mejorar la trabajabilidad, adherencia a prueba de humedad, impermeabilizante, lechareado, formadores de gas, colorantes, inhibidores de la corrosión y ayuda para bombeo.

El concreto debe ser trabajable, capaz de dar acabados fuertes, durables, impermeable y resistente al desgaste. Estas cualidades se pueden obtener de una manera fácil y económica seleccionando los materiales adecuados sin que se tenga que recurrir a los aditivos (excepto los aditivos inclusores de aire cuando son necesarios).

#### ***Principales razones del empleo de los aditivos***

- 1.- Para reducir el costo de la construcción de concreto.
- 2.- Para obtener algunas propiedades en el concreto de manera efectiva por otros medios.
- 3.- Para asegurar la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado en condiciones ambientales adversas.
- 4.- Para superar ciertas eventualidades durante las operaciones de colado.



La efectividad del aditivo depende de tales factores como tipo, marca y cantidad de cemento; contenido de agua, proporción de agregados, granulometría, revenimiento, tiempo de mezclado, forma, temperaturas del concreto y del aire.

El aditivo que ha sido considerado para el empleo del concreto deberá cubrir en las especificaciones. Se debe realizar mezclas de prueba con el aditivo y los materiales por utilizar a las temperaturas y humedades que se vayan a tener en la obra. De esta manera se puede observar tanto la compactibilidad del aditivo con otros materiales a emplear, tales como los efectos del aditivo sobre las propiedades del concreto fresco y endurecido. Aún cuando un aditivo puede producir un concreto con las propiedades deseadas se pueden obtener los mismos resultados económicos, cambiando las proporciones de la mezcla o eligiendo otros ingredientes para el concreto.

#### **Aditivos inclusores de aire**

Se utilizan para retener burbujas microscópicas de aire en el concreto. La inclusión de aire mejora la durabilidad del concreto que esté expuesto a la humedad durante los ciclos de congelación y deshielo. El aire incluido mejora la resistencia del concreto contra el descascaramiento de la superficie causado por los productos químicos. También se ve de manera importante la trabajabilidad del concreto fresco, la segregación y el sangrado se reduce o se llega a eliminar. El concreto con aire incluido contiene diminutas burbujas de aire distribuidas en toda la pasta de cemento. Por otra parte, los aditivos se agregan directamente a los componentes del concreto durante el mezclado.

#### **Aditivos reductores de agua**

Los aditivos reductores de agua se emplean para disminuir la cantidad de agua mezclado requerida para producir un concreto con cierto revenimiento, reducir la relación agua-cemento o para aumentar el revenimiento. Los reductores de agua disminuyen el contenido de agua aproximadamente entre el 5 y 10%.

Los reductores de agua de alto rango reducen el contenido de agua de 12 a 30%. El hecho de agregar un aditivo puede producir una mezcla con un revenimiento mucho mayor. No obstante, la velocidad en la pérdida de revenimiento no se reduce sino que incluso aumenta en muchos casos. La

pérdida rápida de revenimiento, teniendo como resultado una reducción en la trabajabilidad así como un menor tiempo para colocar el concreto. Con los aditivos reductores de agua se obtiene un aumento en la resistencia porque se reduce la relación agua-cemento. A pesar de la reducción en el contenido de agua, los aditivos reductores de agua pueden causar incrementos considerables en la contracción por secado. El emplear un aditivo reductor de agua puede dar como resultado una resistencia a compresión igual o menor y puede aumentar la pérdida de revenimiento. Dependiendo de su composición química, los aditivos reductores de agua pueden disminuir, aumentar o no tener ningún efecto en el sangrado. Muchos aditivos reductores de agua también pueden retardar el tiempo de fraguado del concreto. Algunos se les modifica para producir varios grados de retardo, mientras que otros no afectan el tiempo de fraguado.

La efectividad de los reductores de agua en el concreto es en función de su composición química, temperatura del concreto, finura, composición del cemento, contenido del cemento, y presencia de otros aditivos. Algunos aditivos son más efectivos al emplearse en mezclas pobres y cementos con contenidos bajos de alcalis o de aluminato tricálcico

### **Aditivos retardantes**

Los aditivos retardantes se emplean para aminorar la velocidad de fraguado del concreto. Las temperaturas altas en el concreto fresco, son frecuentemente la causa de una gran velocidad en el endurecimiento lo que provoca que el colado y acabado del concreto sea difícil.

Uno de los métodos más prácticos de contrarrestar este efecto consiste en hacer descender la temperatura del concreto enfriando el agua de mezclado o los agregados. Los aditivos retardantes no bajan la temperatura inicial del concreto.

### **Los retardantes se emplean en ocasiones para:**

- 1) Compensar el efecto acelerante que tiene el clima cálido en el fraguado del concreto.
- 2) Demorar el fraguado inicial del concreto o lechada cuando se presentan condiciones de colado difíciles o poco usuales, como puede ocurrir al colar estribos o cimentaciones de gran tamaño, cementar pozos petroleros, bombear lechada o concreto a distancia considerable.

- 3) Retrasar el fraguado para aplicar procesos de acabados especiales, como pueden ser una superficie de agregado expuesto.

En general, el empleo de retardantes va acompañado de una cierta reducción de resistencia a edades tempranas 1 o 3 días. Los efectos de estos materiales en las demás propiedades del concreto, tales como la contracción pueden ser impredecibles.

#### **Aditivos acelerantes**

Estos aditivos se emplean para acelerar el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas. También se puede acelerar:

1. Con el empleo de cemento portland de alta resistencia a edad temprana Tipo III.
2. Reduciendo la relación agua/cemento con el aumento de 60 a 120 kg de cemento adicional por metro cúbico de concreto.
3. Curado a mayores temperaturas.

El cloruro de calcio es el material usado en los aditivos acelerantes. El amplio uso de los aditivos a base de cloruro de calcio, ha brindado muchos datos y experiencias sobre su efecto en las propiedades del concreto.

Aparte del incremento en la aceleración de resistencia, el cloruro de calcio produce un aumento en la contracción por secado, una posible corrosión del refuerzo, decoloramiento y posibles descascaramientos.

El cloruro de calcio se debe agregar a la mezcla de concreto en forma de solución como parte del agua de mezclado. Si se agrega estando seco al concreto se corre el riesgo de que no todas las partículas secas queden completamente disueltas durante el mezclado.

La cantidad de cloruro de calcio que se vaya a agregar no debe ser mayor de lo necesario para producir los resultados esperados y en ningún caso exceder el 2% del peso del cemento. Una sobredosis puede producir problemas en el colado y ser nociva para el concreto y provocar un endurecimiento rápido, causar un fuerte incremento en la contracción por secado, corroer al refuerzo y ser causa de pérdidas de resistencia a edades tardías.

Los casos en los que se debe emplear con precaución el cloruro de calcio son:

1. En concretos sujetos a curado al vapor.
2. En concretos que tengan inmersos metales distintos, especialmente si esta conectados electricamente al acero de refuerzo.
3. En losas de concreto soportadas por cimbras permanentes de acero galvanizado.

No se recomienda el empleo de cloruro de calcio ni de aditivos que contengan cloruros solubles bajo las siguientes condiciones:

1. En los concretos presforzados debido a los posibles riesgos de corrosión.
2. En los concretos que contengan aluminio ahogado (por ejemplo tubo-conductos), puesto que puede producirse una severa corrosión del aluminio, especialmente si el aluminio esta en contacto con el acero ahogado y el concreto se encuentra en un medio húmedo.
3. En concretos sujetos a reacciones álcali-agregado, expuestos a suelos o aguas que contengan sulfatos.
4. En losas de piso en que se trate de dar acabados metálicos en seco con llana.
5. En climas cálidos en general.
6. En colados de concreto masivo.

### **Aditivos Superplastificantes (Reductores de agua de alto rango)**

Los aditivos superplastificantes son aditivos reductores de agua de alto rango que cubren las especificaciones ASTM, que se agregan a los concretos de revenimiento y relación agua-cemento bajos a normales para producir concretos fluidos de alto revenimiento.

Los concretos producidos son concretos muy fluidos pero trabajables los cuales se pueden colocar con poca vibración o compactación, pudiendo quedar todavía libres de sangrado y segregación excesivo.

#### **El concreto fluido se emplea en:**

1. Colados de secciones delgadas.
2. Areas que tengan el acero de refuerzo cercanamente espaciado o muy congestionado.
3. Colados con tubo-embudo (bajo el agua).
4. Como concreto bombeable para disminuir la presión de la bomba, obteniendo con ello un aumento en la distancia de bombeo horizontal y vertical.
5. Areas donde los métodos convencionales de consolidación no se puedan emplear o resulten poco prácticos.
6. Para aminorar los costos de manejo.

El concreto fluido queda definido por la especificación ASTM C1017 como el concreto que tiene un revenimiento mayor de 19 cm y que todavía conserva sus propiedades cohesivas. Los revenimientos excesivos mayores o iguales de 25 cm, pueden provocar que el concreto se segregue.

Los reductores de agua de alto rango también se pueden emplear para fabricar concretos de baja relación agua-cemento y de alta resistencia con trabajabilidad dentro del limite especificado para consolidar por medio de vibración interna. Con el uso de estos aditivos se puede obtener una reducción de

agua de 12 al 30%. La reducción en el contenido de agua y en la relación agua-cemento permite producir concretos con:

1. Resistencias últimas a compresión arriba de  $700 \text{ kg/cm}^2$ .
2. Mayor adquisición de resistencia a edad temprana.
3. Una menor penetración del ion cloruro así como otras propiedades favorables que están asociadas con los concretos que tienen relaciones agua/cemento bajas.

En la mayoría de los superplastificantes, el efecto para elevar la trabajabilidad o para producir concretos fluidos es de corta duración de 30 a 60 minutos, y va seguido por una pérdida muy rápida de trabajabilidad (pérdida de revenimiento). La efectividad del superplastificante se eleva con el aumento en la cantidad de cemento y finos del concreto. También se modifica con el revenimiento inicial del concreto. El concreto con superplastificante tiene vacíos de aire incluido de mayor tamaño que un concreto normal con aire incluido. Esto indica menor resistencia a la congelación y deshielo en condiciones normales; sin embargo las pruebas de laboratorio han mostrado que tiene una muy buena durabilidad a la congelación-deshielo, aún con sus mayores factores de espaciamiento. Esto puede ser resultado de las menores relaciones agua-cemento que se asocian con el concreto superplastificante.

### **Agentes impermeabilizantes**

Los agentes impermeabilizantes reducen la velocidad a la cual se transmite agua a presión a través del concreto. Uno de los mejores métodos para disminuir la permeabilidad en el concreto, consiste en aumentar el contenido de cemento y el período de curado húmedo y reducir la relación agua/cemento a menos de 0.5. La mayoría de estos aditivos que reducen la relación agua/cemento disminuyen la permeabilidad.

### **Aditivos colorantes**

Se da color al concreto haciendo uso de materiales naturales y sintéticos por razones estéticas y de seguridad. El concreto de color rojo se utiliza a menudo alrededor de las líneas subterráneas o de gas

como advertencia de su presencia. El peso de los pigmentos no excedera el 10% del peso del cemento. En general, el uso de pigmentos en cantidades inferiores al 6% del peso del cemento no afecta a las propiedades del concreto.

#### **Agentes productores de gas**

En ocasiones se agrega polvo de aluminio y otros materiales productores de gas al concreto o a las lechadas en cantidades muy pequeñas para producir una expansión antes del endurecimiento. Esto es de utilidad en los casos en que es esencial el relleno total de una área confinada, como bajo las bases de máquinas o en los ductos de postensado en concretos presforzados. Estos agentes se utilizan en cantidades mayores para producir concretos celulares ligeros. La magnitud de la expansión resultante depende de la cantidad del material productor de gas que se ha utilizado, temperatura de la mezcla en estado fresco, contenido de alcalis del cemento y otras variables.

#### **Exclusores de aire**

Los aditivos exclusores de aire reducen el contenido de aire en el concreto. Se emplea cuando no es posible reducir el contenido de aire con el ajuste de las proporciones de la mezcla ni con el cambio en la dosificación del agente inclusor de aire u otros aditivos. Aún así, los exclusores de aire se emplean rara vez y tanto su efectividad como su prueba antes de utilizarlos en las mezclas definitivas.

### **II.1.9 COSTOS UNITARIOS Y RENDIMIENTO DEL EQUIPO DE FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE CONCRETO**

Se ha observado que los costos y los precios unitarios de construcción que resultan de un estudio, solo son aplicables a la obra, lugar, constructor, época y tiempo determinado que tienen vigencia en condiciones económicas específicas, de lo que se concluye de los valores obtenidos no son de aplicación, por lo que deberá elaborarse un estudio para cada obra en particular y proceder a las actualizaciones, si en su desarrollo se registran cambios económicos que modifiquen los costos y precios unitarios que fueran de ciertos límites y se establecen en las cláusulas de los contratos. En la mayoría de las obras es necesario el empleo del equipo de construcción. Por lo tanto, todo presupuesto deberá tomarse en cuenta el costo del

equipo empleado en la obra. El equipo puede conseguirse comprándolo o alquilándolo. Cuando se renta el equipo el estimador deberá incluir el costo en el presupuesto.

### *Selección de costos unitarios*

El volumen de trabajo no puede determinarse con exactitud, ordinariamente se emplea un contrato a precio unitario que tiene muchas ventajas. Los contratos a precio unitario se adaptan muy bien en particular al trabajo de la construcción pesada como: carreteras, puentes, presas y muelles, en las que se requieren grandes cantidades de construcción. Este contrato fija un precio por cada unidad de trabajo.

Los contratos a precio unitario permiten realizar concursos competitivos a la vez que se puede variar en forma razonable, las cantidades de las diversas partidas del trabajo sin ordenes formales de modificación. Los planos y las especificaciones deben estar completos en todos sus aspectos, de manera que permitan al contratista evaluar la magnitud y la complejidad del proyecto. Las cantidades de la obra sobre las cuales se reciben ofertas son cantidades estimadas determinadas por el Ingeniero. Los pagos al contratista se hacen por la cantidad de unidades de cada partida de trabajo realizado en la obra.

El contratista esta protegido contra una amplia variación entre la cantidad de trabajo propuesto y la cantidad del trabajo realizado sin el beneficio de un ajuste en el precio, se acostumbra que el contrato disponga de los precios unitarios que se apliquen dentro de un intervalo del 25% abajo y del 25% arriba de las cantidades especificadas. No es raro emplear las características de contrato a precio alzado como las del precio unitario en un solo contrato.

### *Precio unitario*

El precio unitario se definen como la suma de los costos directos más los costos indirectos de un concepto de trabajo, incluyendo la utilidad del constructor.

El costo directo es la suma de los costos parciales de la mano de obra, equipo y materiales.

Los costos indirectos son aquellos de carácter esencial, ya que son gastos generales que se hacen con el fin de dar continuidad a la ejecución de los trabajos. Por ejemplo, gastos de administración,



financiamiento, fianza, seguros e imprevistos. Los costos indirectos se pueden analizar y estimar más o menos en el mismo orden de los costos directos. Estos costos deben ser controlados para que no rebasen los límites que se han definido para ellos.

La utilidad del contratista es la percepción a que tiene derecho por los trabajos ejecutados y riesgos de la inversión, generalmente es entre un 10 y 15%. Para poder analizar un costo directo es necesario:

- 1) Conocer y diseñar todos los pasos que se deben realizar para ejecutar un concepto de trabajo.
- 2) Conocer los rendimientos de la mano de obra y su costo real.
- 3) Establecer los costos horarios de la maquinaria y estudiar sus rendimientos.
- 4) Cuantificar los materiales que lleva el concepto, conocer sus costos, fletes, desperdicio y costo de almacenamiento.

El mercado de la construcción ofrece una nutrida variedad de maquinaria de diferentes marcas, modelos, capacidades y especificaciones de calidad. Deberán por lo tanto, realizarse estudios cuidadosos, a fin de determinar cual es la maquinaria más conveniente para la óptima ejecución de la obra u obras en que se compromete la organización constructiva. El tiempo de utilización del equipo en relación con factores de tipo económico, han generado los conceptos de vida útil y vida económica.

### **Vida útil de la maquinaria**

En toda máquina, durante los tiempos de utilización, como durante los periodos en que se encuentra ociosa, sus diversas partes y mecanismos van sufriendo desgastes y deméritos, por lo que con cierta frecuencia más o menos determinada y predecible, dichas partes deben ser reparadas o sustituidas para que la máquina esté constantemente habilitada para trabajar y producir con eficiencia y economía.

La vida útil de una maquinaria depende de múltiples y complejos factores, que pueden ser: fallas de fabricación, falta de protección contra los agentes atmosféricos, desgastes excesivos debidos a uso anormal, vibraciones y fricción de sus partes móviles, manejo de diferentes operadores e irresponsabilidad de los mismos, descuidos técnicos, etc.

### **Vida económica del equipo**

Se entiende por vida económica de una máquina, el periodo durante el cual puede ésta operar en forma eficiente, realizando un trabajo económico, satisfactorio y oportuno, siempre y cuando la máquina sea correctamente conservada y mantenida.

### **Valor de rescate**

Se ha llamado valor de adquisición de la máquina a su precio promedio actual en el mercado, pagado de contado. Cuando el valor de adquisición de la máquina incluye el valor de las llantas y otros accesorios de desgaste rápido, estos valores deberán ser descontados del valor de adquisición original.

Se entiende por valor de rescate de una máquina el valor comercial que tiene la misma al final de su vida económica.

### **Costos horario de operación de maquinaria**

El costo horario por equipo, es el que se deriva del uso correcto de las máquinas adecuadas y necesarias para la ejecución de los conceptos de trabajo, conforme a lo estipulado en las especificaciones y en el contrato, se integra mediante los siguientes cargos:

Cargos fijos

Cargos por consumo

Cargos por operación

#### **a) Cargos fijos**

Son los que se derivan de los correspondientes al: depreciación, inversión, seguro, mantenimiento mayor y almacenaje.

Cargo de depreciación.

Es el que resulta por la disminución en el valor original de la maquinaria, como consecuencia de su uso durante el tiempo de su vida económica.

Se representa por la siguiente ecuación:

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$$

En la actualidad, en el medio de la construcción, la legislación fiscal considera que la depreciación total del equipo de construcción se completa en un periodo de 5 años, lo cual significa una depreciación anual de 20% del costo de adquisición de la máquina.

Cargo por inversión

Es el cargo equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en maquinaria. Se representa por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} i$$

Podemos decir, que la tasa de interés, varía entre 42 y 48% actualmente.

Cargo por seguros.

Se entiende como cargo por seguros, el necesario para cubrir los riesgos a que está sujeta la maquinaria de construcción durante su vida económica y por accidentes que sufra.

$$S = \frac{Va + Vr}{2Ha} s$$

Cargo por mantenimiento

Son los originados por todas las erogaciones necesarias para conservar la maquinaria en buenas condiciones, a efecto de que trabaje con rendimiento normal durante su vida económica. Se representa por

$$M = QD$$

### b) Cargos por consumos

Las máquinas empleadas en la construcción de las obras generalmente son accionadas por motores de combustión interna, bien sean de gasolina o diesel. Para que las máquinas puedan operar, se requiere de un constante abastecimiento de los combustibles y lubricantes consumidos por las mismas.

Los cargos por consumo son los que se derivan de las erogaciones que resulten por el uso de: combustibles, otras fuentes de energía, lubricantes, llantas y piezas especiales de desgaste rápido.

#### Cargo por consumo de combustibles

Es el derivado de todas las erogaciones originadas por los consumos de gasolina o diesel para que los motores produzcan la energía que utilizan al desarrollar trabajo. Está representado por:

$$E = e P_c$$

Así por ejemplo, una máquina con motor diesel de 100 H.P., cuyo factor de operación sea 0.70 (promedio), tendrá un consumo de combustible de:

$$0.20 \text{ litros} \times 100 \text{ H.P.} \times 0.70 = 14.0 \text{ litros/hora}$$

#### Cargo por consumo de lubricantes

Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos y cambios periódicos de aceites; incluyen las erogaciones necesarias para suministrarlos en la máquina. Este cargo está representado por:

$$L = a P_e$$

Los consumos de aceite, incluyendo los cambios periódicos del mismo, se pueden determinar a partir de las siguientes fórmulas obtenidas por medio de observaciones estadísticas. Para máquinas con potencia de placa igual o menor de 100 H.P.

$$a = \frac{C}{1 + 0.0030} \times H.P. op.$$

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Para máquinas con potencia de placa mayor de 100 H.P.

$$a = \frac{C}{t + 0.0035} \times H.P. \cdot op$$

#### Cargo por consumo de llantas

Las llantas del equipo de construcción, al igual que el propio equipo, sufren demérito derivado del uso de las mismas por lo que necesario, además de repararlas y renovarlas periódicamente, reemplazarlas cuando han llegado al fin del periodo de su vida económica. La vida económica de las llantas varía en función de las condiciones de uso a que sean sometidas, del cuidado y mantenimiento que se les imparta, de las cargas a que operen y de las condiciones de las superficies de rodamiento de los caminos en que trabajen, resulta práctico expresar su vida económica en horas de trabajo. se considera rá este cargo solo para aquella maquinaria en la cual, al calcular su depreciación, se haya reducido al valor de las llantas del valor inicial de la misma.

$$Ll = \frac{Vll}{Hv}$$

#### Consumos por piezas de desgaste rápido

Finalmente el último cargo por consumos, es el relativo a piezas sujetas a continuas fuerzas abrasivas, a variaciones súbitas de presión, etc. y cuya vida económica es menos al resto del equipo. Se calcula mediante la expresión:

$$Pe = \frac{Vp}{Hr}$$

#### **c) Cargos por operación**

Es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por concepto del pago de salario al personal encargado de las operaciones de la máquina, por hora efectiva de la misma. Este cargo está representado por:

$$O = \frac{St}{H}$$

**FORMATO PARA EL ANÁLISIS DEL COSTO DIRECTO: Hora-Máquina**

<b>CONSTRUCTORA:</b> _____	Máquina: <u>Revolvedora</u>	Hoja No.: _____
		calcula: _____
<b>OBRA:</b> _____	Modelo: <u>R10 MCA MIPS A</u>	Reviso: _____
	Datos Adic: <u>1 saco portatil</u>	Fecha: _____
<b>DATOS GENERALES.</b>		
Precio adquisición: \$ <u>448,500.00</u>	Fecha cotización: <u>Octubre 1997</u>	
Equipo adicional: _____	Vida económica (Ve): <u>2 años</u>	
	Horas por año (Ha): <u>1600 hr/año</u>	
	Motor: <u>Gasolina</u> de <u>8</u> H.P.	
Valor inicial (Va) = \$ <u>448,500.00</u>	Factor operación = <u>0.70</u>	
Valor de rescate (Vr) = <u>10 %</u> = \$ <u>44,850.00</u>	Potencia operación = <u>5.60</u> H.P.op.	
Tasa interés (I) = <u>46 %</u>	Factor Mantenimiento (Q) = <u>1.00</u>	
Prima seguros (s) = <u>3 %</u>		
<b>I.- CARGOS FIJOS.</b>		
a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{VE} = \frac{448,500.00 - 44,850.00}{2 \times 1600}$	= \$ 126.16	
b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2Ha} (I) = \frac{448,500.00 + 44,850.00}{2 \times 1600} (0.46)$	= \$ 70.91	
c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2Ha} (s) = \frac{448,500.00 + 44,850.00}{2 \times 1600} (0.3)$	= \$ 4.62	
d) Mantenimiento: $M = Q D = 1.00 \times 126.16$	= \$ 126.16	
	<b>SUMA CARGOS FIJOS POR HORA = \$ 327.85</b>	
<b>II.- CONSUMOS.</b>		
a) Combustible: $E = e Pc$		
Diesel $E = 0.20 \times \text{H.P.op.} \times \$ \text{ / lt} = \$$		
Gasolina $E = 0.24 \times \underline{5.6} \text{ H.P.op} \times \$ \underline{40.00} / \text{lt} = \$53.76$		
b) Otras fuentes de energía: _____	= \$	
c) Lubricantes: $L = a Pc$		
Capacidad del carte = $C = \underline{2}$ litros		
Cambios aceite = $t = \underline{30}$ horas		
$a = C / t + \{0.0035 \times \underline{5.6} \text{ H.P op.} = \underline{0.08} \text{ lt/hr}$		
0.0030		
$\therefore L = \underline{0.08} \text{ lt/hr} \times \$ \underline{210} / \text{lt}$	= \$16.80	
d) Llantas: $Ll = \frac{v ll}{Hv}$ (valor llantas)		
Vida económica: $Hv = \text{_____}$ horas		
$\therefore Ll = \$$	=	
	<b>SUMA CONSUMOS POR HORA = \$ 70.56</b>	
<b>III.- OPERACION.</b>		
Salario: S		
Operador: $\$ \underline{993} \times \underline{1.6122} = 1600.91$		
Sal / turno - prom. \$ 1600.91		
Horas / turno - prom: (H)		
$H = 8 \text{ horas} = \underline{0.75} \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6} \text{ Horas}$		
$\therefore \text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{1600.91}{6} = \$ 266.82$		
	<b>SUMA OPERACION POR HORA \$ 266.82</b>	
<b>COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 665.23</b>		

### *Transporte y colocación del concreto*

Cada etapa del manejo, transporte y colado del concreto se debe controlar cuidadosamente para mantener la uniformidad dentro de la revolvedora, de modo que el concreto resulte consistente. El método para manejar y transportar el concreto, el equipo usado no debe constituir una restricción para la consistencia del concreto.

Se emplean muchos métodos para el manejo y transporte del concreto, entre estos se incluyen las canaletas, carretillas para concreto que se hacen funcionar en pasarelas, cucharones manejados por grúas o cable-vías, pequeños carros de ferrocarril, camiones, bombeo por tuberías, empujando neumáticamente el concreto y los materiales secos del concreto por mangueras.

Sin embargo, el equipo no constituye una garantía de que el trabajo resulte uniforme y de gran calidad. Una buena mezcla, con un coeficiente de cemento adecuado, combinado con una supervisión constante se necesita también para asegurar de que el concreto cumpla con las condiciones deseadas. La preparación previa al colado incluye la compactación, conformación y humedecimiento de la subrasante, montaje de los moldes y colocación del acero de refuerzo.

En clima cálido es necesario que la subrasante este húmeda para evitar la extracción de agua del concreto. Cuando el concreto se va a depositar sobre roca, deberá quitarse todo el material suelto antes de colocarlo.

### **II.1.10 SELECCIÓN DEL METODO DE FABRICACIÓN CON CRITERIO DE COSTO MÍNIMO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y CURADO DE CONCRETO EN OBRA**

El costo de la fabricación y el colado del concreto, igual que en cualquier otro tipo de construcción, esta constituido por el costo de los materiales, planta y mano de obra. La variación en el costo de los materiales se debe a que el cemento es más costoso que el agregado.

El empleo de mezclas pobres confiere también considerables ventajas técnicas, no solo en el caso de concreto masivo, en el que la generación excesivo de calor de hidratación puede causar agrietamiento si no también en el concreto estructural en el que una mezcla rica puede propiciar gran contracción y agrietamiento. Al estimar el costo del concreto es esencial considerar, también la variabilidad de su resistencia "mínima" la que especifica el diseñador de la estructura y es de hecho, el criterio de aceptación del concreto, en tanto que el costo real del concreto esta relacionado con los materiales que pueden producir cierta resistencia media. Esto se relaciona mucho con el problema del control de calidad, pero no hay duda respecto a que el control de calidad representa gastos, tanto en supervisión como en equipo de mezclado.

La dosificación de las mezclas para concreto de peso normal es la determinación de la combinación de los ingredientes para concreto, que sea manejable en su estado plástico y que desarrolle las propiedades requeridas cuando endurezca. Así una mezcla de concreto correctamente dosificada logra tres objetivos:

- a) La manejabilidad del concreto recién mezclado.
- b) Las propiedades que se requieren en el concreto endurecido.
- c) Ser económica.

Para obtener cierta economia en la dosificación se debe reducir al mínimo la cantidad necesaria del cemento sin sacrificar la calidad del concreto. Como la cantidad depende principalmente de la relación agua/cemento, la cantidad de agua debe reducirse al mínimo para reducir la cantidad de cemento necesario. Las etapas del procedimiento para disminuir al mínimo el agua y el cemento necesario incluyen el uso de:



1. La mezcla menos plástica que sea posible.
2. Agregados del tamaño máximo posible.
3. La relación óptima de agregados finos y gruesos.

A menudo se fija el límite de reducción de cemento especificado con una proporción mínima de cemento. Al hacer esto el especificador asegura ciertas propiedades convenientes. Los costos relativos de los agregados finos y gruesos deben considerarse también para determinar las proporciones más económicas de la mezcla.

### *Transporte del concreto*

El transporte del concreto es parte esencial en el proceso de la construcción de una obra de concreto, y con demasiada frecuencia no se presta suficiente atención a la elección del método, ni a su empleo en la obra. Si se le da al equipo un uso descuidado o inapropiado, se afectará la calidad del concreto. Hay diversos métodos aplicables al transporte del concreto, desde las carretillas hasta las bombas, hay muchos factores que influyen en la elección del más apropiado: La naturaleza de la obra, condiciones del terreno, tamaño de la obra, distancia que hay que cubrir y la altura de carga y descarga: también se debe tomar en cuenta el tamaño del agregado y la trabajabilidad del concreto.

En muchas obras pueden ser necesario emplear diferentes métodos o una combinación de varios, como es el caso del concreto que tenga que transportarse tanto horizontal como verticalmente. El objetivo principal es hacer llegar el concreto al lugar del colado lo más rápido y económicamente posible en las mejores condiciones. Cada tipo de transportación posee ventajas y desventajas específicas que dependen de las condiciones de uso, los ingredientes de la mezcla, accesibilidad y ubicación del sitio de colocación, capacidad de entrega requerido y condiciones ambientales.

### **Carretillas y carros de mano**

Las carretillas y los carros de mano se emplean todavía en la actualidad para transportar pequeñas cantidades de concreto a distancias cortas y son útiles en áreas inaccesibles para otros equipos. En una carretilla se puede acarrear cómodamente una carga de alrededor de  $0.03\text{m}^3$  (30 litros) de concreto; de manera que se necesitan seis cargas para trasladar la descarga de una mezcladora de 200 litros de

capacidad. El rendimiento y la eficiencia pueden mejorarlas acondicionando las vías uniformes y bien construidas para las carretillas, evitando así la segregación del concreto durante el transporte.

### "Buggies" para transportar concreto

Se ha llamado a los buggies "comodines" de la construcción, porque pueden ser empleados en la obra para muchas otras tareas de transporte, además la del colado. Los hay disponibles con distintas capacidades que van desde los  $0.3 \text{ m}^3$  hasta un máximo de  $0.75 \text{ m}^3$ , siendo de empleo más común el de  $0.5 \text{ m}^3$ . Las capacidades antes indicadas corresponden a tolvas completamente llenas, para evitar el derramamiento del concreto durante el traslado, el nivel de este debe quedar a 100 mm por debajo del nivel máximo posible.

Existen buggies con descarga frontal o lateral y de operación manual e hidráulica. En los de operación manual, el operador suelta un seguro y permite que la tolva móvil se incline hacia adelante produciendo una descarga rápida pero no controla el concreto, los de operación hidráulica permite ejercer mayor control sobre la descarga. Los buggies pueden operarse sobre terreno accidentado, es preferible preparar vías uniformes para evitar la segregación y el derramamiento.



Fig. 12 Buggie capacidad de  $0.5 \text{ m}^3$  recibiendo concreto de una mezcladora de tambor reversible

### Transportadores montados sobre camiones

El empleo de estos transportadores con capacidad de 2 a 3 m<sup>3</sup>, por lo general queda limitado a contratos importantes en los que se requieren acarreos largos sobre caminos uniformes. La descarga es hidráulica y a un nivel elevado, por lo que se habilitan canalones, a fin de que el concreto pueda colocarse directamente en un sitio. Con el propósito de reducir la segregación que se pudiera tener durante el transporte, y para controlar la velocidad de descarga, en muchos de los casos se colocan gusanos o paletas para remezclar el concreto en el momento de la descarga.



Fig. 13 Transportador montado en un camión capacidad 2-3m<sup>3</sup> descargando en una fosa para cimentación

### Camiones de volteo

Los camiones de volteo abiertos, ya sean de descarga posterior o lateral, se limitan por lo general a transportar concreto pobre. Deben estar previstos de lonas para proteger el concreto de la lluvia, o para evitar la evaporación de la humedad en climas calurosos; las compuertas de descarga deben ajustarse. Cuando los camiones se han empleado para transporte de otros materiales, deben ser lavados perfectamente antes de utilizarlos para transportar concreto, de lo contrario puede contaminarse y afectar su resistencia y durabilidad final.

### Tolvas móviles y cubetas

El empleo de las tolvas móviles y cubetas, junto con el de torre-grúa, es todavía el método más común para el manejo y distribución del concreto, en la mayoría de las obras deben ser transportado vertical y horizontalmente. Aún así, las bombas para concreto, especialmente las móviles constituyen frecuentemente una alternativa más económica y eficaz, por lo que se esta empleando cada vez más en muchos contratos de construcción.

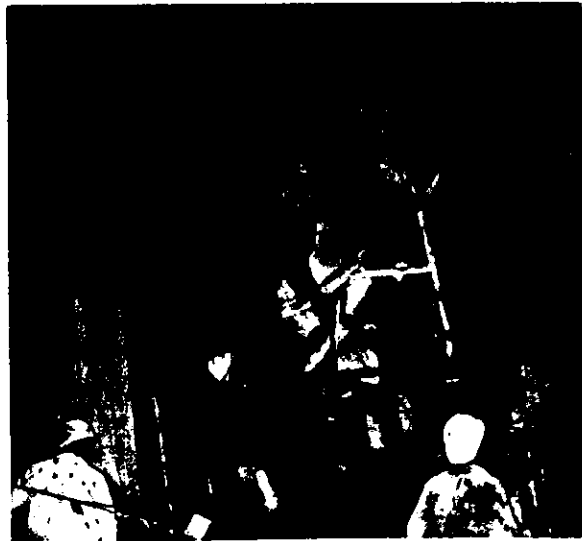


Fig.14 Tolva móvil de posición fija, con abertura inferior y canalón de descarga lateral.

### *Tipos básicos de tolvas móviles*

- 1) La tolva móvil inclinable o de volteo, que al voltearse puede llenarse de una descarga a nivel inferior y que normalmente esta provista de un canalon para la descarga lateral.
- 2) La tolva móvil de posición fija, con descarga en la parte inferior y a la que puede adicionarse un canalon para la descarga lateral.

### *Colocación del concreto*

La colocación del concreto involucra el traslado del concreto en vehiculo de transporte a su posición final de la estructura. Dicha colocación se efectúa con tolvas, carritos propulsados de mano o con motor, conductos, tubos de caída, bandas transportadoras, aire comprimido, bombeo, y tubo-embudo.

Un requisito básico del equipo, metodo de colocación y métodos de manejo, deben conservar la calidad del concreto referente a la relación agua/cemento, revenimiento, contenido de aire, y homogeneidad. La selección del equipo debe basarse en su capacidad para manejar con eficiencia el concreto en la condición más favorable, de tal modo que puede ser consolidado en su lugar mediante vibración.

En todas las tolvas móviles la abertura de descarga debe ser grande para facilitar la descarga del concreto sin tener que recurrir al empleo de vibradores u otros medios.

Debe promoverse la suficiente capacidad de colocación, mezclado y transporte de tal manera que el concreto pueda mantenerse plástico y manejable, mientras se coloca en capas horizontales que no excedan de 60 cm de espesor, evitando así algunas capas inclinadas y juntas de construcción.

Para la construcción monolítica, cada capa debe colocarse cuando la capa subyacente todavía responda a la vibración y ser poco profunda para permitir la unión entre si, mediante una vibración apropiada. Se debe evitar la descarga a alta velocidad, ya que origina la segregación del concreto. Las superficies del concreto colocado, deben protegerse con pasillos planeados y coberturas hasta que estén lo suficientemente fuertes para resistir todo tipo de daños que serán expuestos. El acero debe estar limpio, en posición correcta y bien sostenido asegurando antes de empezar la colocación del concreto.

### *Curado de concreto*

Cuando se mezcla cemento con agua se tiene una reacción química, esta reacción se le llama hidratación, por lo tanto el concreto se endurece con un determinado tiempo y posteriormente desarrolla su resistencia. Este desarrollo se observa solo si el concreto se mantiene húmedo durante los primeros días y a temperatura favorable. El concreto que ha sido curado es superior en muchos aspectos, no solo es resistente y más bajo de ataques químicos, sino que también es resistente al desgaste e impermeable; por añadura, es menos probable que lo dañen las heladas y los golpes accidentales que reciba. El curado apropiado proporciona a la delgada capa expuesta una propiedad de "cubierta endurecida", que aumenta considerablemente su resistencia al desgaste y su buen aspecto durante mucho tiempo cuando esta a la intemperie.

### *Métodos de curado*

El curado puede efectuarse mediante la aplicación de diferentes métodos y materiales que conviene considerar en dos grupos:

1. Los que mantienen el agua o la humedad en contacto con la superficie de concreto: tales como arena húmeda, aspersión-rociado y yute mojado.
2. Los que evitan la pérdida de humedad del concreto: tales como hojas de polietileno, papel de sacos de cemento, conservación de la cimbra en posición y aspiración de membranas de curado.



Fig.15 Curado de unas columnas de concreto, empleando hojas de polietileno y yute mojado

En los métodos del primer grupo se ha demostrado mediante pruebas que son eficaces y apropiados para algunos trabajos, tienen la desventaja de ser los más costoso, tanto en materiales como en mano de obra. pero es lo difícil de garantizar que se apliquen adecuadamente; si no es así, la superficie de concreto no se conserva continuamente húmeda durante el período de curado necesario.

En los métodos del segundo grupo, aunque no son tan eficaces como los anteriores, son suficientes para todo tipo de trabajo, excepto los muy especiales y tienen la ventaja de que pueden aplicarse con mayor facilidad.

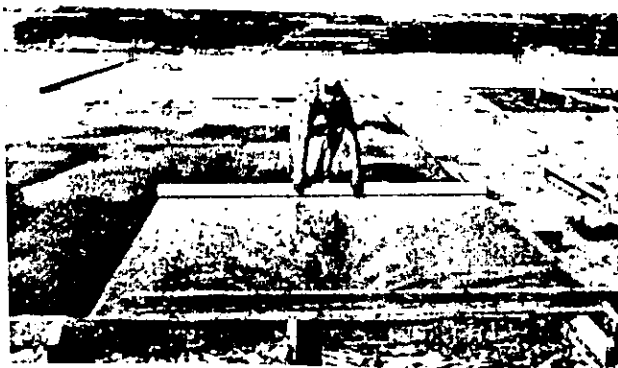


Fig 16 Extensión de las hoja de polietileno para el curado húmedo de una losa para piso sobre el terreno.

#### **II.1.11 PRUEBAS DE LABORATORIO MAS IMPORTANTES DEL CONCRETO HIDRAULICO, REVENIMIENTO, RESISTENCIA, PESO VOLUMETRICO**

Las diversas pruebas descritas brevemente, se realizan comúnmente en obra. Tanto para los agregados como para el concreto.

#### ***MUESTREO DE AGREGADOS***

Lo más importante al tomar una muestra del agregado es que debe ser de tamaño apropiado y representativa de todo el lote. Si la muestra se va a enviar a un laboratorio, las cantidades mínimas necesarias son:

Agregado fino	13 kg
Agregado grueso o agregado integrado de diámetro máximo de 20 mm	25 kg
diámetro máximo de 40 mm	50 kg

Si son para preparar mezclas de prueba, se pueden necesitar cantidades mayores, en cuyo caso el Ingeniero indicara que tanto debe enviarse al laboratorio. Para las pruebas de rutina en la obra se utilizan cantidades menores; para la granulometría las cantidades mínimas son:

Agregado fino	0.2 kg
diámetro máximo de 20 mm	2 kg

Si un agregado es variable, se tomar una muestra mayor y reducirla hasta la cantidad requerida. Para lograr que la muestra sea la justa al reducir su tamaño, se debe aplicar el método del "cuarteo".

Se extraerá una porción del agregado, con un cucharón, como mínimo de 10 lugares diferentes y distintas alturas de la pila. Se mezclara las muestras combinadas, haciendo una pila cónica sobre una superficie dura y limpia, perfectamente y se divide en cuatro partes, en forma de cruz, posteriormente se desechan dos cuartos opuestos y se mezclan los dos restantes para continuar haciendo pilas, cuarteando, desechando y mezclando, hasta obtener la cantidad deseada. Si se dispone de un "cuarteador", el cuarteador a mano no es necesario, ya que la caja tiene compartimientos y conductos que separan la muestra en la forma deseada.

### ***MEDICION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO***

Para controlar y mantener el contenido total de agua en la mezcla, a veces es necesario saber cuanta agua contiene el agregado para poder determinar la cantidad de agua que debe añadirse en la revoladora. El contenido de humedad del agregado, especialmente de la arena, puede variar de una a otra carga; por lo tanto, el pequeño ajuste final del contenido de agua de la mayoría de los concretos mezclados en obra, debe basarse en la trabajabilidad de los mismos. A continuación mencionaremos dos métodos que pueden aplicarse en obra para obtener resultados instantaneos.



### **METODO DE LA CHAROLA**

Esta es la forma más rápida y directa de medir el contenido de humedad de agregados finos y gruesos. Se necesita una charola o platillo de metal, parrilla para calentar ligeramente, varilla agitadora de metal y una báscula para pesar el agregado.

Una vez teniendo el equipo, se pesara 2 kg de agregado grueso ó 0.5 kg de arena, se coloca esta muestra en la charola de metal calentandola ligeramente, se agitan frecuentemente con la varilla hasta que la humedad de la superficie de los fragmentos de agregado se evapore.

La superficie del agregado grueso esta seca cuando desaparece su brillo; la arena esta seca cuando fluye libremente. los agregados se volverán a pesar; la diferencia entre el peso inicial  $W_h$  y el peso seco  $W_s$ , es el peso de la humedad que estaba en la superficie de las partículas del agregado. se divide la diferencia entre  $W_s$ , multiplicado el resultado por 100, y se obtiene el porcentaje del contenido de humedad por peso.

$$W\% \text{ del contenido de humedad} = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100$$

Esta prueba se efectua aproximadamente en 10 minutos, se debe tener cuidado de no sobrecalentar el agregado para evitar que algunas piezas pequeñas salten fuera de la charola. Este método es lo bastante preciso para cumplir con los requisitos de la obra.

### **METODO "RAPIDO"**

El método es sencillo y da una respuesta precisa para la cantidad del agregado probado, desafortunadamente, el tamaño de la muestra que admite es pequeño, por lo tanto, se debe repetir varias veces la prueba, con muestras tomadas de diferentes lugares de la pila y promediar los resultados individuales. Esto da una idea de la variabilidad del contenido de humedad y de su valor promedio.

El equipo para este método consiste en un bote hermético, en el cual se deposita una cantidad conocida de la muestra que se va a probar, se mezcla con carburo de calcio combinada con la humedad de

las partículas del agregado, se registra en un manómetro en el que se lee directamente el porcentaje del contenido de humedad por peso.

Existen dos modelos de probadores "rápidos" de humedad: uno pequeño para arenas y uno mayor para agregados gruesos hasta de 40 mm. En las cajas de estos equipos aparecen detalles completos sobre los procedimientos de prueba.

### ***PRUEBA DE FINOS PARA ARENA***

La prueba de "asentamiento en el campo" es una prueba sencilla que puede efectuarse en la obra, para obtener un indicio de la cantidad de finos presentes en la arena natural.

Esta prueba no debe llevarse a cabo con arenas de roca triturada; para efectuarla, se utiliza una probeta graduada de 250 ml, gracias a la inspección visual y a la probeta de mano, se considera que una carga de arena contiene una cantidad excesiva de arcilla o finos, es mejor que se someta a prueba antes de que sea descargada, se tomara una muestra, y si es aprobada mediante la prueba de asentamiento, puede dar una idea en un lapso de 10 minutos, tiempo que fácilmente puede esperar el camión.

Esta corta demora es mejor que verse obligado a remover una carga inadecuada después de que ha sido descargada.

### ***GRANULOMETRIA***

Las proporciones de las partículas de los diversos tamaños que componen el agregado se encuentran mediante tamizado, El procedimiento para esta prueba se lleva a cabo agitando una muestra seca de agregado con un peso de 2 kg, si se trata de un agregado de diámetro máximo de 20 mm, o de 0.2 kg si es arena para que pase a través de una serie de mallas de diferentes tamaños de aberturas.

La porción de agregado que queda en cada malla se pesa y se calcula su granulometría. Aunque la prueba de tamizado debe hacerse con muestras secas, los agregados gruesos pueden tamizarse en condiciones húmedas, lo que proporciona una granulometría aproximada pero bastante precisa para la prueba rutinaria en obra.

### **REVENIMIENTO**

La prueba de revenimiento, es el método de mayor aceptación ya que se utiliza para medir la consistencia del concreto. El equipo de prueba consiste en un cono de revenimiento (molde de metal de forma cónica de 30 cm de altura con diámetro de 20 cm en la base y de 10 cm en la parte superior) y una barra de acero (de 15.9 mm de diámetro, y 61 cm de largo) que tenga una punta de forma semiesférica. El cono de revenimiento engrasado, será colocado a plomo sobre una superficie plana y solida, deberá llenarse en tres capas de aproximadamente igual volumen.

Por lo tanto, el cono deberá llenarse hasta una altura aproximadamente 6.5 cm (después de varillar) para la primera capa, hasta aproximadamente 15 cm para la segunda capa, y sobrellenarse en la última capa. A cada capa se le aplican 25 golpes con la varilla. Luego del varillado, la última capa se enrasa y se retira el cono lenta y verticalmente, mientras el concreto se asienta hasta alcanzar una nueva altura. El cono de revenimiento vacío se coloca en seguida junto al concreto asentado. El revenimiento es la distancia vertical que el concreto se ha asentado, midiéndolo con una precisión de medio centímetro desde la parte superior del cono (molde) hasta el centro original desplazado del concreto desplomado. Un valor alto de revenimiento señala a un concreto húmedo o fluido. la prueba deberá iniciarse dentro de los siguientes 5 minutos a la obtención de la muestra y la prueba se deberá completar en 2 1/2 minutos, pues el concreto pierde revenimiento con el tiempo. Recuérdese que se debe limpiar el equipo después de utilizarlo.

### **RESISTENCIA**

La más común de las pruebas de concreto endurecido es la prueba de resistencia a la compresión, en parte porque es fácil de llevar a cabo y porque muchas de las características deseables del concreto están relacionadas con su resistencia; pero sobre todo por su importancia de resistencia a la compresión del concreto en la construcción.

Las pruebas de resistencia pueden clasificarse básicamente en pruebas mecánicas destructivas y no destructivas, las cuales permiten efectuarse pruebas repetidas en la misma muestra haciendo posible, un estudio de la variación de las propiedades del concreto con el tiempo.

### **Ensayos no destructivos**

Existe una gran variedad de métodos de ensayos no destructivos, pero todos ellos van encaminados a determinar características del concreto (dureza, modulo de elasticidad, densidad, grado de humedad, etc.) que permite deducir, de modo indirecto su resistencia mecánica.

Las más importantes y mejor desarrolladas en la actualidad, pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- método del esclerómetro (prueba de martillo de rebote)
- método por velocidad de propagación (ultrasonido)
- método de resonancia
- métodos mixtos (por absorción o difusión de radio-isotopos)

#### **11.1.12 APLICACION DE LAS PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD MAS IMPORTANTES PARA CONCRETOS HIDRAULICOS**

Las pruebas de concreto endurecido se clasifican ampliamente en pruebas mecánicas destructivas y no destructivas:

Las no destructivas permiten probar repetidamente la misma muestra y hacen posible estudiar la variación de las propiedades con el paso del tiempo.

Las pruebas destructivas se han practicado durante muchos años, pero no hay una prueba estándar que sea aceptada universalmente. Muchas de estas pruebas se diseñan en el laboratorio, en especial en trabajos de investigación, es conveniente tener conocimiento de como influyen dichos métodos de prueba en la medición de la resistencia. Las pruebas pueden llevarse a cabo para diferentes fines, aunque los dos objetivos principales son el control de calidad y cumplimiento de las especificaciones. Se debe tener presente que las pruebas no constituyen un fin por si mismas.

En el caso del concreto, rara vez se prestan a una interpretación nítida y concisa, para que tenga validez real, las pruebas deben efectuarse siempre con referencia a las experiencias anteriores.

### ***PRUEBAS DE COMPRESION SIMPLE***

No existe una convención aceptada universalmente sobre que tipo de espécimen es el mejor para realizar ensayos en compresión, se usan especímenes de tres tipos: Cilindros, Cubos y Prismas. Una vez seleccionado el tipo de espécimen, es necesario fijar con gran detalle las condiciones de muestreo, fabricación, curado y ensaye. Por otra parte los cilindros se fabrican en moldes de acero apoyados en una placa de acero en su parte inferior, y en la parte superior queda libre, donde es necesario dar un acabado manual. Esta operación llamada cabeceo, consiste en aplicar azufre ó pasta de cemento a los extremos del cilindro para producir una superficie lisa de apoyo prolongada, el tiempo necesario para la preparación del ensaye se introduce una variable adicional en los resultados. El material y la forma del cabeceado. Aún siguiendo las especificaciones y el proceso sea realizado por operadores experimentados, los resultados que se obtengan no serán uniformes, siempre existirá dispersión en los datos, como en cualquier proceso de medición. Estas dispersiones pueden ser inherentes al tipo de ensaye, debidas a errores accidentales o a la no uniformidad del material ensayado. Algunos factores que influyen directamente a los resultados obtenidos en especímenes de ensaye son:

- \* Efecto de las condiciones de curado.
- \* Efecto de la esbeltez
- \* Efecto de la velocidad de carga
- \* Efecto de la velocidad de deformación
- \* Efecto de las condiciones de humedad y temperatura durante la prueba
- \* Efecto del tamaño del espécimen sobre la resistencia
- \* Efecto del tamaño del molde y tamaño del agregado
- \* Efecto de la edad

Algunos de estos factores no solamente afecta los resultados de prueba a la Compresión, si no también a los de Tensión y Flexión.

### ***PRUEBA DE CUBOS***

Los especímenes se cueban en moldes de acero o de hierro colado, generalmente cúbicos de 150 mm por lado. Es preferible que el molde y su base se fijen mediante abrazaderas durante el colado para

reducir filtraciones del mortero. Es esencial el uso de una base firme sujeta cuando la compactación se efectúa mediante vibración.

**Llenado:** El molde se llena en 3 capas, hasta llenarlo y después de la compactación, se retira el exceso de concreto con movimientos de acabado con una regla de acero o mediante una llana.

**Compactado:** Cada capa de concreto se compacta con 35 golpes de una varilla punta de bala de 13 mm. El apisonado deberá prolongarse hasta lograr suficiente compactación, ya que es esencial que el concreto en el cubo esté totalmente compactado. El grado de compactación del concreto en el cubo debe ser similar al del concreto de la estructura.

**Reposo:** Después de acabar la cara superior del cubo mediante una llana, se almacena en reposo durante 24 horas a una temperatura de 18 a 22°C, y a una humedad relativa no inferior al 90%. Después se abre el molde, y el cubo se cura en agua a una temperatura de 19 a 21°C.

**Prueba:** Se prueban a los 28 días, haciendo pruebas adicionales, efectuadas con frecuencia a los 3 y 7 días. Los especímenes de prueba para diversos fines están reconocidos por el reglamento de práctica apropiado.

En la prueba de compresión, el cubo se coloca con sus caras moldeadas en contacto con las platinas de la máquina de prueba, es decir, la posición del cubo en la prueba es perpendicular a la que tiene al colarse. La carga sobre el cubo debe aplicarse a una velocidad constante de esfuerzo igual a 155 kg/cm<sup>2</sup>. Debido a la no linealidad de la relación esfuerzo-deformación del concreto sometido a esfuerzos elevados, la velocidad de incremento en la deformación debe aumentarse progresivamente al aproximarse a la falla, es decir, la rapidez del movimiento de la cabeza de la máquina de prueba debe incrementarse. Esto es posible sólo con una máquina de operación hidráulica. La resistencia a la compresión generalmente se registran a la graduación de 5 kg/cm<sup>2</sup> más cercana; mayor precisión suele ser solo aparente.

### **PRUEBA DE CILINDROS**

Generalmente el cilindro estándar es de 150 x 300 mm, y se cuela en un molde de acero o hierro colado de preferencia con una base dotada de abrazaderas para poder desalojar el espécimen.

**Llenado:** De la misma forma que en los cubos, se cuelean en 3 capas utilizando una varilla punta de bala de 16 mm de diámetro, o también en 2 capas mediante un vibrador de inmersión.

**Compactado:** Para el compactado se realiza en tres capas y se le debe dar 25 golpes con la varilla en cada capa respectivamente.

**Acabado:** La cara superior de un cilindro acabado con una llana no es lo suficientemente lisa para la prueba y requiere una preparación adicional esta es la mayor desventaja de este tipo de espécimen, para efectuar la prueba de compresión se debe mantener plana la cara superior del cilindro de prueba que este en contacto con la platina de la máquina, si no se cumple esta condición, habrá una pérdida de resistencia en el cilindro. Además de no tener "puntos altos", la superficie de contacto debe estar libre de granos de arena y otros residuos de pruebas anteriores que podrían provocar la falla prematura y en casos extremos, agrietamiento violento. Existen tres medios para superar los efectos negativos de la superficie de un extremo irregular del espécimen: cabecear, pulir y empacar con un material de relleno.

El material ideal para el cabeceo debe tener resistencia y propiedades elásticas similares al del concreto de la muestra; si esto se cumple, no habrá tendencia a la separación y se logra una distribución uniforme del esfuerzo sobre la sección transversal de la muestra. La operación de cabeceo puede efectuarse antes de la prueba, el material para el cabeceado, es esencial que este sea delgado, de preferencia entre 1.5 y 3 mm de espesor. No debe ser más débil que el concreto pero tampoco se considera una diferencia de resistencia demasiado grande, ya que un cabeceado muy resistente puede producir restricción lateral y provocar un incremento aparente en la resistencia.

El material de cabeceo consiste: en azufre, se aplica fundido y se deja endurecer con la muestra; es un dispositivo que asegura una superficie circular (la mezcla de azufre de los cilindros ya probados puede volverse a utilizar). Este es el mejor material para cabeceo, y es adecuado para concretos de hasta 1125 kg/cm<sup>2</sup>, con respecto a la falla de los especímenes, existen fuertes indicios de que la falla ocurre a una deformación aproximadamente de 0.002 a 0.004 en compresión, o de 0.0001 a 0.0002 en tensión.

### ***PRUEBA BRASILEÑA DE TENSION***

Esta prueba es utilizada, debido a las dificultades que existen para realizar un ensaye en Tensión Uniaxial, Tensión Pura. Por lo tanto, un método indirecto para aplicar la tensión en forma de separación

longitudinal, es la prueba brasileña, llamada así por deberse a Fernando Carniero, de Brasil. En esta prueba se coloca un cilindro de los que se emplean para pruebas de compresión, en su eje horizontal, entre las platinas de la máquina de prueba y se incrementa la carga hasta la falla por separación a lo largo del diámetro vertical.

Para esta prueba se coloca un cilindro y las platinas con tiras de material de empaque como el triplay. Sin las tiras de empaque la resistencia registrada suele ser de un 8% menos. Las tiras son por lo general de 3 mm de espesor y es conveniente que su ancho sea igual a 1 1/2 del diámetro del cilindro. (aproximadamente 25 mm). Cuando la carga se aplica a lo largo de la generatriz, un elemento en el diámetro vertical del cilindro queda sometido a un esfuerzo vertical de compresión.

La prueba brasileña es fácil de efectuar y produce resultados más uniformes que otras pruebas de tensión de otro tipo. Se considera que la resistencia determinada en la prueba brasileña es más aproximada a la resistencia real de tensión del concreto que la del modulo de ruptura; esta resistencia a la tensión longitudinal es del 5 al 12% más alta que la resistencia a la tensión directa. Sin embargo, en los casos de mortero y concreto de agregado ligero la prueba brasileña rinde un resultado demasiado bajo. La ventaja es de que los tipos de muestras que se utilizan para la compresión se utilizan para la prueba de tensión.

### ***PRUEBA DE CORAZONES***

El objetivo principal de esta prueba es medir la resistencia del concreto, consiste en estimar la resistencia del concreto en la estructura real. Esto se hace tomando del elemento en estudio una muestra de concreto. Se suele cortar un corazón por medio de una herramienta cortante giratoria con diamante en sus bordes.

De este modo se obtiene una muestra cilíndrica que en ocasiones contiene fragmentos empotrados de acero de refuerzo. Este corazón se debe curar con agua, cabecearlo y someterlo a un proceso de compresión en condiciones de humedad.

Los corazones se cortan para determinar la resistencia del concreto y pueden emplearse también para detectar la segregación o las cavidades existentes así como para verificar la adherencia en las juntas de construcción.



mm de diámetro. Durante la operación se extrae un cono de concreto y la fuerza requerida para ello esta relacionada con la resistencia a la compresión del concreto original. Este puede ser el punto apropiado para la determinación de la resistencia del concreto mediante especímenes cilindricos colados en obra. Este método consiste en el colado de cilindros para prueba en moldes dentro de la estructura de concreto.

El resultado de la prueba esta estrechamente relacionado con la resistencia del concreto de la losa, es de gran valor para calcular la resistencia real del concreto en la estructura en determinado tiempo. Esto puede ser de interés para decidir el momento de retirar la cimbra, para evaluar la eficiencia del curado, protección contra la congelación o problemas similares. No hay diferencia respecto al tratamiento de los especímenes del concreto de la estructura.

### **II.1.13 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION PARA COLADOS BAJO EL AGUA**

Los colados típicos de concreto bajo el agua incluyen elementos no estructurales tales como atavías, sellos para cajones, elementos estructurales como pilas de puentes, muros para diques y pisos, tomas de agua. El concreto colado bajo el agua también ha sido usado para agregar peso a secciones de túneles prefabricados hundidos, para unir las secciones una vez que están colocados y para reparar el daño por erosión o cavitación en grandes estructuras hidráulicas. Las recomendaciones están dirigidas a los colados de volúmenes, relativamente grandes de concreto bajo el agua, también son aplicables a colados de pequeños volúmenes bajo el agua, como cubiertas delgadas o colados confinados profundos. Se pide que se tomen las precauciones al considerar los problemas específicos asociados con estos colados y la manera de como difieren de los típicos.

#### **Métodos disponibles**

El vaciado por el tubo-embudo es la técnica más usada para colar concreto bajo el agua. El bombeo directo del concreto se muestra un uso cada vez más extendido; estos dos métodos son similares y se describen en detalle. La colocación exitosa del concreto requiere de la prevención del flujo del agua a través del sitio de colado. Una vez que el flujo se ha controlado tanto la colocación por tubo-embudo, por bombeo consiste de los siguientes pasos:

1. El concreto colado primero esta separado físicamente del agua, usando un diablo o "cochino" en el tubo o haciendo que la boca de este se selle y sea desaguado.
2. Una vez que el tubo se llena de concreto, se eleva ligeramente para permitir que el diablo escape o que rompa el sello en el extremo. El concreto fluirá, entonces se desarrollara un montón alrededor de la boca del tubo, esto se conoce como "establecer un sello".
3. Una vez que el sello quedo establecido, se inyecta concreto fresco en la masa ya existente, el mecanismo exacto de flujo que tiene el lugar no se conoce con precisión, pero la mayor parte del concreto no esta expuesto al contacto directo del agua.

Los materiales del concreto deben cumplir con las especificaciones apropiadas, y se deben seleccionar para que contribuyan a mejorar las características del flujo del concreto. El tamaño máximo de los agregados que se usan en las colocaciones reforzadas deben ser de 3/4" (19 mm), y en las no reforzadas de 1 1/2" (38 mm). En general se usan puzolanas aproximadamente 15% en peso de los materiales cementantes. Por lo tanto son descables los contenidos de agregados finos de 45 a 55% por volumen del agregado total y contenidos de aire de aproximadamente 5%. Casi siempre es necesario un revenimiento de 15 a 23 cm y se necesita una gama más alta cuando algunas piezas ahogadas obstruyen el flujo, o cuando se requiere de un flujo horizontal relativamente largo. De ser posible la selección final de una mezcla de concreto debe estar basada en colados de prueba hechos bajo el agua en una caja o en un pozo de colado que pueda ser desaguado después de la colocación. Los colados de la prueba se deben examinar para verificar lo plano de la superficie del concreto, cantidad de la lechosidad presente, calidad del concreto en la distancia extrema del flujo de la prueba y el flujo alrededor de las piezas ahogadas.

El muestreo se debe llevar a cabo tan cerca del tubo-embudo, para asegurar que el concreto llegue con las características apropiadas. Una vez que una mezcla de concreto ha sido aprobada, es conveniente realizar pruebas de revenimiento, contenido de aire, peso unitario y resistencia a la compresión para el control de la producción. La temperatura del concreto se debe mantener tan baja como sea posible para mejorar la colocación y las cualidades estructurales. La congelación del concreto colado bajo el agua no será un problema. Se debe mantener una temperatura mínima del concreto de 5 C. Debido a que el calentamiento del agua o de los agregados podrían causar un comportamiento errático de la pérdida de revenimiento, se debe tener cuidado cuando tales procedimientos se usen para elevar la temperatura del concreto.

Los tubos tremie deben estar fabricados con acero del tipo duro para soportar todos los esfuerzos anticipados de manejo en colados muy profundos. El uso de tubos con paredes más gruesos o pesados pueden vencer los problemas de flotamiento. Los tubos tremie deben tener un diámetro suficientemente grande para asegurar que no ocurran bloqueos causados por agregados. Los tubos van de 8 a 12" (20 a 30 cm) de diámetro son adecuados para la gama de agregados recomendados. Para colados profundos deben estar fabricados en secciones, con juntas que permitan que las secciones superiores sean removidas a medida que progresa el colado. Las secciones pueden estar unidas con conexiones, pernos, juntas o pueden ser con roscas. El sistema de unión debe ser aprobado para verificar su impenetrabilidad por el agua antes de empezar el colado y el tubo tremie debe estar marcado para permitir una determinación rápida de la distancia de la superficie del agua a la boca del tubo. El tremie debe tener un embudo o tolva de tamaño adecuado para facilitar la transferencia de suficiente concreto desde la máquina de entrega hasta el, así mismo se debe proveerse una plataforma estable para soportar el tremie durante el colado. El espaciamiento de los tubos deben ser del orden de uno por cada 28 m<sup>2</sup> del área de la superficie o tubos en centros de aproximadamente 4.5 metros. El espaciamiento real de los tubos se debe establecer sobre la base del grosor de la colocación debida a las pilas, el acero de refuerzo o la capacidad disponible de la producción del concreto y para transferir concreto a los tubos tremie; también se considera el método de colocación seleccionado.

#### **II.1.14 INDUSTRIALIZACION DE LA CONSTRUCCION**

La evolución que ha llevado a la actual sociedad industrial viene caracterizada por las nuevas combinaciones de factores de producción en los cuales el trabajo ha sido reemplazado por un capital fijo, lo que es la esencia misma de la industrialización, esta transferencia es la que caracteriza mejor los diversos aspectos de la última. El crecido recurso a un capital fijo se ha traducido en la adquisición de máquinas que han sustituido al hombre, lo cual puede justificar el comentario de que la industrialización era la transferencia de la sabiduría técnica del hombre a la máquina. Efectivamente es un aspecto importante del fenómeno, pero no es el único. El capital fijo consiste también en (edificios, fabricas, áreas de almacenamiento, laboratorios, medios de comercialización). La innovación de la razón de los factores (menos mano de obra, más capital) va a empezar al margen de beneficios del productor porque deberá contar menos sobre la posibilidad ofrecida por una baja remuneración de la mano de obra. En efecto se comprueba que la industrialización ha arrancado con mucha lentitud en los sectores donde los productores han podido disponer de una mano de obra económica y abundante. El productor viene obligado a invertir

capital, que no encuentra siempre por autofinanciamiento. De ahí que debe acudir a capitales exteriores y solicitar prestamos, así la industrialización va acompañada por la aparición de una financiera en cambio el costo elevado de la inversión fija provoca una concentración de los modos de producción. Otros factores favorecen la concentración con el afán de obtener condiciones de precio más interesantes por parte de los suministradores de bienes de equipo y el deseo de situar un dispositivo eficaz de estudios e investigaciones. La concentración y la fijeza de los medios de producción permiten otro tipo de organización del trabajo que tienden a mejorar la productividad del producto fabricado para una determinada cantidad de facturas colocadas en obra, siendo necesario el perfeccionamiento de la productividad por la presión de la competencia.

La construcción con elemento prefabricado de grandes dimensiones es el método más importante del desarrollo de la construcción industrializada, cuyo principio consiste en la mecanización del trabajo y en una producción continua y constante que obedece a un determinado ritmo y alto grado de repetición.

Las operaciones de construcción productiva en fases elementales, permite diferenciar el trabajo y especializar a los operarios, además de conseguir un aumento de la productividad, mayor aprovechamiento de las características de los materiales, disminución de los pasos estacionarios y la reducción del tiempo de construcción.

El extraño auge de la industrialización en la construcción se debe a una serie de fenómenos asociados entre si como:

- a) Las posibilidades técnicas cada vez más avanzadas gracias a la moderna Ingeniería, para el desarrollo de estos proyectos.
- b) El desarrollo de la racionalización y automatización del trabajo para alcanzar mayores rendimientos con menor costo.
- c) El cambio experimentado por las estructuras sociales y la transformación de las formas de convivencia en la última posguerra mundial.
- d) Preferencia cada vez mayor del trabajo en factorías industriales en lugar de a cielo abierto y la tendencia general de horarios de trabajo más reducidos.

Los sistemas de aplicación de la industrialización de los prefabricados en la construcción son muchos y muy amplios si entendemos como prefabricados todos aquellos elementos o materiales que ya han sido confeccionados previamente y que se pueden disponer de inmediato en la obra, para seguir avanzando en el proceso de construcción del proyecto que se ejecuta, así que cuando hablamos de prefabricados nos referimos principalmente a elementos estructurales y de cierre de grandes dimensiones.

Para poder abordar y de acotar el tema de los fabricados nos hemos planteado dar una visión de los distintos tipos existentes y de sus diferentes aplicaciones ya sea por elementos industriales en función de su clasificación:

- a) Sistemas lineales.
- b) Sistemas planos.
- c) Sistemas tridimensionales.

La construcción tradicional evolucionada constituye la forma primaria de industrialización. Se siguen ejecutando los muros in situ, pero aparecen otros elementos que se forman los forjados dinteles, que entran de lleno en las prefabricaciones.

### *Causas y condiciones de la industrialización*

Los productores industrializan su producción para conservar un mercado amenazado por la competencia o para conquistar nuevos mercados. En efecto:

- a) La industrialización puede favorecer la competitividad, al permitir producir más, y más económico.
- b) Puede también crear un producto nuevo, que las técnicas de artesanías, no permiten fabricar. Tal es el caso de numerosos materiales nuevos que no cabe obtener más que en instalaciones de tipo industrial.

La industrialización requiere cierto número de condiciones, entre las cuales las más importantes parecen ser la existencia de una demanda, innovación tecnológica, capitales de inversión, y en segundo término, un estado de espíritu de los hombres y una voluntad del estado. Por lo tanto, la industrialización de la construcción surge como una consecuencia inmediatamente de la racionalización del trabajo y de la mecanización de las operaciones.

### 11.1.15 PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE ELEMENTOS PRE-FABRICADOS DE CONCRETO

Cuando se habla de la prefabricación suele entenderse, por regla general un sistema constructivo basado en la fabricación de elementos estructurales en una posición distinta de la que tendrán en la estructura terminada. Este concepto amplio de la prefabricación por ejemplo, incluye, las siguientes modalidades: estructuras construidas totalmente con elementos prefabricados en plantas especiales de prefabricación o plantas montadas en el lugar de la obra; estructuras mixtas en las que se combinan elementos prefabricados con elementos colados en el lugar; el conocido sistema de losas planas coladas en el piso y levantadas después a su lugar definitivo (Lift-Slabs), puentes construidos con elementos prefabricados que son montados posteriormente sobre los estribos o apoyos, etc. En cualquier caso, los elementos pueden ser de concreto reforzado ordinario o de concreto pretensado, según las características técnicas del elemento en cuestión. En el proceso de fabricación de los elementos prefabricados, en primer lugar se procede al corte de los cables a medida, es decir, con la longitud de anclaje requerida para facilitar este proceso, existe en la planta una jaula de alojamiento y desarrollo de los aceros, posteriormente, se colocan los cables en las bancadas y se tensan, posteriormente se vierte el concreto hidráulico y se activa el molde deslizante que ofrece la ventaja de dejar la armadura saliente para los anclajes, además se pueden colocar armaduras pasivas facilitando también una disposición de las armaduras. Se pasa el vibrado al concreto hidráulico, a la transmisión de esfuerzos de pretensado por adherencia del acero del mismo al cortado de las barras de anclaje y al curado de homigón para un fraguado y endurecimiento acelerado.



Fig. 17 Trabes TT son elementos estructurales de concreto pretensado prefabricado.

Existen en la actualidad una tendencia al empleo creciente de métodos de prefabricación en la construcción de estructuras de concreto de distintos tipos.

Esto se debe principalmente a la disminución de costos y de tiempo de ejecución que pueden conseguirse en obras que presentan a la sustitución de los procedimientos constructivos convencionales, por algún sistema basado en la aplicación de las técnicas industriales de producción en serie con sus ventajas conocidas.

En la prefabricación hay dos métodos principales para construir estructuras de concreto.

Cuando el elemento estructural se forma en su posición definitiva, se dice que la estructura ha sido colocada en el lugar. Si se fabrica en un lugar distinto al de su posición definitiva en la estructura, llamado precolados.

El procedimiento industrializado de la construcción que utiliza en gran medida elementos fabricados en serie previamente a la colocación en la obra.

Dentro de este sistema debemos distinguir dos sistemas:

Prefabricación abierta. Es la que utiliza elementos fabricados en serie de distinta procedencia, que se presentan al montaje según las combinaciones variables y por consiguiente intercambiables en cierto grado.

Prefabricación cerrada. Es la que utiliza elementos fabricados en serie no previstos para la posibilidad de intercambios con otros de procedencia ajena al propio sistema.

Existen diferentes métodos en la fabricación de las estructuras de concreto, esto se debe principalmente a una variante entre el costo y tiempo de ejecución, que puede conseguirse en obras que se prestan a las sustitución de procedimientos de construcción convencional por un sistema basado en la aplicación de las técnicas de producción en serie.

El equipo de estructuración tiene diferentes modalidades en las estructuras de edificios prefabricados, los cuales son:

Edificios formados por elementos isostáticos unidos que no proporcionan continuidad; podrían formarse marcos con columnas empotradas en la cimentación que sostienen traveses apoyadas sobre ellas, las vigas quedan como isostáticas y las columnas pueden considerarse como carga axial y una horizontal, este tipo de estructura no es recomendable en edificios localizados en zonas sísmicas.

Pueden consistir en un conjunto de traveses y columnas rígidas por dos muros y es posible diseñar las columnas y las traveses como elementos isostáticos.

Una manera importante de estructura consiste en utilizar vigas y columnas formando mantos continuos que se desean para resistir en este caso es necesario proyectar juntas entre los elementos estructurales que aseguran un alto grado de continuidad si se utiliza un método de este tipo, los muros pueden ser de relleno y relativamente ligeros.

Los progresos en calidad de la prefabricación ha permitido su desarrollo a una gran escala. Este desarrollo industrial ha repercutido en particular sobre las fabricaciones siguientes:

1. Pilotes de concreto armado para cimentaciones
2. Tubos de medio y gran diámetro para traída de agua
3. Vigas para losas
4. Losas medianas y grandes dimensiones para suelos
5. Pilares de estructuras

Esta lista da una idea del desarrollo industrial de la prefabricación. La prefabricación de pilotes se ha generalizado sobre las obras de construcción, sustituyéndolos en numerosos casos a la construcción de pilotes perforados.

Puntos esenciales para una buena calidad del concreto hidráulico son:

1. Perfeccionamiento de la fabricación del concreto hidráulico a partir de sus componentes.



2. Perfeccionamiento de los moldes.
3. Perfeccionamiento de la preparación de armaduras sustituyendo el trabajo de máquinas al trabajo manual,
4. Para ser más eficaz su colocación y la exactitud.
5. Perfeccionamiento de la colocación del hormigón, realizando el vertido con la ayuda de la vibración.

### *Ventajas de la prefabricación*

#### **a) Economía en cimbras y obra falsa**

Estas economías serán tanto más importantes cuando sean mayores los claros y las alturas de la estructura en cuestión. Cuando existe la posibilidad de emplear elementos prefabricados standard que se pueden utilizar en muchas estructuras distintas, los moldes correspondientes se pueden diseñar para un número de veces mayor que el usual en la construcción de concreto convencional.

#### **b) Economía de mano de obra**

El empleo de sistemas de producción en serie y la mecanización, tanto de la fabricación de los elementos prefabricados como montaje como montaje, implica economías importantes en la mano de obra. Además cuando se recurre a la prefabricación resulta más fácil programar los trabajos de manera que se reduzcan los tiempos muertos a un mínimo.

#### **c) Economía de materiales gracias a la posibilidad de aplicar un control de calidad riguroso**

Las características de la fabricación en serie de los elementos estructurales, permiten aplicar sistemas de control de calidad que no es posible utilizar en las obras convencionales, un buen control de calidad hace posible más eficiencia en los materiales.

#### **d) Rapidez de ejecución**

La posibilidad de trasladar las distintas etapas de la construcción en mayor grado que cuando se usan métodos convencionales, reducen los tiempos de ejecución notablemente, por ejemplo, con una

programación correcta se puede conseguir que los elementos prefabricados para la estructura estén listos en el momento en que se termina la cimentación. La reducción de los tiempos de construcción como es natural supone una disminución no solamente de los gastos de administración y supervisión, sino también de los intereses sobre capital.

e) Recuperabilidad

En algunos casos la naturaleza de las juntas utilizadas de estructuras prefabricadas permite el desmantelamiento de estos de tal manera que pueden trasladarse a otro lugar y volver a utilizarse.

*Desventajas de la prefabricación*

A las ventajas que se acaban de mencionar se oponen las desventajas o dificultades que se señalen a continuación:

a) Necesidad de invertir en equipo especial

Cualquier sistema de prefabricación requiere inversiones en el equipo que son necesarias en obras convencionales (plantas de prefabricación de elementos, equipo de montaje, equipo de transporte, etc.)

b) Dificultad del diseño de juntas y conexiones

El diseño de las juntas y conexiones es probablemente el aspecto más delicado del proyecto de estructuras a base de elementos prefabricados, sobre todo cuando se desea disponer de un grado de continuidad semejante al de las estructuras de concreto reforzado ordinario, en las que la continuidad se logra en forma sencilla y natural.

c) Escasez de rigidez de algunas estructuras prefabricadas

En estructuras prefabricadas a base de vigas y columnas siempre constituye un problema, al lograr una rigidez adecuada debido a la falta de monolitismo, propioformada de piezas que fueron fabricadas aisladamente.

**d) La necesidad de una supervisión cuidadosa**

La fabricación y el montaje de estructuras prefabricados requieren una supervisión muy cuidadosa, sobre todo en lo que se refiere a las dimensiones de los elementos estructurales y la construcción de las juntas.

**e) Necesidad de programar con detalle**

El éxito de la prefabricación en una obra depende en gran parte de que se haya programado en forma correcta, esto implica un mayor costo de estudios, proyectos, planos, etc..

**f) Perdidas por ruptura de elementos prefabricados durante su transporte y montaje**

La naturaleza de la prefabricación hace necesario que cada elemento estructural tenga que ser manejado varias veces, desde que se termina su fabricación hasta que se coloca en su posición definitiva. Por muchas precauciones que se tomen es posible eliminar totalmente el riesgo de una ruptura durante las maniobras.

A continuación se dara una breve explicación de algunos elementos prefabricados, así como sus características.

**SPANCRETE**

Este nombre significa losas extruidas de concreto presforzado prefabricado, pero también significa economía de recursos per muchos motivos.

Usos puede ser utilizado para tapas de cimentación, pisos, entrepisos, techos, muros fachadas, bardas ornamentales.

**Fabricación**

Se fabrica en cuatro peraltes nominales 10, 15, 20 y 25.5 cm. el ancho estándar es de 100 cms. y se fabrica en longitudes desde 2.50 a 14.0 metros. El peso volumétrico del concreto es de  $2200 \text{ kg/m}^3$ , lográndose un importante ahorro en el peso propio de las losas debido a los huecos longitudinales.

### TRABES TT

Las trabes TT son elementos estructurales de concreto presfuerzo prefabricado. es una pieza de gran flexibilidad de uso y amplios recursos arquitectónicos. Los usos de estas trabes se utilizan comúnmente como sistemas para: Techos, entrepisos, muros de fachadas.

#### Fabricación

Se fabrican en cuatro peraltes nominales. 40, 50, 60 y 70 cm. de ancho de patín de 250 cm. y longitudes sobre el proyecto de centímetro en centímetro de 4 a 22 metros. Las trabes TT se fabrican en moldes metálicos y bajo el más estricto control de calidad.

### TRABES T

La trabe T es el elemento idóneo para salvar grandes claros y soportar sobrecargas altas. Su uso se utiliza comúnmente como sistemas para: Entrepisos, techos, muros de fachada, puentes. El vaciado de las trabes T se realiza en moldes metálicos de 120 metros de longitud, curándose a vapor para incrementar su resistencia de manera acelerada y haciéndose la transferencia del presfuerzo una vez que el concreto ha alcanzado su resistencia especificada. La conexión longitudinal de las trabes T, se lleva a cabo por lo general incorporándole placas de acero estructural durante su fabricación en los bordes del patín, los cuales se unen en obra mediante conectores soldados. Cuando las trabes T son especificadas como entrepiso, se requiere el vaciado en obra de un firme de 5 cm. de espesor.

## **II.1.16 DETERMINACION DE LAS CANTIDADES DE MATERIALES CONSIDERANDO PLANOS Y ESPECIFICACIONES**

El proyecto de una obra de la cual se desea determinar su costo, debe contar con el grado de detalles suficiente que defina las características específicas de la misma, para si poder determinar con un mayor grado de aproximación su importe. El proyecto deberá constar de planos completos, especificaciones detalladas y el catálogo de conceptos que intervendrán en la obra.

#### Programas de trabajos

Para una mayor o menor rapidez en la ejecución de las obras requiere la utilización de un número diferente de recursos, que hacen variar la magnitud de los precios unitarios.

### Catalogo de conceptos

Hay distintos significados para catálogo de conceptos. Se puede entender como el catalogo de conceptos más usual el que cada empresa utiliza para todas las obras que se ejecutan, o bien, el catalogo de conceptos correspondientes a los distintos conceptos que intervienen en una obra específica.

### Cantidades de obra

Cantidades de obra es el número de unidades de cada concepto, es decir, el resultado de la medición completa y detallada en base a la unidad, seleccionada para la cuantificación y pago de cada concepto que interviene en una obra. Esta medición deberá llevarse a cabo por personal debidamente experimentado y capacitado, de tal manera que las cantidades obtenidas tengan la aproximación necesaria y la confiabilidad deseada. Esta cuantificación debe realizarse previamente a la iniciación de la obra para determinar el volumen de obra por ejecutar, ya que esta información nos permitirá establecer el programa de ejecución, el sistema de construcción y seguir la selección previa del equipo adecuado para la ejecución de la misma. Las unidades que se aplicarán a cada concepto de obra, deberán ser previamente establecidas al inicio de la cuantificación. También deberán fijarse previamente las normas que se aplicarán en determinados conceptos donde se utilicen factores de abundamiento.

### Especificaciones

Se puede decir que las especificaciones definen lo que se va a hacer, donde se va ejecutar y como se realizará la construcción de los distintos conceptos que intervienen en una obra. Cuando más precisa y detallada es una especificación, el presupuesto resultante se aproximará más al importe real de la obra que se realice.

En todos los casos y a fin de tener una uniformidad de los conceptos de obra, se deberá apegar en lo posible a las especificaciones generales establecidas. Esto comprenderá las prescripciones sobre medidas, calidades, características de los materiales y de la ejecución, que no pueden ser consignadas en los planos pero deben expresarse para la completa definición de cada elemento. Estas serán las condiciones técnicas.

### Especificaciones técnicas.

Estas especificaciones pueden tomar varias formas. Pueden seleccionarse una o más de éstas, de manera que sean las que mejor sirvan al propósito para el cual se preparan las especificaciones. Las clases de especificaciones técnicas de uso común son:

Especificaciones de materiales y mano de obra.

Especificaciones de compra de materiales.

Especificaciones de ejecución.

Especificaciones de materiales y mano de obra. Este tipo de especificaciones casi es universal en los contratos de construcción. Se incluyen en su cobertura los factores principales que se consideran dentro del desarrollo y la terminación de la obra cubierta por el contrato. Estos factores incluyen las condiciones generales y especiales que afectan el desempeño del trabajo, los requisitos de materiales, los detalles de construcción y la medida de las cantidades de obra bajo las partidas de la obra programadas y los métodos de pago de dichas partidas. En cada uno de los conceptos de obra en los que se pueden dividir un proyecto determinado es necesario cuantificar la cantidad de dichos conceptos ya que el costo, cantidad de material, cantidad de mano de obra, etc., se apoyan directamente en esta actividad. Es necesario mencionar que para el análisis de costos de los conceptos involucrados, se utilizan unidades específicas como metro lineal (ml), metro cuadrado ( $m^2$ ), metro cúbico ( $m^3$ ), tonelada (ton), kilogramo (kg), pieza (pza), por lo cual las unidades en las que se expresen las cantidades de obra, deben ser las mismas en las que se haya calculado el costo unitario. Para poder realizar de una manera adecuada una cuantificación es necesario tener como antecedente los planos de proyecto y especificaciones técnicas, inicialmente se deberá formar el catalogo de conceptos si es que no se cuenta con el, tratando de enunciar estos, en forma ordenada de acuerdo a un proceso constructivo lógico y secuencial, cuidando que se cubra todas las actividades necesarias para llevar a cabo la ejecución de las obras, sin perder de vista que durante la ejecución de cualquier tipo de obra, resultan conceptos que no fueron tomados en el catalogo original, conociendo como conceptos extras los cuales deben cuantificarse inmediatamente y en caso necesario efectuar el análisis de costos respectivos.

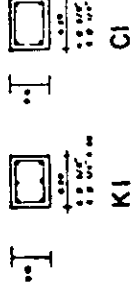
Actualmente existen formatos especiales para la realización de la cuantificación de obra cuyo objetivo es el de unificar el criterio para la ejecución de esta actividad, en cada uno de los conceptos de

trabajo, presentándolos con un plantamiento claro de las operaciones realizadas y donde estos formatos cuentan con espacio específico para presentar los conceptos de una manera gráfica, por medio de un croquis o dibujo tratando de formar ideas más clara de lo que se esta cuantificando y evitar repeticiones o malos cálculos. Debido a que hay cuantificaciones que requieren un gran número de hojas, estas deberán enumerarse anotando también el total de hojas que componen dicha cuantificación. Es necesario que durante la ejecución de la obra, se revisen periódicamente los números generadores, particularmente si han existido cambios de proyectos o ejecutado obra complementaria, de manera que sea posible corregir a tiempo desviaciones o diferencias que afecten el programa de ejecución de obra.

#### Precio unitario

Es el pago en moneda que el contratante cubre al contratista, por unidad de obra y por concepto de trabajo que ejecute de acuerdo a las especificaciones. El precio unitario es el medio por el cual el contratista cobra al contratante el valor justo del trabajo que desarrolla; en esta forma recupera los gastos que se ha realizado para la ejecución del trabajo y asimismo obtiene la utilidad que le corresponde. El precio unitario es un valor promedio que debe contener las variaciones de los parámetros que lo integran durante el tiempo de ejecución de la obra.

SECCIONES DE CASTILLOS

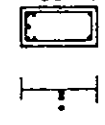


SECCIONES DE CERRAMIENTOS



S. VENTANA

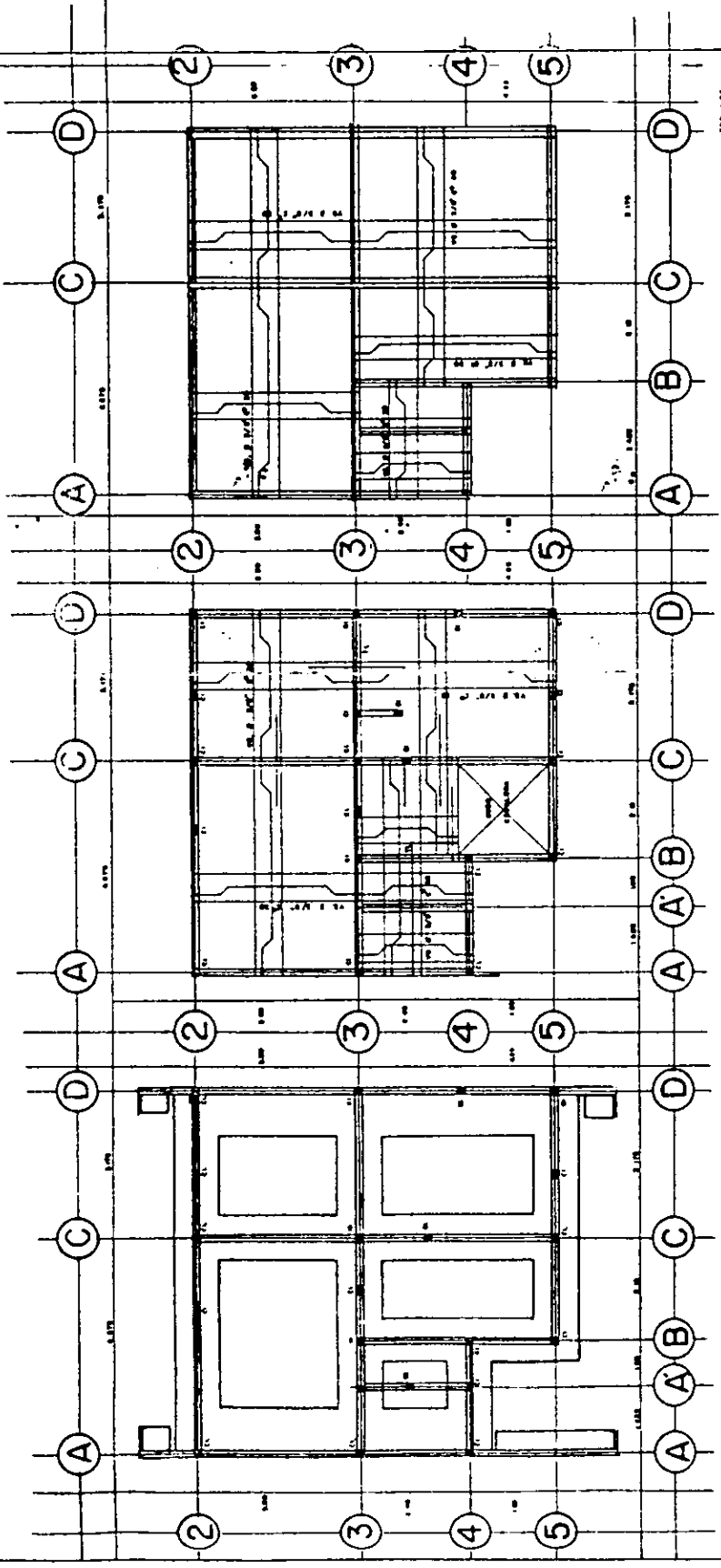
S. MURO



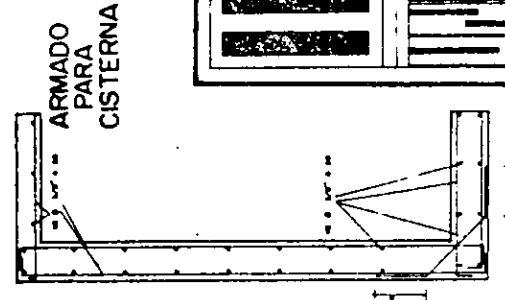
SECCION DE TRABE  
TI

ESPECIFICACIONES

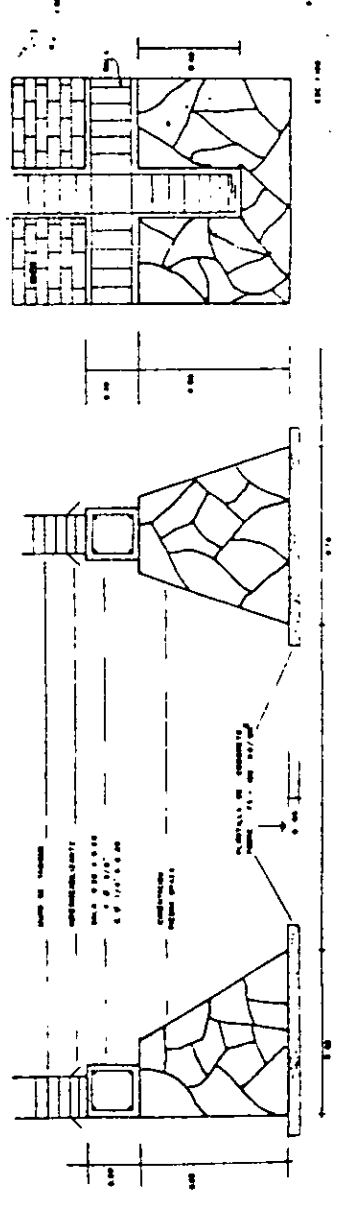
- ACERO : A-60
- CONCRETO : C-20
- TIPO DE MORTAR : M-1
- TIPO DE PINTURA : P-1
- TIPO DE PISO : P-1
- TIPO DE PUERTA : P-1
- TIPO DE VENTANA : V-1



PLANTA DE CIMENTACION ARMADO DE ENTREPISO ARMADO DE AZOTEA



SECCIONES DE CIMENTACION



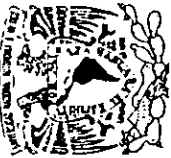
LINDERO

INTERMEDIA

ANCLAJE DE CASTILLO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
ENEP ARADON	
TESIS PROFESIONAL	
ESTRUCTURAL	
EDICION DE	ESC. DE INGENIERIA
COTAS	MTR.
EST	01
PLANTAS Y SECCIONES ESTRUCTURALES	





UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

NUMEROS GÈNERADORES

fecha Mayo 29

und.: Metros Cúbicos

Cve. :

obra Casa Habitacional

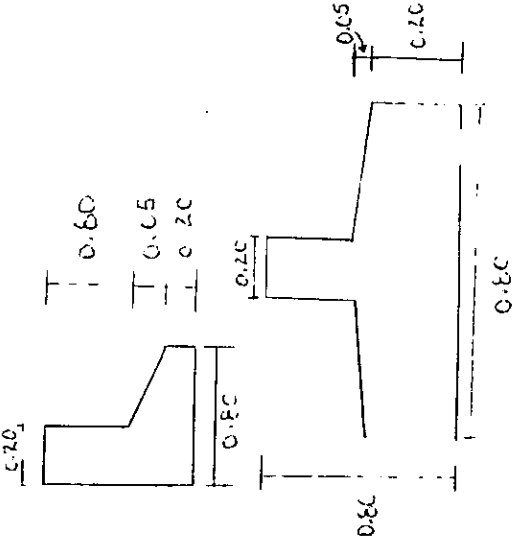
ubic.: Calle 44 Lote 70 Manz 29

croquis

concepto

Mampostería de piedra brasa

localizacion		tramo	tipo	largo	ancho	alto	pzas	total
		A-C		5.90	0.45	0.60	1	1.59
B		A-C		5.90	0.45	0.60	1	1.59
A		1-2		3.80	0.45	0.60	1	1.03
A		5-6		2.60	0.45	0.60	1	0.70
C		1-2		3.80	0.45	0.60	1	1.03
C		5-6		3.80	0.45	0.60	1	0.70
								= 6.64 m <sup>3</sup>
								= 17.39 m <sup>3</sup>





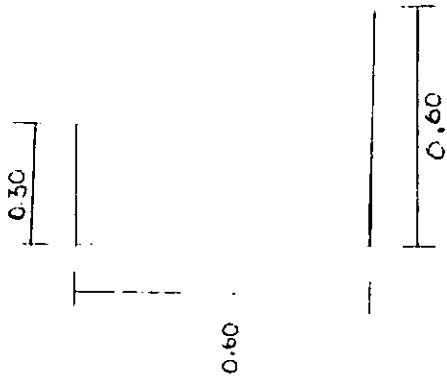
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

# NUMEROS GENERADORES

fecha: Mayo 29  
 und.: Metro Lineal  
 obra: Casa Habitacional  
 ubic.: Calle 44 Lote 70 Manzana 29

concepto: Zapatas de concreto armado con dado para recibir castillos croquis

eye	localizacion		largo	ancho	alto	pzras	total
	tramo	tipo					
A	1 - 6	2-1	0.60	0.80	0.80	5	5.0
C	1 - 6		0.60	0.80	0.80	5	5.0 = 10.0 ml.
B	2 - 5	2-2	0.80	0.80	0.80	5	5.0 = 5 ml.



### **11.1.17 IMPORTANCIA DE LAS JUNTAS DE COLADO Y DILATACION EN ESTRUCTURAS**

El concreto endurecido presenta ligeros cambios de volumen debido a la variación de la temperatura en la humedad y en los esfuerzos aplicados. Estos cambios de volumen o de longitud pueden variar de 0.01 hasta 0.08%. El concreto que se mantiene continuamente húmedo se dilata menos. Cuando se permite que el concreto seque este se contrae; la contracción por secado se ve afectada por el contenido de agua del concreto recién mezclado y otros factores como las cantidades del agregado empleado (tamaño, forma de la masa de concreto, temperatura, humedad relativa del medio ambiente, método de curado, grado de hidratación y tiempo). Cuando el concreto se somete a esfuerzos se deforma elásticamente, los esfuerzos sostenidos resultan de una deformación adicional llamada fluencia (deformación por unidad de tiempo), su velocidad disminuye con el tiempo.

#### *Control de agrietamiento*

Las causas básicas por las que se producen grietas en el concreto son:

- a) Esfuerzos debidos a cargas aplicadas, contracciones por secados o cambios de temperaturas en condiciones estrictas.

Las restricciones pueden ser provocadas por diversas causas, la contracción por secado siempre es mayor, cerca de la superficie del concreto. Algunas causas de restricción son el acero de refuerzo, las partes de una estructura interconectada entre si y la fricción de la subrasante sobre la cual va colocado el concreto.

Las juntas son los métodos más efectivos para controlar agrietamientos. Si una extensión considerable de concreto, (pared, losa o pavimento) no contiene juntas convenientemente espaciadas que alivien la construcción por secado y por temperatura, el concreto se agrietará de manera aleatoria.

#### **Juntas de construcción de liga en concreto estructural**

Son necesarias entre dos colados de concreto estructural cuando un concreto fresco se va a poner en contacto con algún concreto endurecido ya existente y se necesita contar con una adherencia y

hermeticidad de alta calidad. Las juntas de construcción pobremente ligadas normalmente son resultado de: 1) la falta de enlace entre un concreto viejo y uno nuevo ó 2) una capa débil porosa en la junta del concreto endurecido. La calidad de la junta de liga va a depender por un lado de la calidad del concreto endurecido y por el otro, de la preparación de la superficie.

En las columnas y en los muros, el concreto cercano a la superficie superior de una colada a menudo presenta una calidad menor que la del concreto subyacente. Eso se puede deber a una pobre consolidación o al empleo de mezclas con proporcionamientos inadecuados o con revenimientos muy altos que puede causar lechadas, segregación y sangrado excesivo. Aún en las mezclas bien proporcionadas y cuidadosamente consolidadas es inevitable la ocurrencia de un cierto asentamiento de partículas de agregado y de acumulación de agua (sangrado) en la superficie superior, especialmente si las velocidades de colado son altas.

#### *Preparación de concreto endurecido*

Cuando el concreto fresco se cuela sobre un concreto recién endurecido, se deberán tener en consideración ciertas precauciones para asegurar la obtención de una junta bien enlazada y hermética. El concreto endurecido debe estar limpio y sano, bien nivelado y razonablemente áspero con algunas partículas expuestas de agregado grueso. La superficie del concreto viejo sobre la que se va a colar deberá rasparse y limpiarse perfectamente de cualquier partícula de polvo, películas superficiales, depósitos, partículas sueltas, grasa, aceite y cualquier otro material. En la mayoría de los casos es necesario retirar toda la superficie hasta encontrar concreto sano. En algunos tipos de construcción como las presas, la superficie de cada colada de concreto se labra con un chorro de aire y agua a alta velocidad para dejar expuesto el concreto limpio y sano antes del fraguado final. Esto se efectúa de 4 a 12 horas después del colado. La superficie deberá protegerse entonces y curarse continuamente hasta proseguir con la próxima colada.

Para los pisos de capa doble, la superficie superior de la losa base se puede labrar justo antes de que fragüe con un cepillo de acero o de fibra dura. La superficie deberá estar nivelada, rayada considerablemente y libre de lechada.

El concreto endurecido puede quedar seco o se puede humedecer antes de colar encima el concreto nuevo; en estas condiciones, la superficie no deberá contener agua libre. Los estudios de laboratorio indican que se obtiene una liga ligeramente superior en una superficie seca que en una superior húmeda; sin embargo, un mayor nivel de humedad en el ambiente alrededor del conjunto reduce la pérdida de agua procedente de la mezcla, especialmente si el colado se lleva a cabo en un día cálido y seco.

### **Elaboración de juntas en pisos y muros**

Los tres tipos de juntas que a continuación se presentan son comunes en las construcciones de concreto.

### **Juntas de aislamiento**

También se les llama juntas de expansión. Permiten movimientos diferenciales horizontales y verticales en las partes adyacentes a la estructura, por ejemplo, alrededor del perímetro de un piso colado sobre el terreno, alrededor de las columnas, y alrededor de las cimentaciones de maquinaria para separar a la losa de las partes de mayor rigidez de la estructura. El material de la junta de aislamiento (también llamado de material de la junta de expansión) puede ser tan delgado, como 6 mm o menos, aunque el material que se usa más es el de 12 mm. Se debe tener la precaución de asegurarse de que todos los bordes de losa estén aislados de las construcciones adyacentes en todo su espesor; de otra manera, podría haber agrietamientos como consecuencia de los movimientos diferenciales.

### **Juntas de contracción**

Permiten el movimiento en el mismo plano de la losa o del muro e induce el agrietamiento causado por la contracción por secado y térmica en los sitios preseleccionados. Las juntas de contracción (llamadas también juntas de control) deberán ser construidas para permitir la transferencia de carga perpendiculares al plano de la losa o del muro. Si no se utilizan juntas de contracción o si quedan espaciadas demasiado alejadas en las losas sobre el terreno o en muros con muy ligero refuerzo, ocurrirán agrietamientos aleatorios cuando la contracción por secado y la concentración por temperatura produzcan esfuerzos de tensión mayores que la resistencia a tensión del concreto. Las juntas de contracción en losas sobre el terreno pueden ser de diversas maneras. Las cargas verticales se transmiten a través de la junta por la

trabazón de agregados entre las opuestas de la grieta siempre y cuando la grieta no sea demasiado ancha y que el espaciado entre juntas no sea demasiado grande. También se pueden formar en el concreto fresco mediante ranuradores de mano o colocando tiras de metal, madera, o de algún material preformado en los sitios de las juntas.

Las juntas de contracción ya sea aserradas, ranuradas o preformadas, deberá desarrollarse a una profundidad de 1/4 del espesor de la losa. Las juntas de contracción en los muros son también planos de debilidad que permiten movimientos diferenciales en el plano del muro. El espesor del muro en una junta deberá reducir al menos un 20% o de preferencia un 25%. En los muros reforzados ligeramente, la mitad de las barras de acero se deberán cortar en la junta.

### **Juntas de construcción**

Una verdadera junta de construcción deberá unir al concreto nuevo con el concreto existente y no deberá permitir ningún movimiento. Como se requiere para formar una junta de construcción verdadera usualmente se diseña y construye para que funcionen como juntas de contracción o de aislamiento y se les alinea con ellas, por lo tanto pueden hacerse desligadas a propósito. Como materiales desligantes se pueden utilizar aceite, pinturas y agentes para separar cimbras.

La junta horizontal en los muros deberán hacer rectas exactamente horizontales, y colocarse en lugares adecuados, una junta de construcción horizontal recta se puede hacer clavando una tira de madera de 2.5 cm a la cara interior de la cimbra cerca de la parte superior. El concreto deberá colocarse a un nivel ligeramente superior al fondo de la tira. Después de que el concreto se haya asentó y antes de que endurezca deberá removerse cualquier lechada que se haya formado en la superficie superior. Para evitar fugas de concreto, se deberán usar empaques donde las cimbras queden en contacto con el concreto endurecido previamente colado.

### **Relleno de juntas de pisos**

El movimiento en las juntas de contracción de un piso generalmente es muy pequeño. Para ciertos usos industriales y comerciales, estas juntas pueden quedar sin rellenar. Donde existan condiciones de humedad, requisitos de higiene y de control de polvo, o tránsito considerable de vehículos pequeños con

ruedas duras tales como las carretillas elevadoras de horquilla, el relleno de las juntas se vuelve necesario. En muchos lugares resulta satisfactorio un material elástico como lo son los selladores elastoméricos, pero para dar soporte a los bordes y para prevenir descantilladuras en las juntas aserradas, se deberá usar un relleno epóxico semirígido de buena calidad con una dureza Shore. Se intenta lograr que las juntas de aislamiento acomoden los movimientos, por lo tanto deberá usarse un sellador elastomérico flexible de acuerdo al uso de las juntas.

### Disposición de juntas para pisos

Las juntas de aislamiento se habilitan alrededor del perímetro del piso donde colinda con los muros y alrededor de todos los elementos fijos que puedan restringir el movimiento de la losa. Esto incluye columnas y bases de maquinaria que penetran la losa del piso. Con la losa aislada de los demás elementos del edificio, la tarea restante consiste en localizar y espaciar correctamente las juntas de contracción para eliminar los agrietamientos aleatorios.

### Pisos sin juntas

Un piso sin juntas o un piso con un número limitado de juntas se puede construir cuando las juntas no sean aceptables. Se sugieren tres métodos.

1. Un piso preforzado se puede construir haciendo uso del postensado. Con este método, se tensionan torones de acero dentro de ductos después de que el concreto ha endurecido para producir esfuerzos de compresión en el concreto durante la transferencia de los esfuerzos. Esto neutraliza el desarrollo de los esfuerzos de tensión en el concreto y proporciona un piso libre de juntas. De esta manera se pueden construir áreas extensas, de 1000 m<sup>2</sup> y más, sin necesidad de juntas intermedias.
2. Se puede usar concreto fabricado con cemento expansivo para compensar la contracción por secado posterior al curado. Las juntas de contracción no son necesarias cuando se usan juntas constructivas a intervalos de 12 a 36 m. De esta manera se han colodao áreas extensas, hasta 2000 m<sup>2</sup>, sin juntas. Se necesita acero de refuerzo para esfuerzos de compresión producidos durante y después del periodo de expansión, siendo esto una forma de presforzado

3. Las áreas extensas (Un sólo día de colado de losas, normalmente de 750 a 1000 m<sup>2</sup>) se pueden colar sin juntas de contracción cuando la cantidad de acero distribuido es de aproximadamente la mitad de uno por ciento del área transversal de la losa. Se debe realizar un esfuerzo especial para reducir la fricción de la subrasante en los pisos sin juntas de contracción.

### Juntas de expansión

Cuando se utiliza concreto aislante, las cubiertas de azoteas a menudo se especifica una junta de expansión de 2.5 cm en los pretilos y en todas las salientes de la azotea. Su propósito es de dar alojamiento a la expansión causada por el calor del sol de manera que el concreto aislante se pueda expandir de la cubierta de azotea. Las juntas transversales de expansión se deberán colocar a un máximo de 30 m en cualquier dirección para una expansión térmica de 2.5 cm por cada 30 m lineales. Para formar las juntas generalmente se usan un material de fibra de vidrio que se comprime hasta la mitad de su espesor bajo un esfuerzo de 1.8 kg/cm<sup>2</sup>.

### RECOMENDACIONES

- a) Las juntas no indicadas en los planos se harán y se situaran de tal manera que la resistencia de la estructura disminuya lo menos posible. Donde se hace una junta, la superficie del concreto deberá limpiarse cuidadosamente y quitarse toda la lechada, además las juntas verticales deberán mojarse y cubrirse con una lechada de cemento antes de colar el nuevo concreto.
- b) Se deberá dejar pasar un tiempo hasta que no este plástico en las columnas o muros, antes de colar el concreto en las vigas, trabes y losas que dichas columnas o muros deban soportar. Las vigas, trabes, repisas, capiteles de columnas, deberán considerarse como parte del sistema del piso y colarse íntegramente con el punto.

Las juntas de construcción en los pisos deben localizarse cerca de la mitad de los claros de las losas, vigas o trabes. Si una viga corta o una trabe en ese punto, la junta en la trabe deberá moverse a una distancia igual al doble de la anchura de la viga y poner el refuerzo adecuado para el esfuerzo cortante. Para la integridad de la estructura es importante que todas las juntas se construyan cuidadosamente, tal y como se indica en los planos de diseño de la obra.



### Dilatación en estructuras

El concreto está sometido a cambios volumétricos por temperatura. Se han determinado algunos coeficientes térmicos que oscilan entre 0.000007 y 0.000011 de deformación unitaria por grado centígrado de cambio de temperatura. Los valores anteriores corresponden a concreto de peso volumétrico normal (del orden de 2.2 ton/m<sup>3</sup>). Para concretos fabricados con agregados ligeros, los coeficientes pueden ser muy distintos a los mencionados.

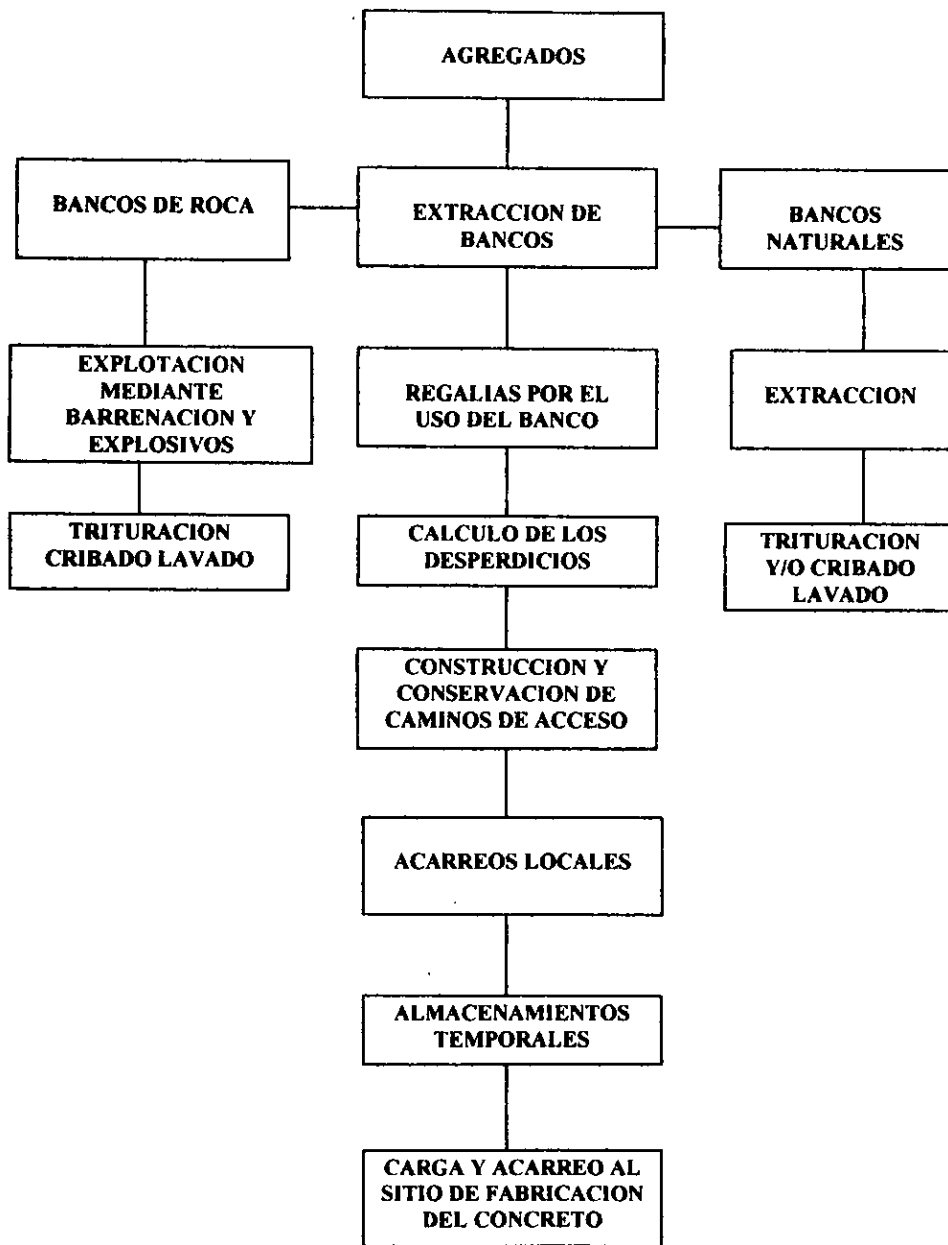
### II.1.18 DETERMINACION DE LOS PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

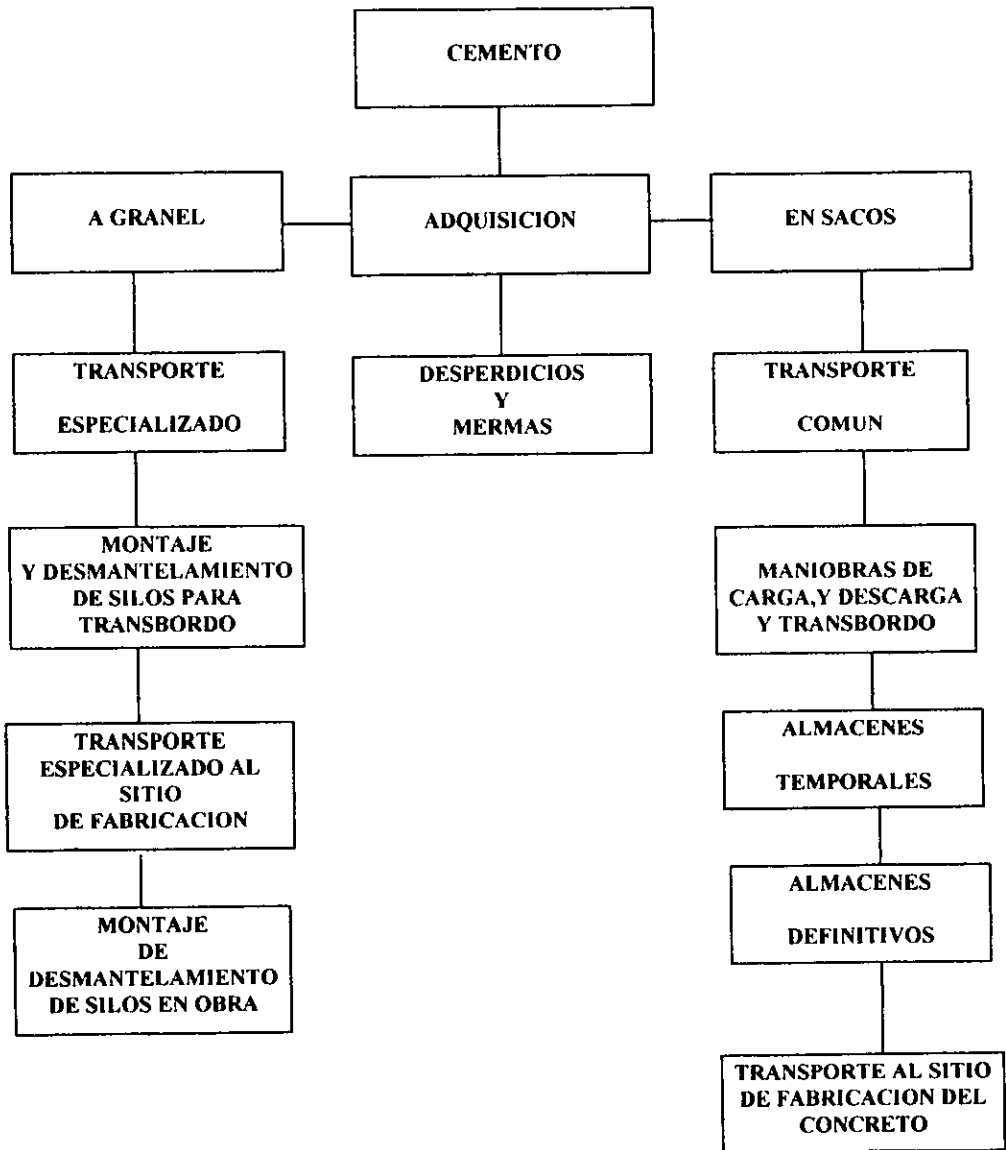
El procedimiento constructivo de estructuras de concreto involucra un sin fin de actividades que van desde la adquisición de los materiales hasta el acabado final cuyas variantes son numerosas como, tipo del terreno, tipo de obra y concepto de que se trate (en los siguientes diagramas se presenta, el proceso y principales actividades). Las estructuras de concreto reforzado tienen ciertas características derivadas de los procedimientos usados en su construcción, que las distinguen de las estructuras de los otros materiales.

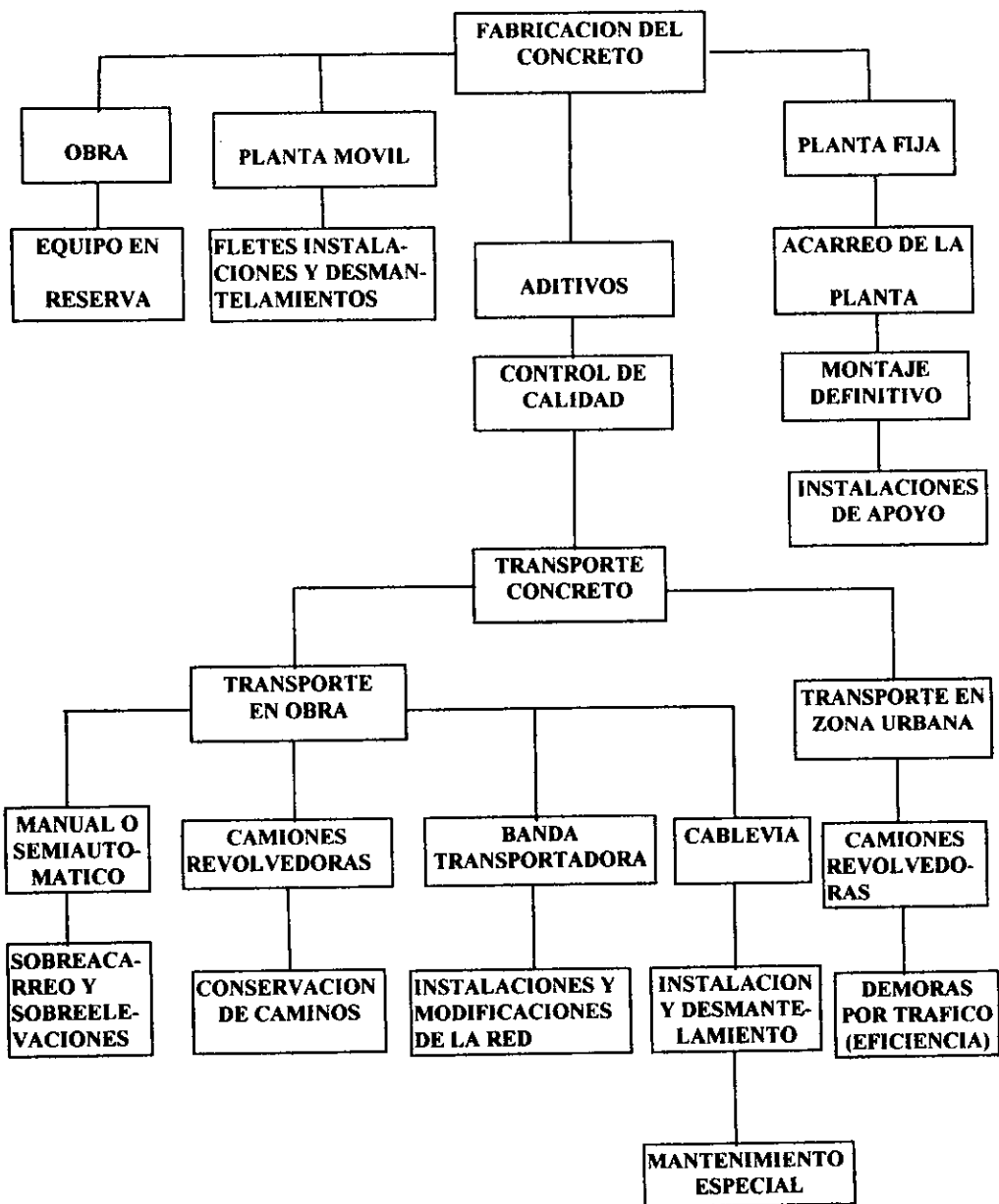
El concreto se fabrica en estado plástico, lo que obliga a utilizar moldes que lo sostengan mientras adquiere la resistencia suficiente para que las estructuras sean autosoportante. Estas características imponen ciertas restricciones pero al mismo tiempo aportan algunas ventajas. Una de estas es su "moldeabilidad", otra característica importante es la facilidad con que puede lograr la continuidad en la estructura, con todas las ventajas que esto supone, por lo tanto el monolitismo es consecuencia natural de las características de construcción.

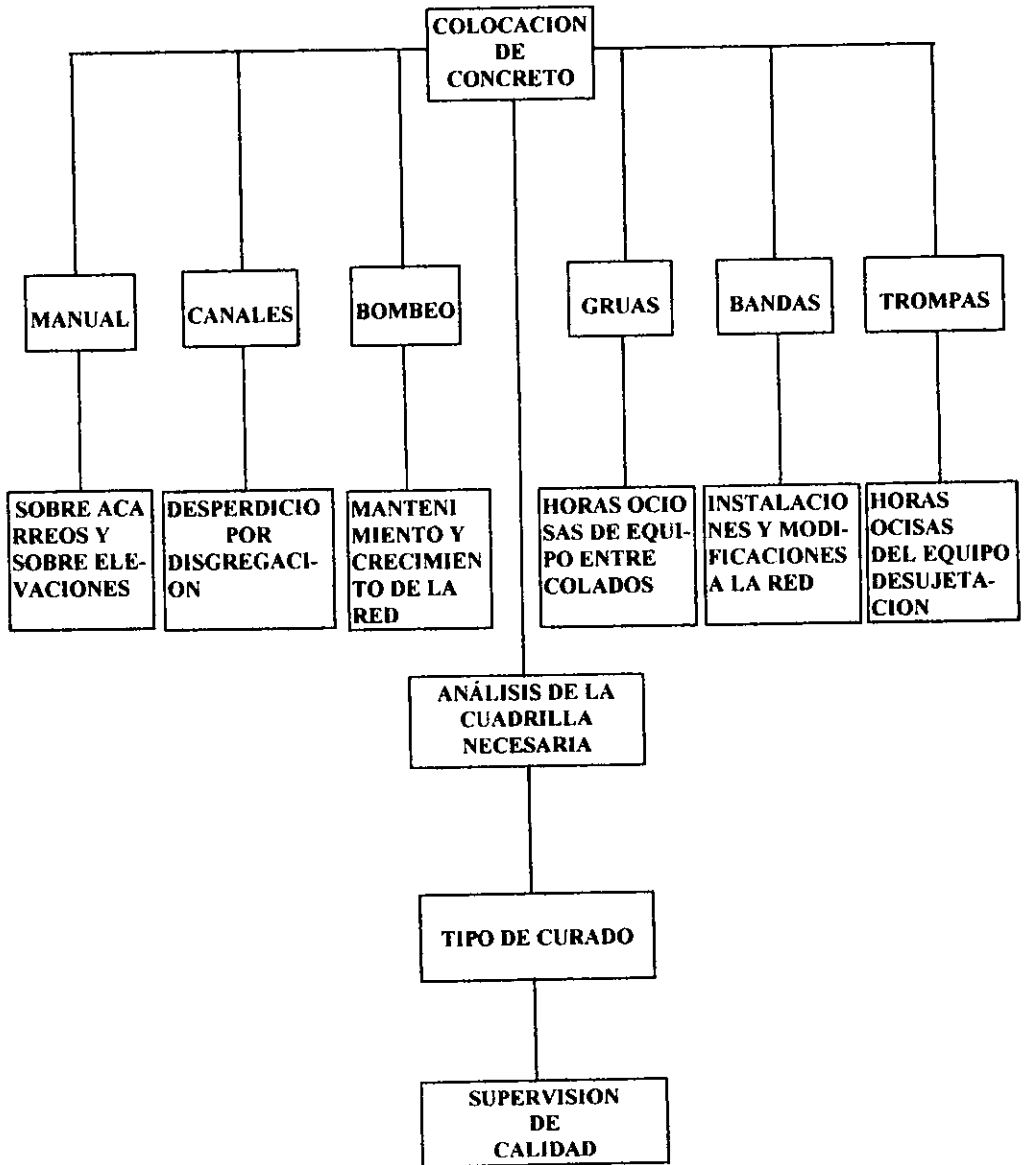
Existen dos procedimientos para la construcción de las estructuras de concreto. Cuando el elemento estructural se forma en una posición definitiva, se dice que la estructura ha sido colocada in situ. Si se fabrican en un lugar distinto al de su posición final, el procedimiento recibe el nombre de prefabricación.

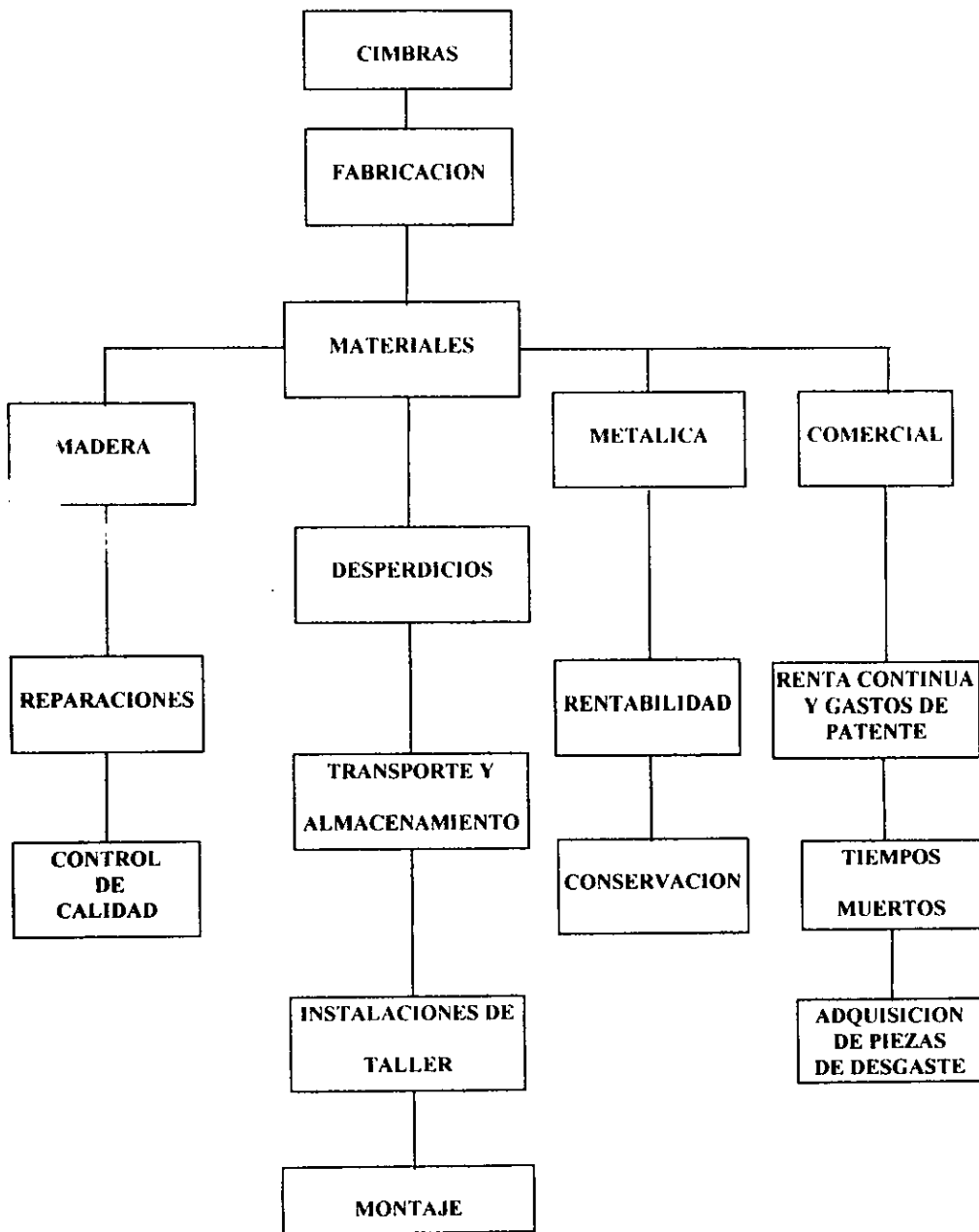
El primer procedimiento obliga a una secuencia determinada de operaciones, ya que para iniciar cada etapa es necesario esperar a que se haya concluido la anterior. Además, es necesario a menudo

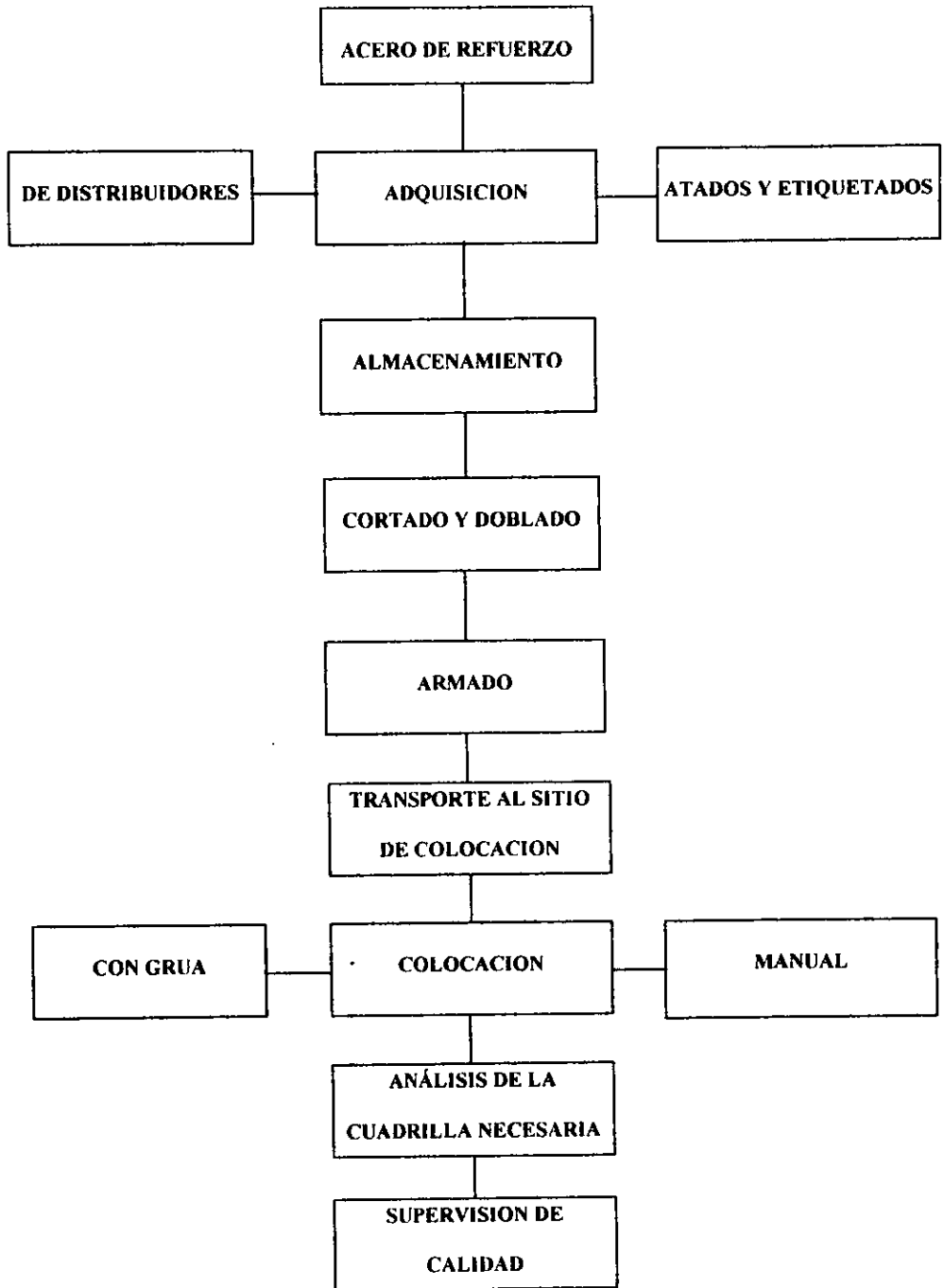












construir obras falsas muy elaboradas y transportar el concreto fresco del lugar de fabricación a su posición definitiva, operaciones que influyen en los costos.

EL segundo procedimiento se economiza tanto en la obra falsa como en el transporte del concreto fresco y se pueden realizar varias etapas de construcción.

Por otra parte, este procedimiento presenta el costo adicional de montaje y transporte de elementos prefabricados y el problema de desarrollar conexiones efectivas entre los elementos. El proyectista debe elegir entre estas dos alternativas guiándose siempre por las ventajas: económicas, constructivas y técnicas que pueden obtenerse en cada caso.

Cualquiera que sea la alternativa que escoja, esta elección influye de manera importante en el tipo de estructura que se adopte. Otra característica de las estructuras de concreto reforzado, es el agrietamiento que se debe tener en cuenta al estudiar su comportamiento bajo condiciones de servicio.

### **Transporte y manejo del concreto.**

Aunque no existe una forma perfecta para transportar y manejar al concreto, una planeación anticipada puede ayudar en la elección del método mas adecuado evitando así la ocurrencia de problemas. La planeación deberá tener en consideración tres eventos que, en caso que sucedan durante el manejo y la colocación, podrían afectar seriamente la calidad del trabajo terminado.

1. **Retrasos.** El objetivo que se persigue al planear cualquier calendario de trabajo, es producir el trabajo con la mayor rapidez contando con la fuerza laboral y con el equipo adecuado para realizarlo. Las máquinas para transportar y manejar al concreto se han ido modernizando continuamente. Se logrará una productividad máxima si se planea el trabajo para aprovechar al máximo al personal y al equipo y si se elige el equipo de manera que se reduzca el tiempo de retraso durante la colocación del concreto.
2. **Endurecimiento temprano y secado.** El concreto comienza a endurecer en el momento en que se mezclan el cemento con el agua, pero el grado de endurecimiento que ocurre durante los primeros 30 minutos normalmente no presenta problemas; por lo general, el concreto que se haya mantenido en agitación se puede colar y compactar dentro de la primera hora y media posterior al mezclado. La



planeación deberá eliminar o minimizar cualquier variable que permita que el concreto endurezca hasta el grado en que no se pueda lograr una completa consolidación y se dificulte efectuar el acabado.

- 3. Segregación.** La segregación del mortero es la tendencia que presenta el agregado grueso a separarse del mortero cemento-arena. Esto tiene como consecuencia que parte de la mezcla tenga una cantidad demasiado pequeña de agregado grueso y el resto tenga agregado grueso en cantidades excesivas. Probablemente la primera parte se contraerá más y se agrietará y tendrá una baja resistencia a la abrasión. La segunda será demasiado áspera para lograr una consolidación y acabado totales y será causa frecuente de apanamiento. Los métodos y equipos que lleguen a usarse para transportar y manejar concreto no deberán ser causa de segregación.

### **Elección del mejor método**

La primera cuestión por analizar es el tipo de trabajo: su tamaño físico, la cantidad total de concreto por colar, y el programa a cumplir. El estudio de los detalles de la obra determina además la cantidad de trabajo que queda debajo del nivel del terreno, por encima de éste o en el nivel del terreno. Esto ayuda a escoger el equipo de manejo del concreto necesario para colar el concreto en los niveles que se requieran. Se debe mover el concreto desde el mezclador hasta el sitio a colar lo más rápidamente posible sin segregación o pérdida de ingredientes. El equipo de transporte y de manejo deberá tener la capacidad necesaria para mover el concreto en cantidades suficientes a fin de eliminar las juntas frías.

### **Equipo para transporte y manejo del concreto.**

En los últimos 50 años han habido pocos cambios importantes, si acaso, en los principios para transportar al concreto. Lo que ha cambiado es la tecnología que ha llevado al desarrollo de una mejor maquinaria para ejecutar el trabajo con mayor eficiencia. La carretilla y el carretón Georgia, aunque aún se emplean, han evolucionado para llegar a la carretilla motorizada, la tolva arrastrada por una rueda de polea se ha convertido en cucharón y grúa. Hace años el concreto se colocaba en los edificios de concreto reforzado por medio de una torre y largos canalones. Era una torre contraventeada colocada en el concreto en el centro del sitio, con un embudo en su parte superior al cual se llevaba el concreto mediante un malacate. Una serie de canalones suspendidos desde la torre permitían que el concreto fluyera por gravedad directamente al punto requerido. Conforme los edificios a base de marcos de concreto fueron haciéndose mas altos, la necesidad de levantar tanto el refuerzo y la cimbra como el concreto a niveles

superiores condujo al desarrollo de la torre grúa. Es rápida y versátil, aunque al planear cualquier trabajo se debe tener en cuenta el hecho de que solamente posee un gancho. A pesar de ser vieja en concepto, la banda transportadora ha cambiado poco con el paso de los años.

Las bandas transportadoras montadas sobre camiones mezcladores han entrado en uso reciente. La avanzada bomba móvil con pluma colocadora hidráulica ha sido probablemente la innovación sencilla mas importante en lo que se refiere al equipo para el manejo de concreto. Es económica tanto en colados grandes como en colados pequeños, según sean las condiciones de la obra.

Los extendedores de tornillos han resultado muy efectivos para colar y distribuir concreto para los pavimentos. Los extendedores de tornillos pueden colocar un espesor uniforme de concreto de manera rápida y eficiente.

### *Composición del material*

Las estructuras de concreto se deben por la composición de los materiales utilizados, se clasifican en estructuras de:

- a) Concreto Simple
- b) Concreto Reforzado
- c) Concreto Presforzado

### *Construcción*

Por su construcción se distinguen los siguientes tipos:

1. Estructuras coladas en obra
2. Estructuras ensambladas a base de elementos precolados.

Su aplicación son diversas pero solo se trataran los siguientes: Pavimentos, Cimentaciones y Estructuras.

### *Concreto simple*

El diseño de pavimento comprende una serie de factores que deben ser manejados por especialistas. Sin embargo, como una guía auxiliar en el proyecto arquitectónico, anteproyecto estructural y en las estimaciones preliminares de costos, se proporcionan las siguientes recomendaciones:

- a) Los pavimentos deben dividirse en tableros más bien cuadrados, aunque pueden ser rectangulares, con la dimensión del lado largo igual a 1.5 veces del lado corto, como máximo.
- b) El espesor del pavimento depende de la magnitud y frecuencia de las aplicaciones de carga, así como la calidad del suelo y la sub-base.

**Cimentaciones.**- El diseño tiene el propósito de hacerlos trabajar como bloques de compresión y cortante así que su cálculo no difiere de las cimentaciones de mampostería, no así su construcción en la cual se busca asegurar el ahorro de la cimbra.

En la construcción de la cimentación es frecuente el uso de concreto ciclopeo nombre que recibe la mezcla de cemento, arena y piedra.

**Aplicaciones estructurales.**- Son escasas pero destacan los muros de concreto simple de los edificios de sector 1 de la unidad Iztacalco del Infonavit, la mayoría de 5 pisos, los cuales están diseñados para funcionar como muros de carga y como diafragma sísmico, confinado con castillos y dadas ahogadas.

Su diseño incluye un sistema de entre calles para controlar el agrietamiento, el cual se limito estabilizando la mezcla con tezontle, agregado en forma de piedras de 10 cm de diámetro.

### *Concreto reforzado*

**Pavimentación.**- Es importante el refuerzo en los pavimentos para minimizar el ancho de las grietas y permitir la utilización de tableros cuyos lados son dos o tres veces mayores que los tableros utilizados para los pavimentos no reforzados.

**Cimentaciones.** - Casi la totalidad de los sistemas para cimentación se pueden realizar en concreto reforzado con resultados satisfactorios y se pueden clasificar en:

**A) Cimentaciones someras o superficiales:**

- a) Zapatas aisladas
- b) Zapatas corridas
- c) Losa de cimentación

**B) Cimentaciones profundas:**

1. Pilas
2. Pilotes de punta
3. Pilotes de fricción

**C) Cimentaciones por compensación:**

**Estructuras.** - En este trabajo se limita al concreto reforzado con varillas corrugadas, independientemente de su colado en obra o en planta se distinguen dos tipos básicos de construcción:

- a) Estructuras a base de elementos precolados
- b) estructuras de concreto colado en obra

***Concreto presforzado***

Las modalidades para presforzar concreto son dos:

- a) Pretensado
- b) Postensado

El pretensado se efectúa antes de colar el elemento, esto se hace en una planta para aprovechar las ventajas que otorga el procedimiento a la fabricación en serie.

El postensado, en cambio se efectúa después de que el elemento ha fraguado y el concreto ha alcanzado la resistencia especificada en los planos estructurales.

**Pavimentos.-** Los pavimentos continuos sin juntas, solo pueden obtenerse en concreto presforzado, ya que por este medio se controla el agrietamiento.

**Cimentaciones.-** En general, el presfuerzo se utiliza para anclar en roca, cimentaciones sujetas a importantes momentos de volteo, otras aplicaciones son excepcionales.

**Estructuras.-** Las estructuras ubicadas en zonas sísmicas, no es deseable presforzar las columnas ya que el cable de presfuerzo es poco dúctil. Sin embargo, se aplica suficiente elemento para preservar de los daños a las piezas durante las maniobras de transporte y montaje, a cambio de lo cual se deben reforzar con acero dúctil.

#### **II.1.19 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES DE COLADOS DE CONCRETO: COLADOS MASIVOS, COLADOS EN TEMPERATURAS EXTREMAS Y OTROS**

Hay dos situaciones posibles: una es el colado de concreto masivo no reforzado, como por ejemplo en las presas de gravedad. este es el concreto masivo y su principal característica es impedir la generación de calor y sus respectivos cambios volumétricos para reducir al mínimo el agrietamiento. Lo que hay que impedir son las grandes diferencias de temperatura entre el interior de la masa, donde el calor de hidratación del cemento produce un incremento en la temperatura y el exterior, donde el calor generado se pierde en la atmósfera. La contracción también puede contribuir al agrietamiento. La preparación previa al colado del concreto incluye diferentes actividades como; la compactación, la formación de guarnición, humedecimiento de la subrasante; montaje de la cimbra y la fijación segura del acero de refuerzo en el concreto, y demás accesorios que vayan a quedar incertos. El humedecimiento de la subrasante es muy importante principalmente en los climas cálidos y secos, para que la subrasante no retenga demasiada agua del concreto y también para incrementar el nivel de humedad del aire, logrando con esto disminuir la evaporación de la superficie del concreto.

Los componentes del concreto fresco se pueden enfriar para reducir su temperatura hasta 7°C. El enfriamiento de la masa de concreto endurecido se puede prolongar haciendo circular agua refrigerada por

una tubería ahogada en ella. Es necesario elegir con mucho cuidado los componentes y proporciones de la mezcla; cemento de bajo calor, bajo contenido de cemento, reemplazo con puzolanas, agregados redondeados, aditivos reductores de agua; todos estos son auxiliares.

El programa de colado es también un factor que influye en la generación de calor, como es el caso de permitir el enfriamiento del concreto antes del colado, a fin de reducir el aumento de la temperatura, muchas de las técnicas empleadas para el concreto masivo son inaplicables debido a que se requiere una mezcla con resistencia media a alta; también puede ser necesaria la resistencia temprana y tal vez no sea posible ahogar tubería. No obstante, el problema esencial es el mismo, es decir, el interior de la masa se calienta más que el exterior si ocurre hay una gran pérdida de calor en la superficie. Si la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior es grande se presentará agrietamiento. Esto sucede durante el período de aumento de temperatura cuyo caso las grietas se formarán en el interior o durante el enfriamiento, las grietas aparecerán en la superficie. El agrietamiento se presentará cuando la diferencia entre las temperaturas sean mayores de 20°C.

En la práctica será necesario vigilar la temperatura en varios puntos por medio de termoelectrónicos y ajustar el aislamiento de acuerdo con estas mediciones. Dicho aislamiento debe controlar la pérdida de calor, conducción y radiación. Para lograr lo primero se debe usar un compuesto de curado o membrana de plástico, pero nunca aplicar un rocío de agua, porque ejerce un efecto de enfriamiento. Las mantas recubiertas de plástico son útiles en muchos aspectos, pero también se puede utilizar madera suave. El aislamiento se debe conservar hasta que la diferencia de la temperatura se haya reducido a 10°C. La técnica es muy especializada y hay que tener cuidado respecto a los factores: la temperatura inicial del acero de refuerzo, por ejemplo, pero tiene mucho éxito en colados continuos y con ella se han fabricado miles de metros cúbicos de concreto.

### *Colados en clima caluroso*

El clima caluroso provoca problemas en la fabricación, colocación y el curado del concreto los cuales pueden afectarse de manera adversa a las propiedades de durabilidad del concreto. Las precauciones que se deberán observarse o especificarse dependerán tanto del equipo de construcción y la experiencia de la mano de obra local, en su forma de desenvolverse en este clima, condiciones ambientales, temperatura, humedad relativa y la velocidad del viento. El clima caluroso se define como

cualquier combinación de alta temperatura ambiente, baja humedad relativa y velocidad del viento, que tiende a perjudicar la calidad del concreto fresco o endurecido, de cualquier manera provoca desarrollos anormales de éste.

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

- a) Incremento en los requisitos del agua.
- b) Incremento en la rapidez de la pérdida de revenimiento y la correspondiente tendencia a añadir agua en el lugar de la obra.
- c) Incremento de la velocidad de fraguado, que tiene como resultado una mayor dificultad en el manejo, acabado y el curado, que aumenta la posibilidad de juntas frías.
- d) Incremento en la tendencia al agrietamiento plástico.
- e) Incremento en la dificultad para controlar el contenido de aire incluido.

Los requisitos en un clima caluroso no son muy distintos a los de otros tipos de climas. Los preparativos para el colado en el clima caluroso incluyen el reconocimiento al iniciar los trabajos de que se presentan, condiciones anormales para prevenir algunos detalles a fin de aumentar la rapidez para realizar los trabajos de transporte, colocación, compactación y acabado ya que se efectúa con la mayor rapidez posible. La entrega del concreto debe colocarse inmediatamente al llegar la primera carga. El equipo de colocación debe estar preparado para cumplir con sus funciones de manera eficiente con el fin de no provocar retrasos en etapas distantes del trabajo, todo el equipo debe estar en condiciones óptimas.

Debido a la mayor rapidez de la pérdida de revenimiento en climas calurosos, el esfuerzo en el equipo de vibración será mayor, para esto se requiere tener por lo menos un vibrador de repuesto por cada tres que estén en uso. De ser posible, debe efectuarse los arreglos previos con el fin de poder contar con otra grúa o bomba adicional en la mayor brevedad en caso de alguna descompostura de un equipo. También se debe contar con una amplia provisión de agua esto con el fin de superar con rapidez cualquier inconveniente que se presente. Con el fin de asegurar buenos resultados en la colocación del concreto en clima caluroso.

La sub-base debe estar húmeda pero sin agua estancada, ni puntos suaves en el momento de la colocación del concreto. Los preparativos para la colocación del concreto incluyen, la localización

apropiada y preparación de las juntas de producción. Debido a que es rápido el fraguado y el endurecimiento del concreto, el ritmo de limpieza por medio de los métodos como son el labrado en estado fresco o aplicación de retardantes en la superficie, se vuelve más crítico en el clima caluroso.

En los planes de trabajos se debe incluir los preparativos para la limitación de la temperatura del concreto en el colado, la temperatura debe ser entre los 24 y 30°C. El concreto que se coloca en la mañana llega alcanzar temperaturas indeseables, en particular al medio día, este concreto se podría ver expuesto a un severo esfuerzo térmico. Se debe hacer incapié, el hecho de que en el clima caluroso existe una necesidad de tener un curado continuo, de preferencia por medio del agua. La necesidad se acrecenta durante todo el primer día, a partir de la colocación del concreto. Todas las superficies deben protegerse del secado aún del intermitente ya que todo esto contribuye al desarrollo del agrietamiento. Las cimbras se deben de cubrir y mantenerse húmedas para el pronto descimbrado como sea posible pero sin dañar el concreto. En resumen es de primordial importancia que se inicie el curado inmediatamente ya que se cuenta con una amplia cobertura y métodos.

### *Colados en clima frío*

El concreto colado bajo condiciones de clima frío se desarrollará únicamente si ha sido hecho, colado y protegido de manera adecuada. El Comité ACI define al clima frío como el periodo en el que durante más de tres días sucesivos, la temperatura media diaria esta por debajo de 4°C. La protección del concreto colocado se debe proporcionar después de la colocación del concreto; las temperaturas altas del concreto no proporcionan una mayor protección, ya que la pérdida de calor es más rápida mientras más sea la diferencia de temperatura. Con el objeto de que alcance la hidratación adecuada, el concreto nuevo debe estar protegido del secado prematuro. por lo tanto se deben tomar las medidas pertinentes a fin de evitar la evaporación excesiva de la humedad de dicho concreto. No obstante durante el invierno, las temperaturas caen por debajo de los 10°C, las condiciones atmosféricas en la mayor parte de las zonas no provocarán un secado indeseable pero al concreto nuevo en condiciones de saturación resulta vulnerable al congelamiento, por lo tanto se debe permitir un ligero secado antes de exponerlo a temperaturas de congelamiento. Los tiempos de protección varían de acuerdo al tipo de cemento y la categoría de servicio.

La pérdida rápida de humedad se puede presentar en las superficies expuestas en las partes planas, esto puede ocasionar agrietamientos por contracción plástica y también puede ocurrir en superficies



expuestas a climas fríos ya que el concreto tibio calienta el aire frío que lo rodea y reduce su relativa humedad. Las temperaturas de colocación debe ser mayor a estos valores mínimos, en más de 11°C. Las prácticas de colado normal se pueden reanudar una vez que la temperatura ambiente se encuentra por encima de 10°C durante más del medio día. Si se tienen condiciones de clima frío se tendrán que tomar las siguientes precauciones: se contara con recintos, rompevientos, calentadores, cimbras aisladas y mantas, todos estos elementos estarán listos para preservar las temperaturas bajas. Se deberá proteger al concreto fresco de los efectos nocivos provocados por el congelamiento hasta el momento en que el grado de saturación del concreto se haya reducido lo suficiente debido al proceso de la hidratación. Se necesita termómetros para revisar las temperaturas del concreto al ser entregado mientras se coloca y se conserva. Los recintos con calefacción se pueden usar para proteger al concreto en climas fríos estos pueden ser de madera, polietileno y lona, es posible también retener tanto el calor como la humedad en el concreto cuando se cubre con bloques de material fibroso o aislantes comerciales.

La técnica preferida de curado consiste en utilizar vapor, tanto para el calentamiento para evitar la evaporación excesiva. Si se va a utilizar, un compuesto líquido para el curado del tipo formador de membrana, éste no debe aplicarse sino hasta que se ha terminado el uso de vapor. Cuando se utiliza un calor seco, el concreto debe estar cubierto con un material impermeable, o un compuesto para "curado" que cumpla con los requisitos que se establezcan.

El curado con agua es el método menos deseable, dado que en clima extremadamente frío, ocasiona problemas de formación de hielo afuera de los recintos donde existe un sellado deficiente. Así mismo, incrementa la posibilidad de que el concreto se congele en condiciones próximas a la saturación una vez que se remueve la protección.

## II.2 ACERO

### II.2.1 LONGITUD, FORMA, NUMERO DE PIEZAS Y PESOS DEL ACERO DE REFUERZO EMPLEADO EN UNA ESTRUCTURA DE CONCRETO

Las barras de acero que se usan como el refuerzo del concreto provienen del proceso de laminación en caliente (a veces completada por un proceso en frío) de lingotes de acero obtenidos en horno de hogar abierto, horno eléctrico u horno ácido Bessemer partiendo del mineral de hierro, chatarra o de la relaminación de rieles de ferrocarril usados.

Una vez solidificado el acero en forma de lingote se extrae del molde para su laminación, la primera fase en el laminado consiste en reducir la sección del lingote mediante un proceso que se obtiene a través de rodillos hasta obtener una barra de sección cuadrada de más de 8 cm de lado y 3 mts de largo. Las barras se siguen reduciendo hasta alcanzar la medida deseada y dándole la forma de corrugaciones transversales y las costillas longitudinales que son características de la varilla corrugada. Al salir la varilla corrugada del último paso que es del tren de laminación se deposita en toda su longitud en una cama de enfriamiento con movimientos automáticos se acercan las varillas a la guillotina donde se cortan en tramos de 12 y 9.40 metros.

Finalmente es sometida a las inspecciones y pruebas que marcan las especificaciones, tales como verificar el peso de la muestra por unidad de longitud, forma y separación de las corrugaciones sean las correctas, resistencia a la ruptura, el límite de fluencia, alargamiento y la ductilidad sean las fijadas.

La fabricación de las barras de refuerzo para concreto se realiza en México de acuerdo con la Norma Oficial de Calidad, con el objeto de lograr mayor claridad en el uso de los términos técnicos relativos a las propiedades mecánicas de los aceros de refuerzo, se mencionan las siguientes definiciones de acuerdo con la A.S.T.M.

#### **a) Límite de proporcionalidad**

Es el mayor esfuerzo que puede soportar un material sin apartarse de la ley de Hooke (Proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones).

**b) Limite elástico**

En el mayor esfuerzo que puede soportar un material sin sufrir deformaciones permanentes una vez que se le ha liberado de las cargas. (Este esfuerzo suele ser menor que el correspondiente al limite de proporcionalidad).

**c) Modulo de elasticidad**

Es el cociente entre el esfuerzo y la deformación unitaria correspondiente, dentro de los limites de proporcionalidad.

**d) Limite plástico**

Es el esfuerzo bajo el cual un material sufre una desviación definida de la ley de proporcionalidad entre los esfuerzos y las deformaciones.

**e) Limite elástico aparente o Limite de fluencia**

Es el primer esfuerzo de un material (menor que el máximo que pueda soportar) para la cual ocurre un incremento en la deformación para un valor constante de los esfuerzos. Los aceros normales que se utilizan en la laminación de las barras para el refuerzo del concreto corresponden a tres clases o grados de dureza: Grado estructural, Grado intermedio y Grado duro, cada uno de ellos por el valor del limite elástico aparente con respecto al cual se toman los coeficientes de seguridad para fijar las fatigas de trabajo. En México se fabrican normalmente el grado estructural y también un acero en barras corrugadas que cae dentro del grado intermedio, pues se garantiza un limite elástico aparente de  $3000 \text{ Kg/cm}^2$  lo cual permite una fatiga de trabajo de  $1500 \text{ Kg/cm}^2$ .

***Peso de las barras***

El diámetro especificado en las barras corrugadas se denomina diámetro nominal y corresponde al diámetro de una barra lisa cuyo peso por metro de longitud es igual al de la corrugada. En consecuencia,

### *Tipos de varillas y su identificación*

Existen dos grados principales de acero que se utilizan para varillas de refuerzo, uno es el acero dulce y el acero de alta elasticidad (anteriormente conocido como acero de alta tensión y cables). Es importante conocer los diferentes tipos de acero de refuerzo, como identificarlos y dónde utilizarlos; en la figura 17 se muestran algunos de los tipos empleados.

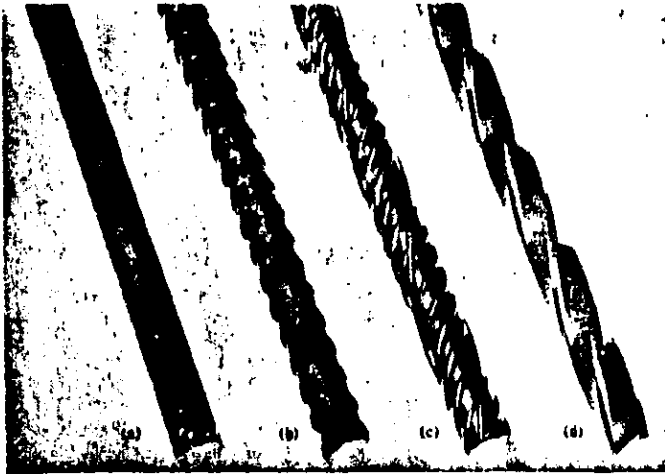


Fig. 17. Tipos de varillas de refuerzo que se usan actualmente. a) acero dulce; b) varilla corrugada templada en caliente; c) varilla corrugada formada en frío; d) varilla torcida formada en frío.

Todas las varillas redondas y lisas, son de acero dulce templado en caliente. El acero de alta elasticidad se fabrica templado en caliente, un acero de baja aleación o formado en frío (torciendo y estirando) puede distinguirse del acero dulce por la forma de sus nervaduras, mientras que el acero formado en frío se reconoce por su aspecto torcido, aunque también puede tener nervaduras. Estas varillas son mucho más resistentes que las varillas redondas de acero dulce del mismo diámetro. Debe observarse, que no existe una diferencia marcada entre las varillas templadas en caliente y las de alta elasticidad formadas en frío, ambos tipos de varillas con la misma área de sección transversal son intercambiables.

En los planos del acero de refuerzo y los programas de varillas, se debe identificar el tipo de varilla mediante los siguientes puntos:

- R.- para varillas redondas de acero dulce
- Y.- para las de acero de alta elasticidad
- X.- para aceros diferentes de R e Y (acero inoxidable)

En los planos del acero de refuerzo normalmente se utiliza un sistema de señalamiento abreviado que comprende detalles del número de varillas o conexiones similares: del tipo de acero, diámetro y cuando es necesario del espaciamiento por ejemplo:

7 V # 4 @ 20 acero de refuerzo de una losa.

significa:

7 V = siete varillas

# 4 = del número 4 (1/2")

@20 = a cada 20 cm.

El acero de refuerzo que se entrega en la obra proviene de tres fuentes principales:

**Directamente de fábrica.-** Por razones de economía, es necesario ordenar cada tipo y tamaño en cantidades grandes e informar bien sobre los requerimientos. En este caso, las varillas se entregan con longitudes estándar de 12 metros para ser cortadas o dobladas en la obra.

**Distribuidores.-** Cuando se trata de obras medianas o pequeñas, es posible obtener de los distribuidores varillas de longitudes estándar de diversos diámetros y tipos para doblarlas y cortarlas en obra.

**Atado y etiquetado.-** Esta forma puede adoptarse únicamente cuando está disponible el programa de varillas en el momento de pasar la orden; el acero de refuerzo se recibe en atados, tienen cada vez mayor demanda y la ventaja de que ocupan poco espacio en la obra.

### ***Principales recomendaciones para el almacenamiento***

- a) Almacenar las varillas de manera que sean accesibles los diámetros y medidas sin necesidad de doble manejo.
- b) Cuidar de que no se contaminen con lodo, aceite o grasa.

### ***Limpieza y oxidación***

La resistencia y el comportamiento del concreto reforzado dependen de la buena adherencia entre el acero y el concreto. Esto significa que el acero debe estar en buenas condiciones cuando el concreto se vacía a su alrededor; todo el acero de refuerzo debe mantenerse libre de grasa, lodo, escamas o láminas de óxido, oxidación excesiva, concreto suelto y hielo; la presencia de cualquiera de estas sustancias afecta la adherencia entre el concreto y el acero. El efecto de oxidación sobre la adherencia entre el acero y el concreto, en muchos casos, se ha removido innecesariamente el óxido, ocasionando gastos considerables. Ya que un poco de oxidación no causa daño, pero el óxido laminar y las escamas de óxido excesivas que no estén firmemente adheridos, si deben ser removidos. El manejo normal, elimina el exceso de óxido y a veces las escamas, pero también puede lograrse el mismo efecto dejando caer las varillas o los armados. En el caso de varillas de amarre que han sido expuestas durante algún tiempo con algunos golpes firmes harán caer el exceso del óxido. El acero almacenado en la intemperie durante mucho tiempo, puede oxidarse al grado de que su diámetro sea reducido. Esto no ocurre con frecuencia, pero es conveniente verificar el diámetro mediante un vernier o si se quiere mayor precisión, pesar un pedazo de varilla de aproximadamente 30 cm de longitud.

## **II.2.2 HABILITACION Y COLOCACIÓN EN OBRA DEL ACERO DE REFUERZO**

### ***Corte y doblado del acero de refuerzo***

Una vez que se ha diseñado la estructura y detallado el acero de refuerzo, se elaboran los planos para mostrar al fierro dónde se debe colocar. La mayoría de los detallistas utilizan la forma estándar de señalamiento y abreviatura para las varillas de esta forma se le da toda la información necesaria.

### *Cortado en obra*

Antes de iniciar el corte de las varillas es conveniente reacomodar según el programa, en orden de longitud. De esta manera, al cortar primero las varillas más largas se reduce el desperdicio de las mismas, también se subraya la manera de cortar las varillas más económicas, al cortar dos varillas de 5.5 m de una de 12 m, queda un pedazo de 1 metro no utilizable; mientras que, si se corta una parte de 5.5 m y una de 6.3 m, queda solamente un desecho de 0.2 m. Además de conocer la cantidad almacenada de varillas enteras, es esencial tener una lista de los cortes sobrantes. Para medir las varillas se debe utilizar siempre una cinta metálica, ya que así se reduce la posibilidad de un error en las varillas largas; también es útil marcar la mesa en tramos de 10 cm. Dejando lugar para botes donde se colocan los trozos cortos, para poder escogerlos fácilmente.

### *Doblado en la obra*

El doblado de las varillas en obra se debe hacer con máquinas de uso apropiado, ya sea manual o eléctricas no se deben utilizar aparatos improvisados porque dan muy malos resultados y pueden ser peligrosos. El doblado debe ser exacto de acuerdo con lo programado, ya que de otra manera no sería posible fijar el acero de refuerzo en la posición adecuada como lo especifica el plano. El doblado exacto también es esencial cuando el acero de refuerzo está congestionado, como sucede en las intersecciones de columnas y vigas .

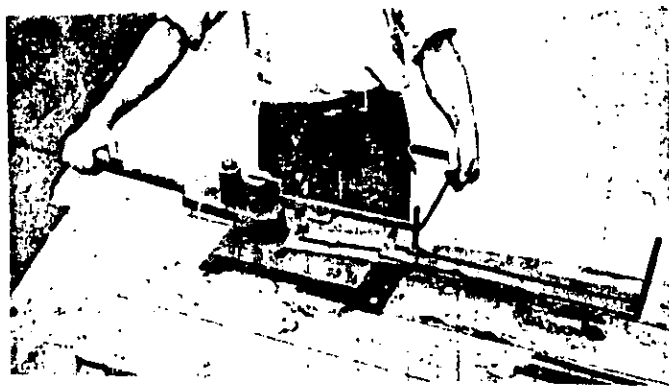


fig. 18 doblado de varillas en la obra.

Una buena fijación es esencial para que las varillas permanezcan en su posición correcta, no solamente durante el colado sino también bajo la presión de cualquier tipo de tránsito. El método normal de fijación consiste en utilizar alambre de amarre de hierro dulce, del calibre 16 o 18, en las intersecciones de las varillas en las losas y muros, en las intersecciones de las varillas principales con los estribos. Los armados prefabricados se deben atar bien de manera que tengan la suficiente rigidez y puedan ser levantados por la grúa. Una vez fijado en su posición definitiva, el acero de refuerzo no debe doblarse, sin embargo, es importante que las varillas de acero dulce no sean dobladas a un radio de menos de dos veces su diámetro, y que las de acero de alta elasticidad no lo sean a un radio menor que tres veces su diámetro. Es preciso cerciorarse de que al volver a doblar las varillas, especialmente en concreto de agregado ligero, el concreto que rodea las varillas no sea dañado.

#### *Acero de refuerzo para concreto presforzado*

El acero para presfuerzo no debe dejarse oxidar ni permitir que tenga picaduras o dobleces ya que se deben revisar todas las entregas y almacenarlas en un cobertizo bien ventilado y protegido contra la humedad del suelo. Esto también es válido para los rollos cubiertos de plástico, los cuales siempre se deben revisar antes de usarlos, para asegurarse de que están libres de óxidos, picaduras y dobleces



$$I = \frac{100 \times 2^3}{12} = 66.67 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{100 \times 2^2}{6} = 66.67 \text{ cm}^3$$

Por flexión.

$$l \text{ max.} = 0.32 \sqrt{\frac{fs}{w}} = 0.32 \sqrt{\frac{120 \times 66.67}{680}} = 1.10 \text{ m.}$$

$$f = (196) (\gamma) = (196) (0.4) = 80 \text{ kg/cm}^2$$

Por flecha.  $a \text{ max.} = 0.033 \sqrt{\frac{EI}{w}}$

$$E = 196000, \gamma = 196,000 \times 0.4 = 78,400$$

$$l \text{ max} = 0.033 \sqrt{\frac{78400 \times 66.67}{680}} = 0.65 \text{ m}$$

Se usarán largueros @ 0.65 m. lo cual nos da 7 espacimientos de  $0.65 \approx 4.50 \text{ m}$  de ancho del tablero.

c) Dimensionamiento de largueros y espaciamiento de vigas mdrinas. Suponiendo que se tienen a la mano largueros de 2" x 4"

$$I = 365.23 \text{ cm}^4$$

$$S = 71.61 \text{ cm}^3$$

$$\text{Carga en largueros} = 680 \times 0.65 = 442 \text{ kg/m}$$

$$\text{Por flexión } l \text{ max} = 0.32 \sqrt{\frac{fs}{w}} = 0.32 = \sqrt{\frac{80 \times 71.61}{442}}$$

$$l \text{ max} = 1.15 \text{ m.}$$

Por flecha  $l \text{ max} = 0.033 \sqrt{\frac{EI}{w}}$

$$l \text{ max} = 0.033 \sqrt{\frac{78400 \times 365.23}{440}} = 1.33 \text{ m}$$

$$\text{Por corte } l \text{ max} = 23.33 \frac{bh}{w} = \frac{23.33 \times 4.13 \times 10.2}{440} = 2.23 \text{ m por flexión}$$

Dado que el tablero mide 4.50 se usarán 4 claros de 1.125 m que será el espaciamiento de las vigas mdrinas.

d) Dimensionamiento de vigas mdrinas, espaciamiento de puntales.

Probar mdrinas de 2" x 6"

$$I = \frac{4.13 \times 15.20^3}{12} = 1208.65 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{I}{(h/2)} = \frac{1208.65}{7.60} = 159 \text{ cm}^3$$

w equivalente  $680 \times 1.125 = 765 \text{ kg/m}$

Por flexión.  $l \text{ max} = 0.32 \sqrt{\frac{fs}{w}} = 0.32 \sqrt{\frac{80 \times 159}{765}} = 1.30$

Por flecha.  $l \text{ max} = 0.033 \sqrt{\frac{EI}{w}} = 0.33 \sqrt{\frac{78400 \times 1208}{765}} = 1.65$

Por corte.  $l \text{ max} = 23.33 \frac{bh}{w} = 23.33 \times \frac{4.13 \times 152}{765} = 1.91 \text{ m}$

Para ancho de 4.50 se usarán puntales @ 1.50 m

e) Cálculo de los puntales

Área tributaria =  $1.50 \times 1.125 = 1.6875 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} \text{carga} &= 680 \text{ kg/m}^2 \\ p &= 1147.50 \text{ kgs.} \end{aligned}$$

Esfuerzo admisible a compresión paralelo a la fibra.

$$f_c = 143.5 \gamma = (143.5)(0.4) = 58 \text{ kg/cm}^2$$

Probar puntales 3" x 3"

$$d = 2 \frac{5}{8}'' = 6.67 \text{ cm}$$

$$A = 6.67^2 = 44.46 \text{ cm}^2$$

Revisión por esbeltez.

$$l = 240 - 28 = 212 \text{ cm.}$$

$$\frac{l}{d} = \frac{212}{6.67} = 32$$

Esfuerzo admisible a compresión:

$$E = 95,000 \text{ (tabla V-8)}$$

$$C = \frac{0.3E}{(l/d)^2} = 27.83$$

Compresión admisible de puntal 3" x 3"

$$P_{ad} = 27.83 \times 44.46 \approx 1237 > 1147$$

f) revisión de esfuerzos de compresión en Apoyo de viga madrina en puntal:

$$\text{Área de apoyo} = 4.13 \times 6.67 = 27.55 \text{ cm}^2$$

$$\text{Esf. admisible } \dot{A} \text{ a la fibra} = 54.20 \times 0.4 = 21.68 \text{ kg/m}$$

$$f = \frac{1147.50}{27.55} = 41.55$$

$$\text{Area requerida} = \frac{1147.50}{21.68} = 52 \text{ cm}^2$$

Usar placa metálica de 2" x 5" (5.08 x 12)

$$A = 4.13 \times 12.7 = 52.45 \text{ cm}^2$$

Apoyo de larguero en viga madrina.

$$A = 4.13^2 = 17.06 \text{ cm}^2$$

Carga de largueros sobre viga madrina:

$$C = (680 \times 0.75) \times 1.125 = 573.75 \text{ kg}$$

$$f = \frac{573.75}{17.06} = 33.63 \text{ kg/cm}^2$$

Se considera aceptable según el reglamento: Sobre apoyos menores de 15 cm de longitud localizados a 7 cm o más del extremo de una pieza, el esfuerzo permisible a compresión perpendicular a la fibra puede incrementarse por el factor.

$$\frac{L + 1 \text{ cm}}{L} = \frac{4.13 + 1}{4.13} = 1.24$$

$$f_{ad} = 32.52 \times 1.24 = 40.3 \text{ kg} > 33.63$$

### DISEÑO DE UNA CIMBRA PARA TRABE

La cimbra para la viga de 0.30 x 0.50 mostrada se usará varias veces. El concreto será de peso volumétrico normal (2400 kg/m<sup>3</sup>) se usará madera de pino con una densidad de 0.4

a) Tablado de fondo.

$$\begin{aligned} \text{Cargas que soporta:} \quad & \text{Carga muerta} = 0.30 \times 0.50 \times 2400 = 360 \\ & \text{Carga viva} = 0.30 \times 200 = 60 \\ & \text{420 Kg/m} \end{aligned}$$

Se usará tablón de 1 1/2" de espesor nominal. El espesor efectivo es de 1 5/16" = 3.33 cm

$$b \times h = 30 \times 3.33 = 99.9 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{30 \times 3.33^2}{6} = 55.44 \text{ cm}^3$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{30 \times 3.33^3}{12} = 92.32 \text{ cm}^4$$

Por flexión:  $f = 196 t = 80 \text{ kg/cm}^2$

$$l_{max} = 0.32 \sqrt{\frac{fs}{w}} = 1.03 \text{ m}$$

Por flecha:  $E = 196000 t = 78400 \text{ kg/cm}^2$

$$l_{max} = 0.033 \sqrt{\frac{EI}{w}} = 0.85 \text{ m}$$

Por corte:  $l_{max} = 23.33 \frac{bh}{w} = 5.5 \text{ m}$

Se usarán apoyos @ 0.80 m

b) El tableado lateral.- El tableado lateral y el travesaño inferior que soportan las presiones laterales, se calculan en forma similar en el caso de cimbra para muro. Se supondrá que el triplay de 3/4" y travesaño inferior de 2x4". resultaron adecuados. A razón de 0.80 de espaciamiento de puntales, que resulto que el tablado de fondo se pondrán también los puntales laterales que bajan las cargas de los largueros de la losa a través del travesaño lateral. por tratarse del triplay, se considerará  $\gamma = 0.6$

Calculo de travesaño lateral.

Cargas en la losa: peso propio del concreto 240 kg/m<sup>2</sup>

$$\text{Carga viva } \frac{200}{440}$$

$$f = 196 \gamma = (196)(0.6) = 120 \text{ kg/m}$$

$$\text{Cargas en travesaño} = 440 \times \frac{1.20}{2} = 264 \text{ kg / m}$$

$$\text{Por flexión: } S = \frac{10wl^2}{E} = \frac{10 \times 264 \times l^2}{120} = 22 \text{ cm}^3$$

$$\text{Por flecha: } \frac{l}{360} = \frac{l^4 w}{128EI} \times 10000$$

$$I = \frac{360wl^3}{128E} \times 10000$$

$$I = \frac{360 \times 264 \times l^3 \times 10000}{128 \times 117600} = 63.14 \text{ cm}^4$$

$$\text{Por corte: } bh = \frac{l}{23.33} = \frac{264 \times 1}{23.33} = 11.32 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar } 2'' \times 4'' \text{ b x h} = 4.13 \times 10.2 = 42.13$$

$$I = \frac{4.13 \times 10.23}{12} = 365$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{4.13 \times 10.2^2}{6} = 71.61$$

c) Cálculo de puntales principales. Determinando la carga total sobre estos puntales tenemos:

Por carga de trabe:  $420 \text{ Kg/m} \times 0.80 = 336$

por losas:  $2 \times 264 \times 0.80 = \frac{422}{758 \text{ kg}}$

Deberá diseñarse un puntal para una carga de 758 kg. tomando en cuenta la esbeltez que tenga en función de su altura.

### **DISEÑO DE UNA CIMBRA PARA MURO**

#### **DATOS:**

- El muro tendrá 4.50 m de altura.
- El colado se hará a razón de  $R = 1.00 \text{ m/h}$  con vibrador.
- El colado se efectuará en verano en San Luis Potosí,  $T = 20^\circ\text{C}$
- La cimbra se usará una sola vez por lo que los esfuerzos admisibles se podrán incrementar 25%
- Se cuenta con hojas de triplay de  $3/4''$  (1.9 cm) de espesor, con  $\gamma = 0.6$  que miden  $1.20 \times 1.40 \text{ m}$  y tensores de 2000 kg. de capacidad.

#### **SOLUCION:**

a) Determinación de la presión lateral máxima.

De la tabla V-4 para  $R = 1.00 \text{ m/h}$  y  $T = 20^\circ\text{C}$

tendremos:  $P \text{ max. } 3000 \text{ kg/m}^2$

Profundidad a la que se alcanza la máxima presión:  $\frac{3000}{2400} = 1.25m$ .

b) Tablado vertical.- El triplay será del mismo espesor en toda la altura y los apoyos se espaciarán uniformemente, de acuerdo a sus dimensiones. El triplay se colocará en el sentido más resistente, es decir, con la fibra paralela al claro, esto significa colocar la dimensión de 2.40 m. horizontal, actuando como losa continua.

### Revisión por flexión:

$$M \text{ máx.} = \frac{Wl^2}{10}$$

donde:

w = Cargas uniformemente distribuida en kg/m

l = Claro en m

M = momento flexionante en kg-m por lo que para obtener M en kg-cm:

$$M = \frac{Wl^2}{10} \times 100 = 10wl^2$$

Momento resistente:

$$Mr = fs$$

donde:

s: Módulo de sección en  $cm^3$

f: Esfuerzo admisible en flexión en  $kg/cm^2$

Mr: Momento resistente en kg-cm.

igualando momentos:  $fs = 10 w l^2$

de donde:  $l = \sqrt{\frac{fs}{10w}} = 0.32 \sqrt{\frac{fs}{w}}$

de la tabla V-8, basada en el reglamento de construcciones del D.F., tendremos:  $f = 196\gamma$  ( $\gamma$  = Densidad de la madera).

Suponiendo  $\gamma = 0.6$  ( por ser triplay):

$$f = (196)(0.6) = 120 \text{ kg/cm}^2$$

Como la cimbra se usará una vez, se incrementa el esfuerzo admisible en un 25%:

$$f_{ad.} = (120)(1.25) = 150 \text{ kg/cm}^2$$

Por otro lado, consideramos s para 1 00 m. de ancho, de la tabla V-1, tendremos:

$s = (100)(0.3598) = 35.98 \text{ cm}^3$  por lo que finalmente, tendremos:

$$l = 0.32 \sqrt{\frac{(150)(35.98)}{3000}} = 0.43m$$

Revisión por flecha:

considerando y  $\text{máx} = \frac{3wl^4}{384EI} \times 10000$

y  $\text{máx admisible} = \frac{l}{360}$

donde:

y  $\text{máx}$  : Flecha máxima en m.

l : Claro en m.

E : Módulo de elasticidad en  $\text{Kg/cm}^2$

I : Momento de inercia en  $\text{cm}^4$ .

igualando flechas:

$$\frac{l}{360} = \frac{3wl^4}{384EI} \times 10000 = 0.033 \sqrt{\frac{EI}{W}}$$

de la tabla V-8 :  $E = 196000 \text{ } \gamma$ :

$$E = (196000)(0.6) = 117600 \text{ kg/cm}^2$$

de la tabla V-1,  $I = 0.3413 \text{ cm}^4$ , considerando un metro de ancho:

$$I = (100)(0.3413) = 34.13 \text{ cm}^4$$

$$\text{Finalmente: } l = 0.033 \sqrt{\frac{117600 \times 34.13}{3000}} = 0.36m$$

Será aceptable usar espaciamentos de 0.40 m. para los largueros verticales, 6 espacios exactos de 0.40 m que tienen de largo los paneles de triplay.

c) Dimensiones de largueros y espaciamento de vigas mdrinas.

Se pueden fijar las medidas de los largueros y calcular el claro máximo admisible que será el espaciamento de mdrinas, o se puede fijar el espaciamento de mdrinas y calcular las medidas de los largueros.

En este caso, fijaremos largueros de 2" x 4" por flexión:

$$l_{\text{máx}} = 0.32 \sqrt{\frac{fs}{w}}$$

el ancho efectivo de largueros de 2" x 4" es 1 5/8", por lo que tendremos (ver tabla V-14):

$$I = \frac{4.13 \times 10.2^3}{12} = 365.23$$

$$S = \frac{I}{h/2} = \frac{I}{5.1} = \frac{365.23}{5.1} = 71.61 \text{ cm}^3$$

$E = 196\gamma = (196)(0.4) = 80 \text{ kg/cm}^2$  (considerando  $\gamma=0.4$  para usar madera diferente al triplay).

$E_{\text{ad.}} = 80 \times 1.25 = 100 \text{ kg/cm}^2$

$w = 3000 \times 0.40 = 1200 \text{ kg/m}$

$$l_{\text{máx}} = 0.32 \sqrt{\frac{100 \times 71.61}{1200}} = 0.78 \text{ m}$$

Por flecha:

$E = 196000 \gamma = 196000 \times 0.4 = 78400 \text{ kg/cm}^2$

$$l_{\text{máx}} = 0.033 \sqrt{\frac{I^2}{w}} = 0.033 \sqrt{\frac{78400 \times 365.23}{1200}} = 0.95 \text{ m}$$

Revisión por corte

$$v = \frac{3v}{2bh}$$

$v=0.6wl$  (viga continua con 3 o más claros)

$$v = \frac{3}{2bh} (0.6wl)$$

$$l_{\text{max}} = 1.11 \frac{bhv}{w}$$

de la tabla v-8, el esfuerzo de corte admisible =  $35\gamma$

$$v = (35)(0.4) = 14 \text{ kg/cm}^2$$

Por un solo uso:

$$v = 14 \times 1.25 = 17.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$l = 1.11 \times \frac{4.13 \times 10.2 \times 17.5}{1200} = 0.68 \text{ m}$$



El claro máximo será de 0.68 por cortante

d) Espaciamiento de tensores y dimensionamiento de vigas mdrinas.

Carga en mdrinas =  $(3000)(0.60) = 1800 \text{ kg/m}$

Espaciamiento de tensores:  $c = \frac{2000 \text{ Kg}}{1800 \text{ Kg/m}} = 1.10 \text{ m}$

Se usarán tensores @ 1.10 y este será el claro de las vigas mdrinas.

Dimensionamiento de vigas mdrinas por flexión.

$$l = 0.32 \sqrt{\frac{fs}{w}}$$

$$\text{despejando: } s = \frac{10wl^2}{\epsilon} = \frac{10 \times 1800 \times 1.10^2}{100} = 217.8 \text{ cm}^3$$

sabemos que:

$$l = 1.11 \frac{bhv}{w}$$

despejando:

$$bh = \frac{wl}{1.11v} = \frac{1800 \times 1.10}{1.11 \times 17.5} = 101.9 \text{ cm}^2$$

se necesitan mdrinas con las siguientes características:

$$S = 217.8 \text{ cm}^3$$

$$bh = 101.9 \text{ cm}^2$$

Se acostumbra colocar las vigas mdrinas en pares para evitar la perforación para los tensores, por lo tanto usaremos un par de vigas iguales con:

$$S = 217.8 / 2 = 108.9 \text{ cm}^3$$

$$bh = 101.9 / 2 = 50.9 \text{ cm}^2$$

En la tabla V-14 vemos que dos vigas de 2"x6" son suficientes. También lo son dos vigas de 3"x4" (6.67x10.2) y ambas tienen la misma área y por lo tanto cuestan lo mismo por lo que se puede usar

$$(\approx 9580 \text{Kg} / \text{m}^2)$$

$$P \text{ máx} = h = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 3.50 \text{ m} = 8400 \text{ kg/m}^2$$

b) Espaciamiento de yugos o abrazaderas, colocando el primer yugo a 15 cm de la base:

$$P = 8400 \times \frac{3.35}{3.50} = 8040 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Usando tablas de 1 pulgada (espesor efectivo =  $25/32'' = 1.98 \text{ cm}$ ).

$$bh = 45 \times 1.98 = 89.1 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{45 \times 1.98^2}{6} = 29.40 \text{ cm}^3$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{45 \times 1.98^3}{12} = 29.11 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \text{Para } P_1 = 8040 \text{ kg/cm}^2 \quad l \text{ flexión} &= 0.32 \frac{fs}{w} \\ l \text{ flecha} &= 0.033^3 \frac{EI}{w} \\ l \text{ corte} &= 23.33 \frac{bh}{w} \end{aligned}$$

Con  $\gamma = 0.6$  en madera

$$\begin{aligned} w &= 8040 \times 0.45 = 3618 \text{ kg/m} \\ l \text{ flexión} &= 0.32 \text{ m} \\ l \text{ flecha} &= 0.32 \text{ m} \\ l \text{ corte} &= 0.57 \text{ m} \end{aligned}$$

Usar  $e_1 = 0.30 \text{ m}$

Presión a 0.45 m de la base.

$$P_2 = 8400 \times \frac{3.50 - 0.45}{3.50} = 7320 \text{ kg/m}^2$$

$$w = 7320 \times 0.45 = 3294 \text{ kg/m}$$

$$l \text{ flexión} = 0.33$$

$$l \text{ flecha} = 0.33 \text{ usar} \quad e_2 = 0.30$$

$$l \text{ corte} = 0.63$$

$$P_3 = 8400 \times \frac{3.50 - 0.75}{3.50} = 6600 \text{ kg/m}^2$$

$$w = 6600 \times 0.45 = 2970 \text{ kg/m}$$

$$l \text{ flexión} = 0.35$$

$$l \text{ flecha} = 0.35 \text{ usar} \quad e_3 = 0.35$$

$$l \text{ corte} = 0.70$$

$$P_4 = 8400 \times \frac{3.50 - 1.10}{3.50} = 5760 \text{ kg/m}^2$$

$$w = 5760 \times 0.45 = 2592 \text{ kg/m}$$

$$l \text{ flexión} = 0.37$$

$$l \text{ flecha} = 0.36 \quad e_4 = 0.35$$

$$P_5 = 8400 \times \frac{3.50 - 1.45}{3.50} = 4920 \text{ kg/m}^2$$

$$w = 4920 \times 0.45 = 2214 \text{ kg/m}$$

$$l \text{ flexión} = 0.40$$

$$l \text{ flecha} = 0.38 \quad e_5 = 0.35$$

$$P_6 = 8400 \times \frac{3.50 - 1.80}{3.50} = 4080 \text{ kg/m}^2$$

$$w = 4080 \times 0.45 = 1836 \text{ kg/m}$$

$$l \text{ flexión} = 0.44$$

$$l \text{ flecha} = 0.41 \quad e_6 = 0.40$$

$$P_7 = 8400 \times \frac{3.50 - 2.20}{3.50} = 3120 \text{ kg/m}^2$$

$$w = 3120 \times 0.45 = 1404 \text{ kg/m}$$

$$l \text{ flexión} = 0.51$$

$$l \text{ flecha} = 0.44 \quad e_7 = 0.40$$

$$P_8 = 8400 \times \frac{3.50 - 2.60}{3.50} = 2160 \text{ kg/m}^2$$

$$w = 2160 \times 0.45 = 972 \text{ kg/m}$$

$$l \text{ flexión} = 0.61$$

$$l \text{ flecha} = 0.50 \quad e_8 = 0.50$$

$$P_9 = 8400 \times \frac{3.50 - 3.10}{3.50} = 960 \text{ kg/m}^2$$

$$w = 960 \times 0.45 = 432 \text{ kg/m}$$

$$l \text{ Flexión} = 0.91$$

$$l \text{ Flecha} = 0.65$$

c) Diseño de yugos. Los elementos que forman los yugos estarán trabajando a flexotensión. Deberán proporcionarse de tal forma que:

$$\frac{P}{A} + \frac{M}{S} \leq \epsilon m$$

donde:

P: Fuerza axial (kgs)

A: Area de sección transversal (cm<sup>2</sup>)

M: Momento flexionante ( Kg-cm)

S: Módulo de sección (cm<sup>3</sup>)

para yugo 2.

$$P_2 = 7320 \text{ kg/m}^2$$

$$q = 7320 \times 0.30 = 2196 \text{ kg/m} \quad P = \frac{2196 \times 0.45}{2} = 494 \text{ kg}$$

$$M = \frac{ql^2}{10} = \frac{2196 \times 0.45^2}{10} = 44.47 \text{ kg-m} = 4447 \text{ kg-cm}$$

$$S = \text{requerida} = \frac{M}{\epsilon} = \frac{4447}{120} = 37 \text{ cm}^3$$

Probar tira 1 1/2" x 4" (espesor efectivo 1 5/16" = 3.33 cm)

$$A = 3.33 \times 10.2 = 33.97 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{3.33 \times 10.2}{6} = 57.74$$

$$\frac{P}{A} + \frac{M}{S} = \frac{494}{33.6} + \frac{4447}{57.74} = 14.54 + 77.61 = 91.55$$

$$\epsilon m = 196 \gamma = 196 \times 0.6 = 120 \text{ kg/cm}^2$$

Hojas de triplay pui- do.	Espesor neto.	Espesor de las capas (nominal)			1 cm. de ancho con la veta visible paralela al claro.			1 cm. de ancho con la veta visible perpendi- cular al claro.			Peso Aproximado (Kg)	
		Exteriores		Centra- l (para 5 y 7 capas)	Area de la sec- cion transver- sal.	Momento de iner- cia.	Modulo de sec- cion.	Area de la sec- cion transver- sal.	Momento de iner- cia.	Modulo de sec- cion.	Hojas de 1,22 x 2,44	100 m <sup>2</sup>
		EA	EA									
3.20	3	1.60	1.60		0.18	0.0023	0.0145	0.1575	0.0003	0.0041	7.2640	244.00
4.75	3	2.12	2.12		0.26	0.0081	0.0343	0.2100	0.0008	0.0074	9.030	305.00
6.35	3	2.82	2.82		0.35	0.0144	0.0612	0.2793	0.0019	0.0132	11.350	381.00
9.50	3	3.20	4.90		0.47	0.0220	0.1321	0.4725	0.0069	0.0378	16.344	549.00
9.50	5	2.54	2.12	2 2.12	0.53	0.0512	0.1079	0.4200	0.0204	0.0644	15.344	549.00
12.70	3	3.20	3.20	2 2.54	0.76	0.1259	0.1987	0.5040	0.0440	0.1071	22.246	747.00
15.90	5	3.20	4.80	2 3.20	0.95	0.2271	0.2367	0.6300	0.1048	0.1890	26.332	885.00
19.00	5	3.20	4.80	2 4.80	0.95	0.3413	0.3598	0.9450	0.2325	0.3265	32.234	1081.00
19.00	7	3.20	2 2.12	3 3.20	0.95	0.3889	0.4097	0.9450	0.1849	0.2700	32.234	1081.00
22.20	7	3.20	2 4.00	3 3.20	1.27	0.5507	0.5241	0.9450	0.3305	0.3746	37.682	1266.00
25.40	7	3.20	2 3.20	3 4.80	1.11	0.7344	0.5799	1.4175	0.6256	0.6073	43.584	1464.00
28.60	7	3.20	2 4.90	3 4.80	1.42	1.0485	0.7362	1.4175	0.8881	0.7491	48.578	1632.00

TAJMA V - 2  
RADIO MEDIO DE DORADO PARA TRIPLEJ

Espesor milit.	mm.	Curva perpendi- cular a la veta.		Curva paralela a la veta.	
		cm.	cm.	cm.	cm.
1/4	6	39.10		61.0	
3/8	10	91.5		137.1	
1/2	13	182.9		283.8	
5/8	16	243.8		304.40	
3/4	19	304.50		365.8	

TAJMA V - 3

CARPA VERTICAL PARA DISEÑO DE CIMENTAS DE LOSAS

Espesor de losa (cm)	8	10	12	15	18	20	22	25	28	30
Concreto de 1400K/g/m <sup>3</sup>	370	410	450	~40	530	570	610	650	690	738
Concreto de 2000K/g/m <sup>3</sup>	400	450	500	550	600	650	700	750	800	860
Concreto de 2400K/g/m <sup>3</sup>	430	490	550	610	670	730	790	850	910	982

Carga viva de 210 Kg/m<sup>2</sup>. Esta carga es válida para coladas comunes. Si durante el colado se i-  
ncorpan motorizados (vaguas) para transportar el concreto, la carg-  
a viva deberá incrementarse a 400 Kg/m<sup>2</sup>

TABLA V - 4

PRESIONES HORIZONTALES PARA DISEÑO DE CIMBRAS DE MUROS.

Velocidad vertical de estado (m/s)	Presión lateral (kg/m <sup>2</sup> ) para la temperatura indicada				
	30°	25°	20°	15°	5°
0.50	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
0.75	3,000	3,000	3,000	3,000	3,360
1.00	3,000	3,000	3,170	3,610	4,240
1.25	3,000	3,000	3,375	4,325	5,115
1.50	3,240	3,065	3,905	4,390	5,990
1.75	3,240	3,535	4,435	5,000	6,870
2.00	3,660	4,010	4,965	5,610	7,750
2.50	4,080	4,480	5,440	6,135	8,635
3.00	4,500	4,940	5,900	6,225	8,910
3.75	4,631	5,045	6,000	6,415	7,440
3.50	4,760	5,200	5,830	6,600	7,660

NOTA: No utilizar presiones de diseño mayores de 10,000 kg/m<sup>2</sup>, ni menores de 3,000 kg/m<sup>2</sup> y en ningún caso, mayores que el peso volumétrico por la altura del concreto fresco.

TABLA V - 5

PRESION HORIZONTAL PARA DISEÑO DE CIMBRAS DE COLUMNAS

Velocidad vertical de estado (m/s)	Presión lateral (kg/m <sup>2</sup> ) para la temperatura indicada				
	30°C	25°C	20°C	15°C	5°C
0.50	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
				3,170	3,610
0.75	3,000	65	3,375	3,780	4,240
				4,325	5,115
1.00	3,240	3,535	3,905	4,390	5,990
				5,000	6,870
1.25	3,660	4,000	4,435	5,610	7,750
				6,830	9,500
1.50	4,080	4,470	6,080	8,045	11,760
				10,800	14,765
1.75	4,500	4,905	9,200	11,705	15,000
				12,240	15,000
2.00	4,920	5,340	10,255	12,925	15,000
				15,000	
2.50	5,750	6,340	13,430	15,000	
3.00	6,590	7,270	10,485	15,000	
3.75	7,425	8,205	11,310	15,000	
4.50	8,260	9,140	12,925	15,000	
5.00	9,100	10,075	15,000	15,000	
6.00	10,770	11,945	15,000	15,000	
7.00	12,445	13,815	15,000	15,000	
8.00	14,120	15,000	15,000	15,000	
9.00	15,600	15,000	15,000	15,000	

NOTA: No utilizar presiones de diseño mayores de 15,000 kg/m<sup>2</sup>, y en ningún caso mayores que el peso volumétrico por la altura del concreto fresco.

TABLA V - 7

MINIMA FUERZA LATERAL PARA DISEÑO DE CONTRAVIENTOS DE CIMBRAS DE MUROS  
APLICADA EN LA PARTE ALTA DEL MOLDE.

Altura del muro (m)	Mínimos: 148 Kg/m <sup>2</sup> ó 30Kg/m <sup>2</sup> (ACI-022)	Fuerza lateral para la presión de viento (presión crítica por los códigos) indicada (kg/m <sup>2</sup> )		
		73Kg/m <sup>2</sup>	98Kg/m <sup>2</sup>	122Kg/m <sup>2</sup> 146Kg/m <sup>2</sup>
(Sobre el terreno)				
1.22 ó metros	29.6	46.4	59.2	74.0
1.83	44.4	66.6	88.8	111.0
2.44	148.0	148.0	148.0	148.0
3.05	148.0	148.0	148.0	185.0
3.66	148.0	148.0	177.0	222.0
4.27	148.0	155.4	207.2	259.0
4.88	148.0	177.6	236.8	296.0
5.49	148.0	199.8	266.4	333.0
6.10	148.0	222.0	296.0	370.0
6.70				
6 metros	24.4h	36.6h	48.8h	61.0h
				71.2h

TABLA V - 6

MINIMA FUERZA LATERAL PARA DISEÑO DE CONTRAVIENTOS DE CIMBRAS DE LOSAS

Espesor de la losa (cm)	Carga muerta indicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Fuerza lateral por metro de losa para el ancho de losa			
		6.0(m)	12(m)	18(m)	24(m)
10	317	148	148	148	192
15	434	148	148	148	266
20	561	148	148	204	340
25	683	148	166	249	332
30	805	148	195	293	391
35	927	148	225	337	450
40	1049	148	225	382	509
50	1293	157	314	471	628

Tabla V - 9

**ESFUERZOS PERMISIBLES  
en  $\text{kg/cm}^2$  condición verde**

Esfuerzos Permisibles para Madera en Función de su Densidad

Tabla V - 8

Concepto	Para cualquier $\delta$	(Valor en $\text{kg/cm}^2$ ) Para $\frac{\delta}{\delta_0} = 0.4$
Esfuerzo en flexión tensión simple	$196 \delta$	60
Módulo de elasticidad en flexión o tensión simple	$196,000 \delta$	76,000
Esfuerzo en compresión paralelo a la fibra	$143.5 \delta$	37
Esfuerzo en compresión perpendicular a la fibra	$34.2 \delta$	7
Módulo de elasticidad en compresión	$238,000 \delta$	95,000
Esfuerzo cortante	$35 \delta$	10

Solicitación	Salvata	Primera	Segunda	Tercera
Flexión y tensión	80	60	30	20
Compresión paralela a la fibra.	70	50	25	17
Compresión perpendicular a la fibra	14	14	9	7
Cortantes paralelo a la fibra.	14	14	7	5
Módulos de elasticidad. ( $\times 10^3$ )	Medio 40	70 40	70 40	70 40

Tabla V - 10

**DEBILIDADES MAXIMAS PERMISIBLES EN LOS NUDOS PRESENTES EN UN ELEMENTO ESTRUCTURAL EN C**

Dimensión nominal de la cara conal- cerada.	Nudos en el canto y en la zona cen- tral para elementos en flexión y en cualquier cara para elementos en — compresión.						
	V=40	V=50	V=65	V=75	V=80	V=95	V=77
cm. (pulg)	2.0 (1/2)	2.0 (1/2)	1.5 (1/2)	1.0 (1/2)	1.0 (1/2)	1.0 (1/2)	1.0 (1/2)
2.5 (1)	2.0 (1/2)	2.0 (1/2)	2.0 (1/2)	1.0 (1/2)	1.5 (1/2)	1.0 (1/2)	1.0 (1/2)
3.8 (1 1/2)	2.5 (1)	3.0 (1)	2.0 (1/2)	1.5 (1/2)	2.0 (1/2)	2.0 (1/2)	1.5 (1/2)
5.0 (2)	2.5 (1)	4.0 (1)	2.5 (1)	2.0 (1/2)	3.0 (1)	2.5 (1)	1.5 (1/2)
6.5 (2 1/2)	3.0 (1)	4.5 (1)	3.0 (1)	2.0 (1/2)	3.0 (1)	2.5 (1)	1.5 (1/2)
7.5 (3)	3.5 (1)	5.0 (1)	3.5 (1)	2.5 (1)	3.5 (1)	2.5 (1)	1.5 (1/2)
8.0 (3 1/4)	4.0 (1)	5.5 (1)	4.0 (1)	3.0 (1)	3.5 (1)	2.0 (1/2)	1.5 (1/2)
10.0 (4)	4.5 (1)	6.0 (1)	4.5 (1)	3.5 (1)	4.0 (1)	2.5 (1)	2.0 (1/2)
12.0 (4 3/4)	5.0 (1)	7.0 (1)	5.0 (1)	4.0 (1)	4.5 (1)	3.0 (1)	2.5 (1)
15.0 (6)	5.5 (1)	8.0 (1)	5.5 (1)	4.5 (1)	5.0 (1)	3.5 (1)	3.0 (1)
20.0 (8)	6.0 (1)	9.0 (1)	6.0 (1)	5.0 (1)	5.5 (1)	4.0 (1)	3.5 (1)
25.5 (10)	6.5 (1)	10.0 (1)	6.5 (1)	5.5 (1)	6.0 (1)	4.5 (1)	4.0 (1)
30.5 (12)	7.0 (1)	11.0 (1)	7.0 (1)	6.0 (1)	6.5 (1)	5.0 (1)	4.5 (1)
35.5 (14)	7.5 (1)	12.0 (1)	7.5 (1)	6.5 (1)	7.0 (1)	5.5 (1)	5.0 (1)

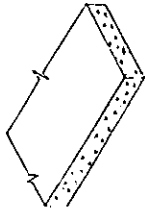


TABLA V-11

LIMITACIONES A LOS DEFECTOS PARA CALIDADES V-7.5, V-8.5, V-9.0 Y V-40

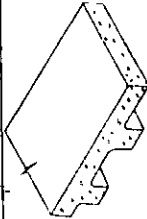
TIPO DE DEFECTO	CALIDAD V-7.5	CALIDAD V-8.5	CALIDAD V-9.0	CALIDAD V-40
Velocidad de crecimiento (N/mm)	16 anchos /5 cm.	12 anchos /5 cm.	8 anchos /5 cm.	8 anchos /5cm.
Fuertes grietas (máximo proyección sobre cada cara) y solisa de resina.	1/4 de la cara considerada	1/3 de la cara considerada	1/2 de la cara considerada	3/5 de la cara considerada
Desviación de la fibra (no mayor de)	1 en 4	1 en 11	1 en 8	1 en 6
Grietas en cada cara (no mayor de)	1/8 de la cara considerada	1/8 de la cara considerada	1/4 de la cara considerada	1/4 de la cara considerada

CARGA VERTICAL  
DISEÑO DE L



LOSA SOLIDA

Espeor losa	7.50cm	10.00	12.50	15.00	17.50	20.00	22.50	25.00	27.50
45.30 Kg. conc.	386.18	404.14	444.18	488.24	527.30	571.24	610.30	649.38	693.31
58.70 Kg. conc.	396.48	302.71	498.01	551.71	600.84	654.25	703.07	751.89	805.60
67.95 Kg. conc.	429.65	488.24	551.71	610.30	673.78	732.36	795.84	854.43	917.80



LOSA CON VIGAS EN UN SOLO SENTIDO

Situación	ESFUERZOS PERMISIBLES EN Kg/cm <sup>2</sup>			
	V-7.5	V-8.5	V-9.0	V-40
Flexión y Tensión	80	70	50	40
Compresión paralela a la fibra	80	80	40	30
Compresión perpendicular a la fibra	12	12	11	11
Corriente paralela a la fibra	11	8	7	8
Módulo de elasticidad (x 10 <sup>11</sup> )	70	70	70	70
Mínimo	40	40	40	40

Profundidad de la compra metálica	Módulos 50 cm. de ancho de la viga				Módulos 75 cm. de ar.				
	5cm. losa	6.25cm.	7.50cm.	Ancho Viga	5cm. losa	6.25cm.	7.50cm.	Ancho Viga	
15 cm.	10.00	434.54	483.83	488.01	10.00	444.30	478.48	10.00	444.30
	12.50	449.18	478.48	512.68	12.50	454.07	488.24	12.50	454.07
	15.00	458.86	468.24	522.42	15.00	463.83	488.01	15.00	463.83
20 cm.	10.00	483.83	483.13	527.30	10.00	483.83	483.13	10.00	483.83
	12.50	478.48	507.77	541.95	12.50	478.48	507.77	12.50	478.48
	15.00	493.13	525.42	566.80	15.00	488.24	517.84	15.00	488.24
25 cm.	10.00	488.14	517.84	581.71	10.00	488.24	517.84	10.00	488.24
	12.50	507.77	537.07	611.24	12.50	498.01	527.30	12.50	498.01
	15.00	527.30	566.80	640.77	15.00	517.84	547.80	15.00	517.84
30 cm.	10.00	527.42	581.71	581.01	10.00	507.77	537.07	10.00	507.77
	12.50	541.96	571.24	605.47	12.50	522.42	551.71	12.50	522.42
	15.00	566.38	595.86	624.95	15.00	541.95	571.24	15.00	541.95
35 cm.	10.00	551.71	585.89	615.19	10.00	548.63	578.13	10.00	548.63
	12.50	576.13	610.30	639.60	12.50	566.38	595.86	12.50	566.38
	15.00	600.54	634.72	664.01	15.00	585.89	616.19	15.00	585.89

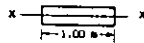
T A B L A V - 14

DIMENSIONES Y PROPIEDADES DE PIEZAS CEPILLADAS DE MADERA

DIMENSION NOMINAL	DIMENSION EFECTIVA		bh cm <sup>2</sup>	s <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>
	PULGADAS	CM			
Tablones:					
3/4"	20/32	1.59		42.1	33.5
1"	25/32	1.98		65.3	64.7
1 1/2"	1 5/16	3.33		184.8	307.7
2"	1 5/8	4.13		284.3	587.0
3"	2 5/8	6.67		741.5	2472.8
4"	3 5/8	9.21		1413.7	6510.2
Piezas Cuadradas:					
2 x 2	1 5/8 x 1 5/8	4.13 x 4.13	17.1	11.7	24.2
3 x 3	2 5/8 x 2 5/8	6.67 x 6.67	44.5	49.5	164.9
4 x 4	3 5/8 x 3 5/8	9.21 x 9.21	84.8	130.2	599.6
Piezas Rectangulares:					
2 x 4	1 5/8 x 4	4.13 x 10.2	42.1	71.6	365.2
2 x 6	1 5/8 x 6	4.13 x 15.2	62.8	159.0	1,208.6
2 x 8	1 5/8 x 8	4.13 x 20.3	83.8	283.7	2,879.1
2 1/2 x 8	2 5/16 x 8"	5.87 x 20.3	119.2	403.2	4,092.1
3 x 4	2 5/8 x 4	6.67 x 10.2	68.0	115.7	589.9
3 x 6	2 5/8 x 6	6.67 x 15.2	101.4	256.8	1,952.0
4 x 6	3 5/8 x 6	9.21 x 15.2	140.0	354.6	2,695.3
4 x 8	3 5/8 x 8	9.21 x 20.3	187.0	632.6	6,420.5

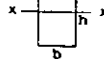
Para 1 y 3 se consideraron las siguientes secciones:

En tablones:



En piezas

rectangulares:



### **III.3 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE MADERA**

Las cimbras de madera se han fabricado con clavos, las formas y configuraciones necesarias se han obtenido usando herramientas tales como el serrucho y en algunos casos el hacha. Cada día es mayor la adopción de tipos de construcción debido al incremento del uso de herramientas manuales, eléctricas, sierras de banco y banda junto con las secciones maquinadas y molduras aseguran la fabricación de cimbras estándar.

Los principios de la construcción se desenvuelven alrededor de los siguientes requisitos básicos:

- \* Contención.
- \* Resistencia a la filtración de la lechada.
- \* Precisión compatible con las especificaciones.
- \* Superficies capaces de proporcionar el acabado requerido al elemento de concreto.
- \* Construcción compatible con la cantidad de usos requerida.
- \* Facilidad para remover la cimbra del concreto recién colado, sin que éste y aquella se dañen.

#### ***Detalles de construcción***

El verdadero proceso de construcción empieza durante la primera etapa del diseño, cuando se toman las decisiones relacionadas con la selección de los materiales. Obviamente el material seleccionado afecta la disposición y dirección del miembro del armazón de la cimbra, el claro del forro, tratamiento de la arista y la manera en que deben moldearse los relieves. Se deben analizar dichas etapas e incorporarlas dentro de los detalles constructivos del diseñador.

#### ***Fabricación en obra***

En el sitio de la obra debe haber un cierto espacio para instalar un taller de fabricación, el área debe contar con un piso adecuado de manera que proporcione condiciones de trabajo: ventilación, iluminación y calefacción; deben estar de acuerdo con los reglamentos en vigor. Al inicio de cualquiera que sea el material de la cimbra, deberá establecerse una guía conocida como línea de trazo del perfil de la cimbra, el trazo puede simplificarse haciendo un pequeño dibujo a escala que incluya las dimensiones importantes que determinan los perfiles. Esto es de gran ayuda para aquellos que trazan y fabrican la

cimbra real, si todas las medidas están indicadas con las dimensiones que proceden de los datos conocidos. En realidad dicho dibujo podrá representar una idea abstracta de los detalles estructurales. Ahora bien, donde haya un ducto, perforación o varillas salientes se deben indicar en el dibujo, ya que el trazo podrá asegurar que los detalles de las abrazaderas y la posición de los apoyos en el cimbrado sea el correctos.

### *Montaje inicial*

Los miembros del armazón, largueros, patines o puntales, deberán estar apoyados en la posición correcta y esto favorece al trabajar con apoyos especiales hechos para tal fin, o bien con tarimas, la inserción de cubiertas o placas unidas. El uso de los bastidores y bloques de madera rigidizante se podrá lograr la construcción de una cimbra en forma de caja, simplificando así sus ensambles. Después de que la cimbra sea fabricada, es importante que todas las juntas sean marcadas, para así obtener un ajuste satisfactorio cuando la cimbra sea ensamblada nuevamente. Por otro lado una persona responsable deberá verificar los contornos y detalles para observar las indicaciones con respecto al montaje y uso de la cimbra. A medida que el proceso de construcción se hace más rápido, se observara con mayor claridad la importancia de un trazo exacto.

El Ingeniero residente debe verificar que los puntales se mantengan uno sobre el otro, en pisos subsecuentes y una pequeña marca podrá ser útil para asegurar de que se ha alcanzado el grado de precisión necesario. Por lo que respecta a los sistemas de apoyo son suficientes las varillas de amarre para lograr la precisión del almacenamiento y del plomeado. Después será necesario localizar los entre ejes de los claros principales de dichos apoyos. Cuando la cimbra va tomando la forma adecuada, deberá hacerse una verificación para saber si el armazón no sufrió ninguna deformación por flexión o por alargamiento del material de forro.

### *Cimientos y vigas en general*

Si el trabajo sobre el terreno resulta difícil es posible utilizar puntales de madera y cuando se presentan grandes fuerzas se debe colocar durmientes de concreto. Además se debe revisar la cimbra y la madera o el tablestacado de la excavación, con objeto de asegurar que haya suficiente espacio para colocar la cimbra y sacar los amarres. Se debe prefabricar toda la cimbra y después bajarla a su posición tomando en cuenta la altura libre o el acceso. A menudo el sitio de la obra es una área congestionada y puede ser peligrosa porque los obreros que trabajan en espacios limitados pueden desalojar los puntales o

incluso quitarlos provisionalmente para tener acceso a más altura libre; por lo tanto hay que revisar toda la madera y puntales colocados a fin de prevenir cualquier accidente.

### *Cimbras para columnas*

Un aspecto importante del colado de columnas implica la obtención de un buen concreto, denso y compactado. Frecuentemente el acceso para efectuar las operaciones de vibrado y compactación está congestionado por las varillas salientes o por conexiones con las vigas que contienen la estructura de concreto armado. La cimbra de la columna debe montarse de manera precisa como sea posible y fijarse con rigidez para el colado del concreto.

Las columnas inclinadas requieren de atención en el sentido de que se debe combinar una compactación completa con colados progresivos y controlados. En donde resulta posible, usar amarres mecánicos en los apoyos. Para evitar que la cimbra se desplace hacia arriba durante el colado, se emplean tensores, trenzas o casquillos. También se deben hacer conexiones en los puntales inclinados que soporten un miembro de la columna. Es recomendable dejar en su posición a los miembros inferiores del ancho de la columna mientras se quitan las otras caras y hasta que se haga una conexión estructural con la viga o con la losa estructural.

Las columnas circulares son coladas en cimbras hechas de triplay ranurada, con un bastidor de madera forrado con triplay delgado. Se pueden usar materiales opcionales como: tubos de plásticos, hojas de asbesto y láminas metálicas delgadas. Existe en el mercado una cimbra patentada que incluye secciones de módulos interconectados y permite la obtención de diferentes diámetros añadiéndole más secciones moldeadas. La clave para lograr precisión consiste en fijar elementos rigidizantes continuos (como polines o vigas) a todo lo largo de la cimbra, con objeto de mantener el alineamiento requerido. Siempre se debe colocar un contraviento en tales elementos de continuidad a fin de preservar una estructura lógica para la acumulación y distribución de la fuerza.

### *Descimbrado*

Las cimbras de los muros y las columnas se desprenden a temprana edad del concreto y el curado del concreto expuesto siempre es de importancia. Cualquiera que sea la técnica empleada es esencial retener humedad y proteger al concreto de la congelación del viento o del daño mecánico. A efecto de

lograr una máxima uniformidad en el aspecto, se tiene que resolver el tiempo de descimbrado y curado de cada capa o entreje. En general esto se puede referir a lo expuesto.

Los paneles de los tableros se pueden descimbrar mediante el desprendimiento suave de una de sus esquinas y se continua a lo largo de la superficie de la pieza. Cuando sea necesario deberán utilizarse pequeñas cuñas para separar el panel, una vez que se ha llevado a cabo esta etapa inicial, el descimbrado de los paneles resulta sencillo. Cuando se trate de grandes cimbras de acero, el mismo peso del panel ayuda a la operación de descimbrado. Los tornillos colocados en la cara del concreto, los gatos hidráulicos y los arietes neumáticos pueden utilizarse y de hecho se están utilizando en algunos sistemas mecanizados de cimbras. Así mismo pueden introducirse aire comprimido para eliminar el vacío en la superficie de contacto.

El tiempo de descimbrado tiene un marcado efecto en la superficie del concreto con el objeto de obtener una consistencia en el acabado, es necesario que exista una secuencia en los tiempos del descimbrado. Cuando no sea tan importante el aspecto del acabado, es necesario que exista una secuencia en los tiempos del descimbrado es preferible quitar la cimbra lo más pronto posible tomando en cuenta la resistencia al daño mecánico y al deterioro por congelación.

del tacón, grueso de la puntera, base en total y solución intermedia entre éstos hasta lograr una adherencia perfecta con el terreno.

**b) Rotura del alzado.-** Se produce cuando no se ha calculado bien la armadura de unión del alzado con la base. En la sección indicada aparecen un momento y un esfuerzo cortante que puede producir efectos importantes si no se han tenido en cuenta. La solución de este fallo se logra con la colocación de la armadura necesaria a los efectos que resulten del cálculo.

**c) Vuelco.-** Observando la figura se aprecia fácilmente ya que la puntera ejerce una acción intensa sobre el terreno, si resulta que dicha acción en ese lugar supera la resistencia mecánica del terreno, la puntera produce un asentamiento del terreno y tiende a provocar el vuelco del muro tal como se ha indicado.

La solución para estos casos es un aumento de la superficie de la puntera ya que ejerce menos presión en el terreno.

**d) Roturas de la puntera y del talón.-** La puntera y el talón, si no han sido armados de acuerdo con los resultados obtenidos del estudio de los esfuerzos pueden resultar dañadas mediante grietas que llevarán a la rotura de las piezas.

**e) Fallo por deslizamiento profundo del suelo en el que se encuentra el muro.-** Este fallo se produce cuando la resistencia del terreno en el que se asienta el muro es uniforme en toda su profundidad, sin embargo esto no es siempre cierto, sucede que en la oscultación de un terreno puede dar cierta profundidad ya que tiene una determinada resistencia, capacidad de soportar un esfuerzo, y sin embargo profundizando un simple metro esta capacidad haya disminuido, por lo que esto produce un fallo por asentamiento general.

### *Formas*

En cuanto a las formas de construir un muro ya sea de hormigón en masa u hormigón armado. El utilizar un muro de estas características se llevará consigo un aprovechamiento deficiente del espacio, ya que con un muro de hormigón armado se logra la misma contención con una línea más esbelta. En relación con la configuración geométrica de los muros pasamos a su descripción.

### **a) Muro clásico**

La forma más usual cuando las condiciones lo permiten es el indicado. En este muro puede adoptarse o no la solución del tacón; en muchos casos resulta innecesaria su construcción. Como puede apreciarse este tipo de muro supone que se tiene plena libertad para efectuar obras y destierres en las zonas de la puntera así como en la del talón. Pero esto no es posible y es necesario recurrir a otros tipos de muros.

### **b) Muro carente de puntera**

Este muro se caracteriza por la carencia de puntera. Esta solución suele adoptarse cuando no resulta factible la construcción de puntera por existir causas que lo impiden tales como no tener dominio sobre el terreno alledaño, existencia de dependencias fabriles, conducciones, etc... Una de las ventajas de este muro, es la gravitación sobre el talón en la tierra que sobre él existen, de esta forma disminuye el momento del vuelco que existe en grado elevado por la carencia de puntera. Los estudios de vuelco y deslizamiento así como los de rotura de la estructura son iguales a los demás muros.

### **c) Muro carente de talón**

Este tipo de muro suele adoptarse cuando la existencia de roca nos prohíbe penetrar en el terreno para soportar el hueco del talón. En este tipo de muro existe la ventaja, cara al vuelco, de la existencia de la puntera; ésta ayuda a soportar el efecto del empuje activo protagonista del vuelco.

Estos tipos de muros que hasta ahora hemos indicado son los llamados muros en ménsula y suelen utilizarse para una altura no mayor de 10 metros; cuando exceda esta altura se construirán con contrafuertes para abaratar su costo.

### **d) Muros con contrafuertes**

Este tipo de muro pueden hacerse armados o sin armar dependiendo la utilización de uno u otro según las características del muro y las necesidades del espacio. La fijación del espesor de la pantalla así como la armadura, en el caso de que sean armados, será de tal forma que pueda resistir los esfuerzos correspondientes al considerarla como una viga horizontal que está apoyada en sus extremos, que son los



contrafuertes. Para el cálculo de su estabilidad se tomará un elemento del muro de ancho igual a la distancia comprendida entre las partes centrales de dos elementos de pantalla contiguos.

### *Muros de hormigón en masa y mampostería*

La forma clásica de los muros de hormigón en masa, así como los de mampostería es la de sección trapezoidal, pero no obstante existen tantas formas variadas como necesidades constructivas. Dado que lo que aquí se pretende es describir las formas más usuales para su cálculo mediante expresiones gráficas.

### *BOVEDAS*

#### *Componentes de la bóveda*

Bóveda es una estructura que cierra un espacio, así como el arco cierra un vano o una abertura pero así como ésta suele ser una figura plana, prescindiendo de su grueso, bidimensional la bóveda es siempre tridimensional y para su representación diversas proyecciones y se compone de elementos constructivos de menor tamaño que el espacio que cubren, por lo que gravitan sobre el vacío y para transmitir su peso y las cargas que soportan de uno a otro hasta los apoyos.

Pero a diferencia de los techos planos, sometido a esfuerzo de flexión, las bóvedas sólo soportan esfuerzos de compresión por lo que adoptan formas apropiadas que eviten fatigas de extensión y transmitan las compresiones uniformes a apoyos continuos o concentrados sobre apoyos aislados.

#### *Aparejos y construcción de bóvedas*

Se distinguen tres sistemas básicos de construcción de bóvedas, derivados del material empleado de dovelas, tabicadas y moldeadas.

El primero consiste en acoplamiento de pequeños elementos, las dovelas, que pueden ser de piedra labrada en forma paralelepípeda, o de ladrillo colocado en rosca; el segundo, en láminas curvas de varias hojas de rasillas. y el tercero, en verter una masa pasmosa (yeso) sobre molde convenientemente dispuesto.

### *Aparejo de dovelas*

Tanto si se utilizan dovelas de piedra como ladrillo, colocados a rosca, los aparejos utilizados son los mismos, variando sólo según la clase de bóveda a construir.

### *Bovedas cilíndricas*

En las bóvedas de cañon se diferencian tres formas principales de aparejo:

#### **Aparejo recto**

Las hiladas son paralelas a los muros de apoyo. Las dovelas o ladrillos se disponen lo mismo que en un muro de media asta o más. Sólo que las llagas, en lugar de horizontal, son normales al intradós de bóveda. Proporciona buen enlace transversal, pero no longitudinal. Necesita cimbra continua.

#### **Aparejo en espiga**

Hay dos variantes: Las hiladas forman en planta un ángulo de  $45^\circ$  con la línea clave. En la variante primera, las hiladas principian en los ángulos que forman los arcos frontales con la línea de arranque, enlazado estas líneas en diagonal. Este aparejo evita toda junta continua de rotura y un buen albañil puede construir la bóveda con sólo cerchas de guía. En la variante segunda, la hiladas de  $45^\circ$  parten del centro de la bóveda o clave, en aspa. Dada la dificultad de colocar las piezas de arranque, sólo se utiliza cuando los muros no han de subir más arriba de las líneas de apoyo.

#### **Aparejo circular**

Las hiladas son en planta perpendiculares a las líneas de arranque excepto los arcos frontales y otro en el centro de la bóveda de aparejo recto. Las hiladas no son rectas, sino que son arqueadas, con la concavidad hacia la clave, formando como anillos alrededor de ésta. Con los tres aparejos citados pueden ejecutarse las bóvedas de cañon y sus derivadas por complicadas que sean. Generalmente convendrá resaltar las hiladas de apoyo, también conviene reforzar la bóveda hasta más allá de la junta de rotura y trasdosar la bóveda (rellenar los senos) con buen material, cuyo enlace se dejarán las juntas del muro formando endentados.

## **BOVEDAS COMPUESTAS**

Por complicadas que sean las bóvedas compuestas, el aparejo de cada ténpano se reduce a la aplicación lógica de las formas antes descritas. Así en las bóvedas de rincón de claustro, puede utilizarse el aparejo recto, endentándose las hiladas en las aristas. Si las dovelas son sillería, pueden labrarse dovelas especiales para los rincones o aristas entrantes. El aparejo arqueado o en espiga también da muy buenos resultados en los rincones de claustro, endentándose las espigas sobre las líneas medias de la planta. En las cúpulas, las dovelas se colocan por hiladas circulares o anillos, cuidando de la inclinación de las juntas mediante el cintrel.

En las bóvedas de crucería por arista, estrellada, reticuladas y lobuladas, la habilidad en escoger el aparejo adecuado da lugar a gran variedad al aspecto de la bóveda, determinando el mayor o menor grado de belleza de la bóveda. Lo más difícil en todas estas bóvedas es la formación de las aristas, que en la mayoría conviene ser reforzadas en su trasdós. La dificultad en la correcta formación de las aristas se simplifican mediante el uso de nervios, que tanto pueden ser de ladrillo como la sillería. Los primeros se disponen sin enlace con los ténpanos que descansan sobre ellos. También pueden disponerse sin enlace los nervios de sillería; pero mejor es dotar a éstos de juntas de apoyos, los nervios de los ladrillos se construyen al mismo tiempo que toda la bóveda.

En cambio los de sillería se construyen con anterioridad al forjado de los ténpanos. Suelen colocarse en seco sobre las cimbras y después de terminada toda la bóveda, se vierte el mortero fluido en las juntas evitándose que las claves se levanten.

### **Bovedas tabicadas**

Las bóvedas tabicadas se distinguen de las otras en que actúan como láminas curvas debido a los materiales empleados en su construcción pueden prescindirse en las mismas del empleo de las cimbras y otros medios auxiliares, complejos y costosos, que son imprescindibles en los otros tipos de bóvedas.

En las bóvedas tabicadas los ladrillos se disponen de plano, y siempre consta por lo menos de dos hojas con juntas y un grueso intermedio de mortero. La primera hoja se construye de rasillas que son unos ladrillos delgados de 15 a 20 mm.

## ***CIMBRAS PARA BOVEDAS***

Son las armaduras provisionales de carpintería de armar, que se emplean para sostener los elementos constructivos de que se compone el arco o la bóveda, hasta que los materiales hayan logrado la consistencia suficiente. También sirven para dar al intradós la forma que deba tener.

### ***Clases de cimbra***

Se distinguen cimbras fijas, volantes, mixtas, aéreas, giratoria o suspendidas.

**Fijas:** Las que se apoyan en puntos intermedios entre el estribo del arco de la bóveda.

**Volantes:** Las que se apoyan en los estribos.

**Mixtas:** Las que si bien se apoyan en los estribos pueden tener algún apoyo intermedio.

**Suspendidas o aéreas:** Las que están sostenidas sobre el espacio que ha de cubrirse.

La cimbra para bóvedas son semejantes a los de arcos, necesitan para su construcción que mantengan los materiales hasta que una vez terminadas adquieran por mutuo apoyo de sus partes y el fraguado de los morteros, el equilibrio y solidez que asegura la estabilidad de la construcción. La estructura de los apoyos y de las cimbras depende de la dimensión de la bóveda, peso y forma. Para la bóveda corriente de fábrica, se compone de una serie de cerchas o cuchillos, formadas por tablas clavadas de una de las secciones de bóveda; sobre estas armaduras de apoyo, clavadas de una a otra, se colocan listones o tablillas, de modo que constituyan un tablero unido y de la forma más aproximada posible al intradós de la bóveda que se va a construir. Para la cimbra se construye un andamio con madera transversal apoyado en los muros de los estribos sobre los cuales se extiende un piso de tablonés.

### ***Colocación de las cimbras***

Esta operación se efectúa tras un replanteo exacto de la posición definitiva que ha de ocupar la cimbra a fin de que se ajuste perfectamente al intradós de la bóveda. Comprobando su posición y altura se

procede a mantenerla en dicha posición buscándole denominadas soleras que siguen la dirección de los muros laterales, y los virotillos necesarios para salvar la altura desde estas soleras al suelo.

### *Descimbrado de bóvedas*

Una vez transcurridos los días precisos para el suficiente fraguado del mortero, se procura el descenso gradual y uniforme de la armadura, mediante la separación de las cuñas de apoyo de los pies derechos hasta tener una completa desunión de la cimbra y el intradós de la bóveda.

Una vez llevado a cabo el descenso de la cimbra, se comprobará si en la bóveda ha aparecido alguna grieta, y en caso negativo, se quitarán las armaduras y se rasará la tierra que ha quedado adherida al intradós. Si la luz de la bóveda es considerable, antes de descimbrar se extiende sobre el trasdós una pequeña capa de cal, con objeto de hacer visible la inclinación de cualquier grieta que pudiese producirse, valiéndose para comprobar el descimbrado, de una cuerdecilla bien tirante y tagente al trasdós.

## **IV.3 CIMENTACIONES Y MUROS**

### **CIMENTACIONES**

En este capítulo se estudian las cimentaciones que se conocen en la Ingeniería con el nombre de poco profundas o superficiales. En general, estas expresiones se refieren a cimentaciones en las que la profundidad de desplante no es mayor que un par de veces al ancho del cimientó; sin embargo es evidente que no existe un límite preciso en la profundidad de desplante que separe a una cimentación profunda de una de poca profunda. Los numerosos estudios que se han realizado en relación con el subsuelo del Valle de México han permitido zonificar la ciudad de México en tres grandes zonas, atendiendo un punto de vista estratigráfico.

A este tipo de zonas se les conocen como:

**ZONA TIPO I.-** Llamada de Lomas por desarrollarse en parte en las últimas estratificaciones de la Sierra de las Cruces y está constituida por terrenos compactados, areno-limosos, con alto contenido de grava unas veces y con tobas pumíticas bien cementadas. En general, la zona de las lomas presenta buenas

condiciones para la cimentación de estructuras; la capacidad de carga del terreno es alta y no hay formaciones compresibles capaces de asentarse mucho.

**ZONA TIPO II.**- Zona de transición, en donde las condiciones del subsuelo varía muchísimo de un punto a otro de la zona urbanizada. En general aparecen depósitos superficiales arcillosos, limosos y orgánicos, cubriendo arcillas volcánicas muy compresibles que se presentan en espesores muy variables, con intercalaciones de arenas limosas compactadas o limpias todo el conjunto sobreyace sobre mantos potentes, predominantemente de arena y grava. Los problemas de capacidad de carga y de asentamientos diferenciales pueden ser muy críticos, sobre todo en construcciones extensas sujetas a condiciones de carga dispares; esto es frecuente en esta zona.

**ZONA TIPO III.**- Zona de lago, llamada así por corresponder a los terrenos que constituyeron al antiguo lago de Texcoco. Un corte estratigráfico típico en esta zona exhibe los siguientes estratos:

1. Depósitos areno-arcillosos, limosos o bien rellenos artificiales de hasta 10 m de espesor.
2. Arcillas de origen volcánico altamente compresibles con intercalaciones de arena en pequeñas capas.
3. La primera capa dura de 3 m de espesor, constituida por materiales arcillo-arenosos muy compactos. Esta capa suele localizarse a una profundidad del orden de 33 m.
4. Arcillas volcánicas de características semejantes al punto dos, aunque de estructuración más cerrada.
5. Estratos alternados de arena con grava y limo o arcilla arenosa.

Es claro que en la zona urbanizada se puede encontrar variación respecto a la secuencia estratigráfica. Otra causa es el bombeo disparejo en intensidad en los distintos puntos de la ciudad. Con base en estos criterios.

#### ***CLASIFICACION DE LAS CIMENTACIONES POCO PROFUNDAS***

Los tipos más frecuentes de cimentaciones poco profundas son las zapatas aisladas, zapatas corridas y las losas de cimentación.

Las zapatas aisladas son elementos estructurales, generalmente cuadrados o rectangulares, que se construyen bajo las columnas con el objeto de transmitir la carga de éstas al terreno en una mayor área. En ocasiones las zapatas aisladas soportán más de una columna, y se construyen generalmente de concreto reforzado.

Las zapatas corridas son elementos análogos a los anteriores en los que la longitud supera en mucho al ancho. Soportan varias columnas o un muro y pueden ser de mampostería o concreto reforzado, en el caso de los cimientos que transmiten cargas no muy grandes. La zapata corrida es una forma evolucionada de la zapata aislada, en el caso que el suelo ofrezca una resistencia baja que obliga al empleo de mayores áreas de repartición en que deben transmitirse al suelo grandes cargas.

Al emplear una losa corrida, la presión transmitida al subsuelo sobrepasa la capacidad de carga de éste, es evidente que habrá de recurrirse a soportar la estructura en estratos más firmes, que se encuentren a mayores profundidades, llegando así a las cimentaciones profundas.

A continuación se exponen ciertas normas breves que deben ser tomadas en cuenta para el proyecto de cualquier cimentación en rigor. Lo que más adelante se dice es aplicable tanto a cimentaciones poco profundas, como otras desplantadas a mayor profundidad. En general, los factores que influyen en la correcta selección de una cimentación puede agruparse en tres clases principales:

1. Lo relativo a la superestructura, que engloban su función, carga que se transmite al suelo, materiales que la constituyen, etc.
2. Lo relativo al suelo, que se refiere a las propiedades mecánicas especialmente a su resistencia y compresibilidad, y condiciones hidráulicas.
3. Factor económico, debe balancear el costo de la cimentación en comparación con la importancia y el costo de la superestructura.

#### *Cimentaciones sobre relleno de arena y grava*

Cuando el terreno próximo a la superficie es de poca resistencia suele sustituirse en zonas donde existe material adecuado por ejemplo arena, grava, escollera de aportación. El terreno malo puede ser

excavado, sustituyendolo por el material de préstamo o desplazado por éste hasta que entra en contacto con el terreno resistente.

En ambos casos el relleno y el terreno adyacente deben llegar a un estado de equilibrio antes de poder levantar una estructura, incluso en este caso debe contarse con asientos posteriores, por lo cual este método constructivo, sólo es recomendable en casos excepcionales y es preferible sustituirlo por cimentaciones de otro tipo.

Un terraplén de grava o arena puede compactarse en seco hasta permitir levantar una estructura. La resistencia de estos terraplenes también pueden mejorarse mediante los métodos de consolidación.

#### *Cimentaciones en arcillas homogéneas*

En arcillas homogéneas es que el nivel de desplante quede bajo el nivel freático, ya que no suele ser un problema tan grave como en el caso de las arenas; las arcillas por su impermeabilidad en seco con un bombeo moderado y no muy costoso.

Ahora bien, si la excavación es de gran área y profundidad, el bombeo se podrá emplear, el flujo de agua hacia la excavación en el fondo de la misma, produce expansiones que posteriormente se traducirán en los asentamientos de la estructura; en estos casos lo indicado es hacer la excavación en secciones de área menor y recurrir al método para disminuir el flujo del agua hacia el fondo de la excavación tales como pozos de captación o similares.

#### *Cimentaciones en arcillas fisuradas*

Frecuentemente, por los procesos sufridos por las arcillas a lo largo de su historia geológica, se presentan en su estructura masiva multitud de fisuras muy próximas, siguiendo una o más direcciones. En esta condición se tiene la dificultad práctica de no poderse labrar los especímenes necesarios para la realización de una prueba de resistencia al esfuerzo cortante.

Además, si una muestra pudiera lograrse, las pruebas en si serían de interpretación insegura, pues la resistencia obtenida resultaría menor que la real; en una prueba de compresión simple, por la falta de confinamiento lateral el error sería máximo, pero aún en una prueba rápida las fisuras supondrían planos



de debilitamiento que influenciarían los resultados a no ser que la presión hidrostática de confinamiento fuera muy elevada.

### *Cimentación en limos y loess*

Actualmente se han perdido bastante los atributos distintivos de los suelos cuyo rango de tamaño cae en las antiguas clasificaciones granulométricas. Hoy en día los limos se distinguen en dos tipos: los plásticos y los no plásticos.

El comportamiento mecánico de los primeros se asimila al de la arcilla de baja plasticidad o media; el segundo al de las arenas muy finas. El polvo de roca es el típico ejemplo de un limo no plástico, con un índice de plasticidad nulo, en tanto que los limos orgánicos se encuentran en depósitos masivos, fluviales o lacustres suelen presentar características de plasticidad acentuadas.

El loess es un material de depósito eólico formado de partículas del tamaño del limo o de la arena fina, ligadas por un cementante. La estructuración del material es abierta, de un tipo intermedio entre una estructura simple y una panaoide, a ella corresponden relaciones de vacíos relativamente altas.

Una característica fundamental de los depósitos de loess, desde el punto de vista de su capacidad para sostener una cimentación, es su poca uniformidad; en estos depósitos de resistencia pueden variar en distancias o profundidades pequeñas.

### *Cimentaciones en suelo estratificados*

La frecuencia con que la práctica se presentan cimentaciones poco profundas en suelos estratificados ha obligado, al uso de soluciones aproximadas con las que se espera poder llegar a los resultados razonables. Frecuentemente las soluciones empleadas para el caso están inspiradas en las obtenidas para materiales homogéneos.

Los casos más frecuentes de estratificación en la práctica son aquellos en que un estrato de arcilla firme se presenta sobre otro de arcilla suave o en que un estrato friccionante sobreyace a otro cohesivo poco resistente.

### *Cimentaciones compensadas*

El principio en que se basan estas cimentaciones es sencillo; se trata de desplantar a una profundidad tal que el peso de la tierra excavada iguale al peso de la estructura, por así decirlo, no sienta la substitución efectuada por no llegar una o ninguna presión en la añadidura a la original. Este tipo de cimentación exige, por supuesto que las excavaciones efectuadas no se rellenen posteriormente, lo que se logra con una losa corrida en toda el área de la cimentación o construyendo cajones huecos en el lugar de cada zapata. El primer tipo de cimentación es usual en edificios compensados, el segundo en puentes.

Las cimentaciones compensadas han sido utilizadas para evitar asentamientos en suelos altamente compresibles, ya que teóricamente los eliminan por no dar al terreno ninguna sobrecarga.

### *Cimentaciones en roca*

El problema de las cimentaciones en roca es diferente al que se tiene en las cimentaciones ordinarias sobre suelo. Las cimentaciones sobre roca, el asentamiento no suele ser una limitación para el diseño, pues dada la rigidez del material suele ser despreciable, la resistencia del material al esfuerzo cortante tampoco puede ser condición crítica en una roca considerada masiva.

Los problemas emanan ahora de dos fuentes; por un lado de los defectos tales como grietas o fisuras que la roca pueda tener y por otro lado de altos esfuerzos que soporta la estructura propiamente dicha que constituye la cimentación, emanadas de las altas presiones de contacto que se toleran.

### *Cimentaciones en taludes*

Meyerhof ha propuesto un método para tomar en cuenta el hecho de que un cimientado se encuentre desplantado en las proximidades de un talud, a fin de evitar que su presencia produzca la falla de éste por deslizamiento.

### ZAPATAS DE CIMENTACION

Pueden utilizarse cuando la carga de la estructura se transmite por pilares y alrededor tiene suficiente resistencia. Dado que la carga admisible del terreno excepto en el caso de roca dura, es inferior

al material de construcción de las zapatas (mampostería, hormigón), la cimentación debe transmitir la carga a una superficie mayor. La base de la zapata puede realizarse con hormigón en masa, mampostería u hormigón armado.

### *Cimentaciones corridas o en faja*

Se colocan para cimentación en muros cuando el terreno tiene suficiente capacidad de soporte. El ensanche de la base en forma de pedestal y la sección corresponde aproximadamente con los de las zapatas aisladas.

Las cimentaciones de hormigón en masa se utilizan en casos de poco vuelo y constituyen el tipo de cimentación normal para pequeños edificios. Las cimentaciones corridas de mampostería se utilizan raramente debido a su elevado costo.

Las cimentaciones de hormigón armado suelen emplearse con vuelos importantes y elevadas presiones sobre el terreno. Para absorber la presión del terreno lleva una armadura (de preferencia una malla de acero ordinario) transversalmente a la dirección longitudinal para salvar las zonas blandas.

### *Cimientos de mampostería*

Tratándose de construcciones sencillas, en la mayoría de los casos resulta suficiente efectuar la prueba golpeando simplemente la piedra con una maceta y observando el ruido que se produce. Si éste es hueco y sordo, la piedra es blanda, mientras que si es agudo y metálico, la piedra es dura, puede afirmarse que una excelente piedra para una cimentación es aquella que no tiene grietas ni huecos y presenta una superficie rugosa para permitir una perfecta adherencia del material de agarre o conglomerante.

Las piedras deben colocarse, de forma que las juntas de cada hilada mueran en la siguiente forma sin coincidir en ningún caso las juntas de dos hiladas sucesivas. Es conveniente coronar estos cimientos con una capa de hormigón. Estas capas reciben el nombre de verdugada y cumplen una triple función.

1. Preparan una superficie uniforme para recibir las paredes del edificio
2. Reparten uniformemente las cargas de dichas paredes al cimiento
3. Preservan la construcción de la humedad que puede infiltrarse a través del cimiento.

### *Cimientos de mampostería hormigonada*

La mampostería hormigonada es parecida a la anterior, con la importante diferencia de que en vez de utilizar mortero como unión, se emplea hormigón, también de cemento portland. La figura 32 muestra de forma esquemática las cuatro fases en que se pueden considerar dividida su construcción.

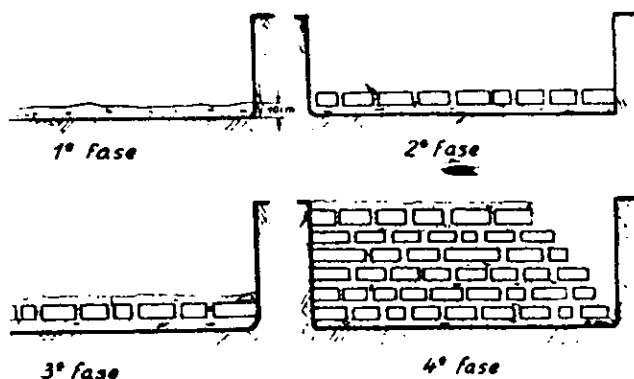


Fig. 32. Construcción de un cimiento de mampostería hormigonada

### *Cimientos de hormigón ciclopeo*

Los componentes del hormigón ciclopeo se colocan para cimentación en muros cuando el terreno tiene suficiente capacidad de soporte. El ensache de la base en forma de pedestal y la sección corresponde aproximadamente con los de las zapatas aisladas.

Las cimentaciones de hormigón en masa se utilizan en casos de poco vuelo y constituyen el tipo de cimentación normal para pequeños edificios. Las cimentaciones corridas de mampostería se utilizan raramente debido a su elevado costo.

Las cimentaciones de hormigón armado suelen emplearse con vuelos importantes y elevadas presiones sobre el terreno. Para absorber la presión del terreno lleva una armadura (de preferencia una malla de acero ordinario) transversalmente a la dirección longitudinal y en caso de terrenos no uniformes también una armadura longitudinal para salvar las zonas blandas.

### ***CIMENTACIONES PROFUNDAS***

Las condiciones del suelo superficial no siempre son apropiadas para permitir el uso de una cimentación poco profunda. En tal caso es preciso buscar terrenos de apoyo más resistente a mayor profundidad; a veces éstos no aparecen a niveles alcanzables económicamente y es preciso utilizar como apoyo los terrenos blandos y poco resistentes de que se dispone, contando con elementos de cimentación que distribuyan la carga en un espesor grande de suelo.

#### ***Tipos de cimentaciones profundas***

Los elementos que forman las cimentaciones profundas, se distinguen entre sí por la magnitud de su diámetro o lado, según sean de sección recta, circular o rectangular, que son las más comunes. Los elementos muy esbeltos, con dimensiones transversales del orden comprendido entre 0.30 m y 1.0 m se denominan pilotes. La inmensa mayoría de los pilotes en uso tienen diámetros o anchos comprendidos entre 0.30 m y 0.60 m; pueden ser de madera, concreto y acero. Los elementos cuyo ancho sobrepasa 1.0 m, pero no excede del doble de ese valor suelen llamarse pilas.

#### ***Generalidades sobre pilotes***

En general, se usan los pilotes como elementos de cimentación cuando se requiere:

1. Transmitir las cargas de una estructura, a través de un espesor de suelo blando o a través de agua, hasta un estrato de suelo resistente, que garantice el apoyo adecuado. La forma de trabajo de estos pilotes podría visualizarse como similar a las columnas de una estructura.

2. Transmitir la carga a un cierto espesor de suelo blando, utilizando para ello la fricción lateral que se produce entre suelo y pilote.
3. Compactar suelos granulares, con fines de generación de capacidad de carga. Este uso de pilotes, en realidad fuera del campo de las cimentaciones en sí mismas.
4. Proporcionar el debido anclaje lateral a ciertas estructuras (como tablestacas, por ejemplo) o resistir las fuerzas laterales que se ejerzan sobre ellas (como en el caso de un puente). En estos casos es frecuente recurrir a pilotes inclinados.
5. Proporcionar anclaje a estructuras sujetas a subpresiones, momentos de volcaduras o cualquier efecto que trate de levantar la estructura estos son pilotes de tensión.
6. Alcanzar con la cimentación profundidades ya no sujetas a erosión socavación u otros efectos nocivos.
7. Proteger estructuras marítimas, tales como muelles, atracaderos, etc., contra el impacto de barcos u objetos flotantes.

Desde el punto de vista los pilotes se clasifican de punta, fricción y mixtos. Los pilotes de punta desarrollan su capacidad de carga con apoyo directo en un estrato resistente. Los pilotes de fricción desarrollan su resistencia por la fricción lateral que generan contra el suelo que los rodea. Los pilotes mixtos aprovechan a la vez estos dos efectos.

Los pilotes se pueden construir de madera, concreto, acero o una combinación de ambos materiales. Los pilotes de madera ya no se usan en trabajos de importancia y han quedado prácticamente circunscritos a estructuras provisionales o funciones de compactación de arenas.

Los pilotes de concreto son los más usados en la actualidad; pueden ser de concreto reforzado común o presforzado; aunque en su mayoría son de sección llena, últimamente se ha desarrollado bastante el uso de pilotes huecos, de menor peso.

Los pilotes de acero son de gran utilidad en aquellos casos en que la hincada de los pilotes de concreto se dificulta por la relativa resistencia del suelo, pues tienen mayor resistencia a los golpes de un martinete de hincado y mayor facilidad de penetración.

### *Pilotes colados en el lugar*

Existe una gran variedad de pilotes que se construyen en el lugar en que definitivamente van a cumplir su cometido, pilotes que no se construyen en otra parte para después ser hincados a golpes hasta su posición definitiva como los que hasta ahora se han venido tratando.

Genéricamente se denomina a estos **pilotes colados en el lugar** o **pilotes colados in situ**. Estos pilotes se distinguen y se clasifican por los procedimientos que sirven para construirlos; éstos son sumamente variados y comprenden la excavación de perforaciones, ademadas o no, que después se rellenan de concreto; gatos que hacen penetrar los ademes a presión; chiflones que permiten hacer llegar los trabajos al nivel deseado o métodos que involucran la utilización de explosivos.

### *Pilotes compuestos*

Se denomina pilotes compuestos aquellos que están constituidos por dos materiales, seleccionándose siempre entre madera, concreto y acero. También caen dentro de esta denominación los pilotes de concreto formados por una parte precolado y otra colada en el lugar.

Cuando se use madera para formar pilotes ha de tenerse en cuenta que las fluctuaciones del nivel freático, con períodos alternados de humedecimiento y secado, son sumamente perjudiciales; en cambio, un pilote de madera siempre bajo el nivel freático se conserva en forma excelente. Así, las secciones compuestas de concreto y madera pueden usarse cuando el nivel freático no esté más profundo de 15 o 20 m, límite que suele considerarse para la sección de concreto de un pilote compuesto; si el nivel freático está más profundo ya sería conveniente pensar en un pilote sólo de concreto.

Cuando la sección superior haya de soportar esfuerzos de flexión que produzcan esfuerzos laterales de importancia, pueden convenir construirla de acero, generalmente de secciones tubulares, obteniendo así un pilote compuesto de acero y madera. Los pilotes compuestos de concreto y acero

suelen tener de este material el tramo de punta, con lo que se logra una mayor facilidad de penetración en terrenos duros; las puntas de acero suelen entonces ser de sección H.

### *Pilotes de acero*

Se llaman así a los pilotes en que el acero es el material básico. Se construyen usualmente con secciones de tubo o con secciones H. Los pilotes de acero de sección tubular se colocan en el terreno hincándolos o presionándolos y pueden tener su punta tapada o ser abiertos. Los pilotes suelen llenarse con concreto una vez que alcanzaron la profundidad de desplante deseada.

Es común que sean compuestos por secciones unidas entre sí por juntas especiales o soldadas, con esto se logra la ventaja de maniobrabilidad y menor requerimiento de espacio para la colocación. Se ha dicho que estos pilotes son apropiados para ser hincados a golpes a través de suelos más o menos duros en los que es difícil el incado de pilotes de concreto, aún con ayuda de chiflonaje.

### *Pilas, Cilindros de cimentación y cajones*

Como ya sea mencionado, no existe entre pilas y pilotes una diferencia más substancial que su diámetro; ya se establecieron al respecto los límites para diferenciar ambos elementos. La capacidad de carga y los asentamientos en pilas pueden establecerse en la misma forma descrita para los pilotes.

Las pilas suelen ser preexcavadas a mano o con maquinaria especial, pues sus dimensiones prohíben su hincado a golpes. El llamado método de Chicago es en el que se va excavando el material hasta una profundidad del orden de 1 a 2 m, según su consistencia; la excavación se adema con largueros verticales de madera, que se mantienen con anillos de acero; se continúa después la excavación, repitiendo las operaciones de ademado en cada tramo; al alcanzar el nivel de apoyo, suele ampliarse la base, para mejorar el poder portante del elemento; el hueco así producido, se rellena de concreto.

Los cilindros son secciones circulares de concreto reforzado, que por su mayor diámetro (superior a los 3 m) se construyen huecos. El procedimiento de construcción consiste en colocar sobre el terreno el elemento, excavando en su interior con una cuchara de almeja para retirar el material; el cilindro va descendiendo a medida que se retira el material bajo él, hasta llegar al estrato resistente.



Los cajones de cimentación se distinguen de los cilindros sólo por su forma paralelepédica. Las técnicas para su construcción y manejo se describen brevemente en lo que sigue, debiéndose observar que mucho de todo ello es aplicable también al manejo de cilindros.

Obviamente, las celdas deben tener las dimensiones apropiadas para permitir la excavación. En cajones muy altos es frecuente también recurrir al lastrado o al chiflonaje para vencer la fricción lateral. Cuando en el lugar existe un tirante de agua, puede recurrirse a dos métodos distintos.

En el primero se lleva flotando al lugar un molde de acero, que constituirá la sección inferior del cajón, el molde reproduce la forma del cajón, de modo que los futuros muros de las celdas de éste aparecen como cámaras huecas entre dos láminas de acero en aquel. Ya en el lugar se vacía concreto en el molde, para ir colando los muros de las celdas del cajón; este concreto sirve de lastre y hace que el molde de acero descanse en el fondo.

En el segundo método, se coloca un tablestacado de acero que sobresalga del agua y que encierre la zona de construcción. El espacio interior se va rellenando de arena, hasta que ésta sobresale del agua, a modo de isla. Así se logra hincar el cajón como si no hubiera tirante de agua.

## **MUROS**

Si bien originalmente el muro fue un elemento de carga debido a las limitaciones constructivas de épocas pasadas, actualmente es importante concebirlo con sólo tal excepción, por lo que son elementos estructurales lineales, capaces de contener, cerrar o soportar cargas ya que recibe distintas denominaciones según su aplicación, por lo que para entender su significado es necesario primero hacer una clasificación de sus funciones y diversos tipos. Pueden ser clasificados de acuerdo:

1. Por su trabajo mecánico en muros de carga, divisores, muros de contención o retención.
2. Por su posición misma en muros interiores y muros exteriores.
3. Por su construcción en muros opacos, translucidos y transparentes.
4. Por su posición dinámica en muros fijos o móviles.

Sobre los cimientos se levantan los muros o paredes que han de sostener las cargas de la cubierta y en su caso, de los suelos intermedios o pisos. A su vez, han de proteger el interior del edificio contra los rigores del clima y los agentes atmosféricos (calor, frío, lluvia, viento).

Constan básicamente de los siguientes elementos:

**Cimentación:** Se encarga de transmitir los esfuerzos al terreno, evitando el vuelco del conjunto.

**Pantalla:** Es el paramento vertical, denominándose intrados la cara de contacto con el terreno y trasdós la visita al exterior.

**Coronación:** Es el remate superior en la parte alta.

**Base:** Punto de contacto entre el muro y el cimiento, con la misma o mayor dimensión que en la coronación.

**Puntera:** Parte del cimiento libre de la tierra o contener.

**Talón:** Parte del cimiento bajo las tierras a contener.

### *Clasificación de muros*

Existen diversas clasificaciones de muros según su cometido, el material de construcción, su forma geométrica, la forma de trabajar etc; definiremos los de mayor uso y aplicación.

### *Muros de concreto armado*

Estos muros presentan la ventaja de resistir, los esfuerzos de compresión, flexión, así como empujes horizontales. Por consiguiente, los muros de concreto armado se emplean sólo cuando se necesita dar a la estructura un elemento rígido capaz de soportar empujes laterales, por ejemplo el caso de temblores, o como muros de contención. Si se encuentran sujetos en las partes superiores e inferior, el acero vertical será el que trabaja; pero si están sujetos en sus cuatro lados lo harán tanto el acero vertical como el horizontal.

### ***Muros de carga***

Su función primordial es la de cargar o soportar y por lo tanto será un elemento sujeto siempre a compresión. El material por ello, debe estar condicionado para esta característica, es decir resistencia y desde luego, economía y constructibilidad, por lo que la piedra, el tabique o ladrillo y el concreto serán probablemente los materiales que más ventajas reporten.

### ***Muros divisorios***

Su función primordial, es la de separar o aislar y por lo tanto se le pueden pedir diversas características como aislantes acústicos o térmicos, y que sean impermeables o bien que tengan una determinada resistencia a la fricción o a los golpes.

### ***Muros de contención***

Su misión es contener el empuje producido por la tierra que sobrepasa el ángulo de deslizamiento, o talud natural de la misma. El muro de contención se aplica en todas aquellas construcciones por debajo de la rasante, o para evitar deslizamientos de tierra en cielo abierto. El esfuerzo a que estos muros estarán sujetos, será el de flexión, ya que su función primordial es la de soportar empuje horizontales.

Podemos clasificarlos en muros de contención de tierra, agua o aire y los materiales que más se conjugan con esta función son la piedra y el concreto para los dos primeros y algunas estructuras metálicas y materiales ligeros pero resistentes para los últimos.

### ***Muros de cerramientos***

Pueden ser exteriores para la separación de propiedades, lindes de solares o terrenos con la calle para la formación de niveles en solares de pendiente, etc. El dimensionado y el material a emplear dependerá de su altura y misión.

Los muros de cerramiento exteriores son los destinados a formar las paredes perimetrales de sótanos o construcciones bajo la rasante.

### ***Muros de mampostería***

Toda obra hecha con mampuestos o piedras colocadas en el lugar conveniente sin reparar en su forma y medidas, y si sólo a que forman trabazón entre si es una construcción de mampostería. Los mampuestos son piedras de forma más o menos irregular. El asentamiento de los mampuestos puede elaborarse en seco, es decir, sin ningún material de agarre. Esta disposición, solo se usa en muros de cerramiento.

Tratándose de muros corrientes, la unión se hace mediante mortero. Antes de sentar los mampuestos se hecha una capa de mortero ya que le sirve de lecho; una vez colocado el mampuestos se bañan con la misma mezcla y con un martillo se golpea a fin de que el mortero llene todos los huecos que dejan las piedras. Para enraizar y asegurar el asentamiento se introducen pequeños trozos de piedra en forma de cuña que recibe el nombre de ripios.

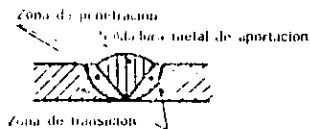
### ***Muros de bloques de hormigón***

Se utilizan como elementos de contención de tierras, mejorando su rendimiento con la colocación de varillas transversales y longitudinales, convenientemente atadas, situadas en los huecos de su interior, hay que insistir en las necesidad de su buena colocación, ya que de lo contrario, no actúan como verdadero refuerzo. En esta solución se tiene que macizar todo el conjunto mediante el vertido de hormigón a medida que se va levantando.

### ***Muros de encofrado perdido***

Se trata de levantar dos paredes mediante ladrillo doble hueco colocadas de canto o planas y dejando un espacio interior que se rellenara con hormigón; se pueden armar dependiendo de la altura y el empuje de soportar.

- b) Soldar piezas de pequeños espesores, preferentemente inferiores a tres centímetros.
- c) Diseñar los empalmes de las piezas sin variación brusca de forma.
- d) Prever una buena posición de los soldadores (soldaduras en base). Deben evitarse las soldaduras en techo, difíciles de ejecutar correctamente.
- e) Realizar los cordones por pasadas alternas, avanzando, por ejemplo, por "pasos de peregrino" (fig. 53).



### *Calidades del metal base*

Las normas definen cuatro calidades de metal soldable que garantizan la resistencia a la rotura frágil, caracterizada por el ensayo de resistencia al efecto de entalla. Esta depende de la temperatura ambiente.

### *Control de la soldadura*

El Documento técnico Unificado de Estructuras Metálicas nº 32.1 (D.T.U) describe el ensayo de textura, destinado a calificar a los soldadores y materiales para la ejecución de las uniones consideradas. Las soldaduras pueden controlarse por rayos X si son accesibles a los aparatos de control o por el reactivo de Leyris para poner de relieve defectos eventuales, principalmente las fisuras.

## V.3 ANDAMIOS Y CIMBRAS METÁLICAS

### *ANDAMIOS*

Los andamios son construcciones provisionales que ofrecen la posibilidad de llegar a todos los puntos de una obra con el fin de permitir su realización y facilitando la conducción de materiales al punto de trabajo.

Los principios esenciales que guían la elección y finalidad de construcciones temporales son:

1. La seguridad o solidez.
2. Rapidez de montaje y desmontaje.
3. La ligereza, factor de economía en el transporte y en la conservación.
4. La posibilidad de emplear nuevamente el material utilizado.

El establecimiento de los andamios es objeto de reglamentaciones que determinan las dimensiones mínimas que hay que adoptar así como el principio de su establecimiento.

### *Andamios metálicos*

Se componen de elementos de acero que se ajustan entre sí según los diferentes sistemas que son objeto de patente. Permiten instalar con rapidez estructuras de gran capacidad, resistencia, estabilidad y seguridad. Se adaptan a cualquier terreno y facilitan un perfecto arriostramiento y fijación a las fachadas. Su mayor costo de adquisición con respecto a los andamios de madera se compensa con el ahorro de tiempo que reporta su instalación. La disposición de los andamios metálicos consiste generalmente en la yuxtaposición y enlace de tubos de acero dulce de 40/49 mm o de 1 1/2" (y a veces de 26/34).

La unión o enlace de los tubos está asegurado por medio de manguitos y acoplamientos que son objeto de patentes particulares. Hay por ejemplo los tipos: Innocenti, Entrepose, Mills, etc.

La realización de esas construcciones requiere cierta experiencia a fin de componer los diferentes planos del montaje. El juego de los acoplamientos no permite centrar los esfuerzos sobre los nudos. A fin de eliminar los desagradables efectos de flexión provocados por las cargas, cuando éstas son muy fuertes es prudente hacer simétrico el acoplamiento o empalme. Los andamios metálicos son limpios y están ideados para un trabajo cómodo y rápido.

### *Andamios de distintas clases*

**Andamios de escaleras:** Se emplean para trabajos de restauración y remiendo de fachadas, tienen los soportes en forma de escalera cuyos peldaños sirven de riostras y sus tentáculos para los tabloneros o

plataformas intermedias. La estabilidad de este género de andamios corre a cargo de ciertas ligaduras solidarias de crics o gatos que se aprietan contra las aberturas, puertas, ventanas, etc.

**Andamios ligeros:** Sirven sobre todo a los especialistas de acabados, están previstos para un montaje rápido. El empleo de caballetes extensibles o bien de ménsulas dispuestas sobre escaleras permite realizaciones sencillas y eficaces. Conviene llamar la atención de los constructores sobre el arriostramiento que asegura su estabilidad. Es necesario procurar siempre mediante aspas y sujeciones en las partes fijas ya construidas, una consolidación que permitirá a los usuarios servirse de ellos con toda seguridad y sin temor ni apresión.

**Las Jaulas:** Son puentes volantes de reducidas dimensiones. Sólo tienen sitio para un operario. Se emplean particularmente para trabajos de hojalatería. El albañil puede utilizarlas para efectuar retoques en las fachadas.

**Andamio en abanico:** Se llaman aquellos que se establecen apoyando montantes en las ventanas de la fachada. Son empleados para trabajos en cornisas, y construcciones elevadas. Deben amarrarse con cuidado y estar provistos de una protección que evite la caída de los obreros como de herramientas o materiales. Un factor importantísimo es su mayor seguridad. También se debe tener en cuenta que las empresas suministradoras suelen proporcionar estas estructuras provisionales en alquiler, lo cual viene a representar la ventaja en construcciones especiales. Las construcciones independientes con alturas comprendidas entre los 2 y 10 m, suelen denominarse torretas. Los andamios con los que se pueden formar alturas superiores a los 10 m reciben el nombre de torres.

#### *Accesorios de los andamios*

Principales accesorios que utilizan los andamios metálicos:

- 1) Placas de base estandar giratorias.
- 2) Bases ajustables y tornillos de nivelación.
- 3) Abrazaderas para el arriostrado con tubos de los andamios contiguos.
- 4) Riostras diagonales y horizontales para prevenir deformaciones.
- 5) Pasadores de unión para el acoplamiento vertical de dos entrados.

- 6) Cabezas de puntal plantas o en U de diferentes dimensiones, según las escuadrillas de los largueros que han de soportar.

### ***CIMBRAS METÁLICAS***

El uso del acero en la fabricación de cimbras se debe a alguna especificación de la estructura de concreto. Además de los sistemas de cimbras de acero, se escoge el acero porque:

1. Se puede obtener de la cimbra una gran cantidad de usos.
2. Se pueden especificar las tolerancias especialmente restringidas para el acabado del concreto.
3. Intervienen esfuerzos muy grandes.
4. Hay requerimientos especiales referente a las condiciones de uso, zonas marcadas, etc..
5. Puede mecanizarse hasta cierto punto el sistema de cimbras.

Cada uno de estos factores puede determinar algún aspecto de la construcción, por lo que es necesario que el diseñador de cimbras los tenga en cuenta.

El acero se usa en secciones y placas estándar según se compran, y es esencial especificar el material laminado que se va a usar en recubrimientos. El diseño de una cimbra debe llevarse a cabo utilizando el equipo disponible para fabricarla y las técnicas propias del mismo. Las placas conocidas como laminadas en frío y decapadas, a pesar de que aumentan el costo general, aseguran una mejor calidad de superficie; el fabricante especializado a menudo considera necesario inspeccionar las placas en el almacén con objeto de seleccionar las adecuadas. Ya que la lámina comercial de 6.3 mm de espesor produce superficies de concreto de buena calidad, las placas de mayor espesor presentan defectos locales, problemas de corrosión o de escala. La fabricación de las cimbras los espesores del acero utilizados tienen un aislamiento reducido o nulo, pero esta característica puede ser ventajosa cuando las técnicas acelerantes de curado dependen de la transmisión de calor al concreto a través de la superficie de contacto de la cimbra. Los elementos de acero mejoran las propiedades de otros materiales de cimbra y moldeo; por ejemplo, el uso de moldes de concreto cuyas caras de contacto son de acero y proporcionan, durabilidad, estabilidad y exactitud cuando se requiere un alto grado de precisión en colados sucesivos. Cuando se requiere mucha exactitud se asegura que se obtiene la calidad requerida. Las uniones a las superficies de acero de la cimbra pueden hacerse taladrando y atornillándolas o sujetándolas con pernos desde el exterior de la cimbra.



Una ventaja de la cimbra y el molde de acero, es la resistencia inherente, sobre todo cuando los miembros están soldados ya que constituyen gran parte integral de la cimbra. Otra ventaja es que las cimbras ensambladas con sus refuerzos de acero ya colocados, pueden instalarse en su lugar, como por ejemplo, en la construcción de vigas pesadas y de puentes. La cimbra de acero pueden diseñarse de acuerdo a las especificaciones que el proyecto indiquen y a las medidas especificadas ya que esto da un índice de la calidad de la cimbra y el buen manejo de la misma. Con frecuencia las cimbras especiales de acero son pesadas, pero esto no representa un gran problema si se usan malacates o una grúa viajera. El uso del acero reduce el número de puntales necesarios para retener una determinada masa de concreto; esto puede incluso convertirse en un factor en la selección de materiales.

#### V.4 ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR MANIOBRAS DE ERECCION Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

Una vez presupuestada una obra y entregada las cotizaciones después de que se ha obtenido un contrato en un concurso y se han comparado los documentos, especificaciones y dibujos del proyecto, con las cotizaciones (en relación con el presupuesto) entonces deben iniciarse de inmediato los trabajos para preparar un plan de montaje seguro, eficiente y económico, dicho plan debe estar dirigido a expeditar al máximo el trabajo de campo, dentro de los límites de la seguridad considerando los costos adicionales que esto implica en función del ahorro de tiempo. Se debe tomar en cuenta estas posibilidades y si existe algún cambio en las condiciones es necesario inspeccionar de nuevo el lugar de la obra antes de adelantar demasiado la planeación del montaje, después de revisar el lugar y las condiciones se establecerá un plan de montaje que puede o no ser el que se previó cuando se hizo el presupuesto.

Por lo general habrá un equipo especial que sea el adecuado para el proyecto que se está estudiando pero en ocasiones puede haber equipos de diferentes tipos que pueden ser seguros, económicos y eficientes, entonces su especificación dependerá de la disponibilidad del equipo y el costo del mismo. Si existe la posibilidad de usar plumas o grúas viajeras para montar una obra, debe compararse también con el uso de grúas móviles, grúas-torre, levadizas o fijas.

El equipo de mástil corto y mayor capacidad debe compararse con los aparejos de mástil largo y menor capacidad. Se debe considerar el uso posible de un poste-grúa, poste-canasta, poste-guía, cabria o un aparejo liviano. Algún tipo de trabajo puede ser más adecuado para efectuarlo mediante operaciones manuales simples, cuando existen vías acuáticas disponibles debe tomarse en consideración el uso de

equipo flotante como plumas y grúas montadas sobre barcazas, no se debe omitir la posibilidad de combinar dos tipos diferentes de equipo de montaje, tales como plumas con grúas, postes con plumas o grúas u otras combinaciones.

### *Procedimientos típicos de montaje*

La fabricación es el transporte de las partes estructurales y ensambles al lugar de la obra, por medio de camiones, góndolas de ferrocarril o barcazas. Al llegar son descargadas y almacenadas, o bien colocadas directamente en su posición definitiva, por medio de gatos, malacates o rodillos, ajustándolas a los soportes y partes de la estructura. Para realizar con seguridad la construcción de las estructuras de grandes dimensiones, se requiere de un análisis detallado de los esfuerzos y deformaciones que se presentan durante las diferentes etapas del montaje; frecuentemente deben construirse equipos especiales de manejo, y hay que suministrar marcos temporales de contraventeo y de rigidez durante el montaje.

Los métodos usados en la erección y montaje de estructuras de acero varían según; tipo y tamaño de la estructura, condiciones del lugar, y disponibilidad del equipo a utilizar. Los procedimientos de montaje no pueden regularizarse completamente, ya que cada problema tiene características especiales, que se deben tomar en cuenta al desarrollarse el plan de montaje más ventajoso. A continuación se describe brevemente algunos procedimientos típicos de montaje.

**Montaje de edificios de varios pisos.** Generalmente estos edificios se montan en tramos de 2 pisos cada uno. Después de terminada la cimentación se levantan las columnas y se colocan sobre las placas de base, se atomillan en su lugar; es costumbre contraventear las columnas durante el montaje, hasta que se completa la estructura. Una vez instala la columna se izan las vigas y traveses para ajustarlas a éstas y se atomillan provisionalmente. Tan pronto como se colocan en su lugar las traveses de toda una planta, se plomean las columnas, se nivelan las traveses y se conectan las partes entre sí por medio de remaches, tornillos de alta resistencia o soldadura. Los edificios de 30 a 60 metros de altura se pueden montar usando grúas montadas sobre camión para edificios de mayor altura se necesitan plumas o grúas especiales las cuales son izadas al nivel superior de cada marco terminado, a medida que progresa la construcción del edificio.

**Montaje de edificios industriales.** Los edificios industriales de uno o dos pisos se montan con grúas. Se ensambla y conecta cada nave según se va moviendo la grúa a lo largo del edificio. Los

miembros de contraventeo se colocan también en posición, en piezas de tamaño conveniente para su manejo y conexión.

**Montaje de puentes de armaduras.** Un procedimiento común para el montaje de este tipo de puentes es ensamblar la armadura en el lugar, usando una obra falsa por debajo de ella y erigiéndola miembro por miembro. Se colocan primero las cuerdas inferiores a las que se fija al sistema de piso, y se continúa después con los miembros del alma, cuerda superior y contraventeo. A veces resulta económico el uso de una armadura auxiliar ligera que puede colocarse en posición en cada uno de los claros mediante barcazas, en vez de construir obras falsas para todos ellos. Otra alternativa es ensamblar cada claro de armadura en tierra y llevarlo en barcazas a su posición final para montarla.

**Montaje en voladizo para puentes.** Para claros largos de puentes en arco, resulta económico montarlos en voladizo, partiendo de las orillas o de las rampas de acrecimiento. Se construye el puente desde los soportes hacia afuera, miembro por miembro. La omisión de la obra falsa sobre desfiladeros profundos o corrientes de agua produce grandes ahorros, aunque a veces se tengan que reforzar los miembros del puente para soportar los esfuerzos de montaje.

### *Procedimientos diferentes*

En el caso de tejados o postes el sistema es el aguilón, un robusto poste vertical de madera, para cargas importantes de acero con estructura reticular sostenido por vientos y con un aparejo del cual cuelga un gancho en su parte superior; el extremo libre del cable va a un cabrestante. Para alturas y capacidades mayores se emplean, cabrios, constituidas por dos aguilonés unidos en su parte superior por un travesaño. Hoy en día se prefiere, y salvo en el caso de construcciones de modestas dimensiones, se recurrirá a las grúas móviles, provistas de un gran brazo o aguilón reticulado, manteniendo en posición casi vertical. Si la techumbre a montar es de dimensiones importantes, de manera que los elementos portantes se repiten en un número notable, se puede construir dispositivos especiales para este caso, se ha construido una grúa de caballete para levantar y poner en obra las columnas y sobre éstas los arzones de tejado. Las torres para líneas eléctricas o para otros usos se montan elemento por elemento, aperrando las diagonales a los montantes y los diferentes tramos de éstos. En el caso de torres a erigir en zonas rústicas, carentes de vías de acceso, puede resultar conveniente montar toda la estructura en tierra, en posición horizontal, en alguna localidad cercana y después levantarla, colgandola verticalmente de un helicóptero que la transporte y la deposite sobre el bloque de cimentación ya dispuesta.

Otro método especial es adoptado para los puentes de arco, y consiste en montar la estructura en voladizo desde los estribos hacia la mitad del puente, mediante grúas que se mueven sobre la misma estructura.

### *Tipos de maquinarias para el montaje de estructuras de acero*

El acero estructural se monta mediante dispositivos por elevación manual o elevación mecánica.

El dispositivo manual más simple es la grúa de poste o pluma, el poste es comúnmente un madero sano de fibras derechas, aunque también pueden usarse postes metálicos. Las retenidas hechas de torones de acero, se disponen de un ángulo con el poste de  $45^\circ$  o menor.

La cuerda de elevación puede ser cable manila o alambre. La capacidad de una grúa de poste se determina por la resistencia de las retenidas, la cuerda de elevación, el gancho del cabrestante que soporta la estructura y el poste mismo.

Hay varios tipos de plumas, como la de marco en A y la holandesa.

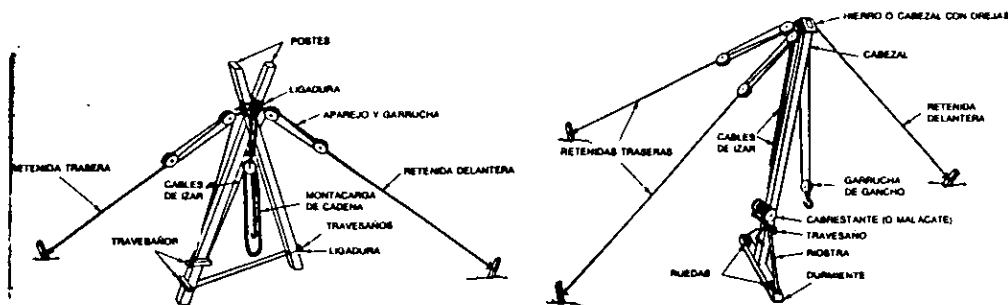


Fig. 54 Marco en A o grúa de tigrera y Fig.55 Holandesa.

Una grúa de patas rígidas consta de una pluma, un mástil vertical y dos riostras o patas rígidas inclinadas. Esta provista de un cabrestante especial, equipada con dos tambores de izar que proveen cables

separados para la carga y la pluma. Una grúa de patas rígidas se usa cuando se justifica un dispositivo más permanente. Por ejemplo, después que se completa la armadura estructural de un edificio alto, puede instalarse esta grúa en el techo para elevar el material del edificio, equipo mecánico, etc., a los diversos pisos.

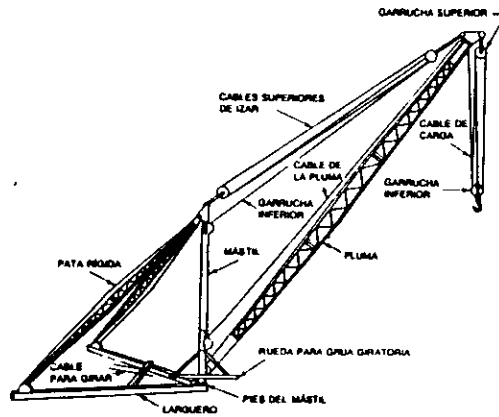


Fig. 56 Grúa de patas rígidas

Una pluma chicago es un dispositivo para elevación que usa la estructura que se erige como medio para soportar la pluma.

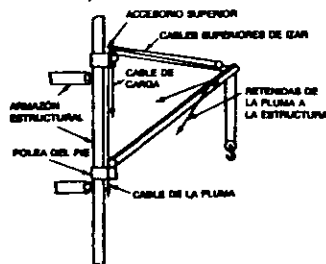


Fig. 57 Pluma Chicago

Las grúas son equipos mecánicos de montaje que constan principalmente de una cabina rotatoria con un contrapeso y una pluma móvil. Puede insertarse y removerse secciones de pluma, y agregar brazos giratorios para aumentar el alcance. Las grúas pueden montarse en un camión, oruga y locomotora.

La grúa montada sobre un camión requiere de terreno firme, es inútil en obras pequeñas en donde se requieren maniobras y alcance.

La grúa de oruga se usa en suelo donde existe una superficie irregular o con inclinación.

La grúa locomotora se usan para montaje de puentes o para trabajos en donde existe vía de ferrocarril o cuando es económico tender vía.

Las grúas de retenidas tienen ventajas para erigir edificios de varios pisos. Estas estructuras se brincan de piso a otro. El brazo sirve temporalmente como una pluma para elevar el mástil a un nivel superior. La rotación de la grúa puede manejarse manual o mecánicamente.

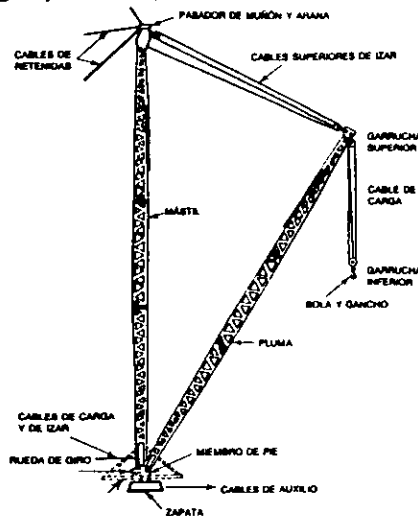


Fig. 58 Grúa de retenidas.

Grúa torre o giratoria es más costosa que las otros, pero tiene ventajas importantes. La central de control puede colocarse sobre la grúa o en una posición distante que capacite al operario para ver siempre la carga. El equipo también puede usarse para colocar el concreto directamente en las formas para pisos y techos.

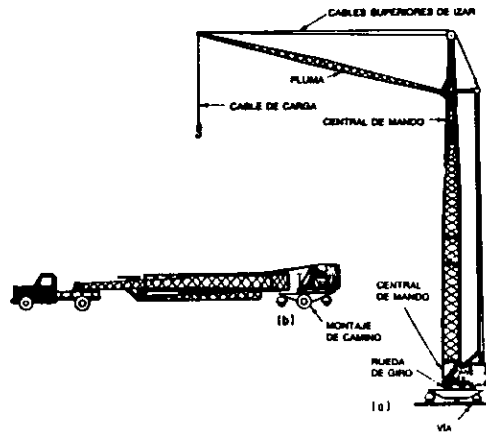


Fig.59 Grúa de torre o giratoria.

Variaciones de la grúa de torre tenemos: tipo canguro y pez martillo. Ninguna regla general puede usarse respecto de la elección de un dispositivo de montaje para una obra en particular. El requerimiento principal es la rapidez de montaje, pero se deben de atender otros factores como, el costo de la máquina, mano de obra, seguro y costo de energía.

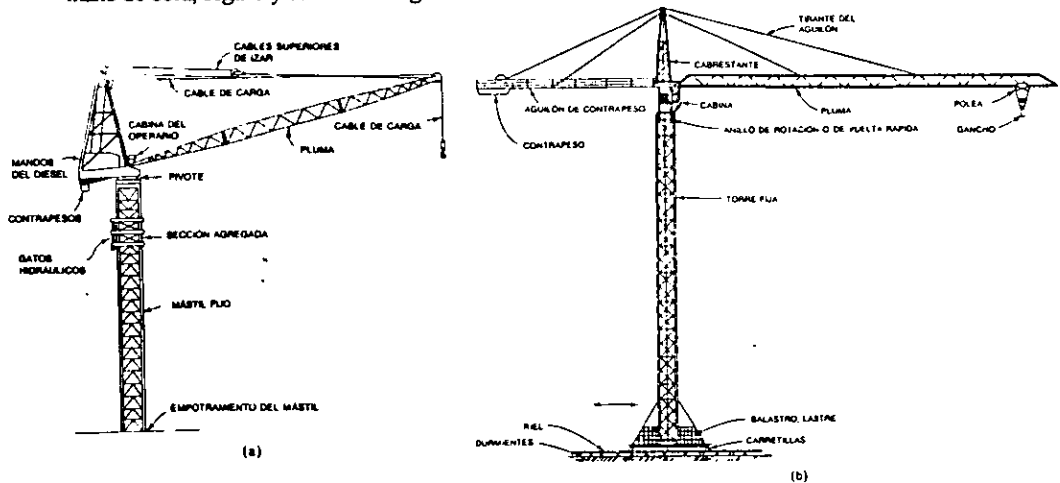


Fig.60 Variaciones de la grúa de torre:(a) tipo canguro; (b) pez martillo.

## **VI. CONCLUSION**

El presente trabajo fue realizado como apoyo didáctico tanto a los alumnos de la carrera de Ingeniería civil como para carreras afines o interdisciplinarias, abarcando los temas de construcción de estructuras de concreto, acero, madera y mampostería, enmarcando los procesos constructivos de cada uno de ellos, así como las características, propiedades y pruebas de laboratorio a los agregados grueso (grava), fino (arena), cemento y agua, para tener un control de calidad óptimo, fundamentándolo de acuerdo a las normas de la A.S.T.M. (Sociedad Americana de Testificación en Materiales).

Es importante estar al tanto de los nuevos avances tecnológicos, a cerca de los temas tratados, generalmente se debe tener bases teoricas, dando como resultados la experiencia y poder aplicar criterios propios en determinadas situaciones que se presentan durante la obra; siempre y cuando se tomen las medidas necesarias y sean supervisadas por personal capacitado. Cabe hacer mención que los materiales utilizados deben ser de excelente calidad.

Podemos concluir que debemos tener presente diversos factores en las estructuras tales como: granulometrias en los agregados, curado de concreto, sanidad en cementos, aceros, cimbras; fabricación, transporte y colocación así como acabados finales y sobre todo ahorro de mano de obra, en materiales y economía.



## **BIBLIOGRAFIA**

- Técnicas modernas en la producción de agregados pétreos  
Ing. Pedro Luis Benitez Esparza  
Fundación para la enseñanza de la construcción A.C.
  
- Diseño y control de mezclas de concreto  
Steven H. Kosmatka y William C. Panarese  
Serie IMCYC
- Guía práctica para la colocación del concreto  
Serie IMCYC
  
- Métodos, Planamiento y equipo de construcción  
R. L. Peurifoy  
Editorial Diana, México
  
- Tecnología del concreto  
Adam M. Neville  
Serie IMCYC
  
- Aditivos para concreto  
Serie IMCYC
  
- Diseño de cimbras de madera  
Ing. Federico Alcaraz Lozano  
Fundec A.C.
  
- Concreto en la obra  
Modulo I,II,III,IV  
Serie IMCYC
  
- Tecnología del concreto  
Raúl Huerta Martínez  
Serie IMCYC
  
- Elaboración, colocación y protección del  
concreto en clima caluroso y frío  
Serie IMCYC
  
- Cimbras  
J. G. Richarson  
Tomo I,II,III,IV  
Serie IMCYC

-Mecánica de suelos

Tomo II

Eulalio Juárez Badillo

Alfonso Rico Rodríguez

Noriega Editores 1983

-Arcos y Bovedas

Francisco Moreno García

Monografías de la Construcción

edit. Ceac

-Montaje de estructuras de acero

William G. Rapp

Edit. Limusa

-Normas técnicas complementarias para el  
diseño y construcción de cimentaciones

Gaceta Oficial del Departamento del D.F.

Tomo II 25- enero - 1993

-Manual del Ingeniero Civil

Tomo I,II

FREDERICK S. MERRITT

Edit. Mc. Graw Hill. México 1994

-Diseño de estructuras metálicas

Jack C. Mc Cormac

Edit. Alfa Omega año 1991