

CAPITULO V: OBRA GRUESA.

Una estructura puede concebirse como un sistema, es decir, como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada. La función puede ser: salvar un claro, como en los puentes; encerrar un espacio, como sucede en los distintos tipos de edificios, o contener un empuje, como en los muros de contención, tanques o silos. La estructura debe cumplir la función a la que esta destinada con un grado razonable de seguridad y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio. Además, deben satisfacerse otros requisitos, tales como mantener el costo dentro de límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas.

En una obra cómo edificios, debe tenerse en cuenta la importancia de la obra gruesa dentro del proyecto global. La tabla siguiente da muestra de esto:

Tabla: Distribución aproximada del costo de edificios en USA, México y Chile.

ITEM	Edificios altos U.S.A	Edificios medianos México	Edificios medianos Chile
	%	%	%
Obra Gruesa (excavación, fundaciones, estructura)	35	25	36
Instalaciones (eléctricas, sanitarias, calefacción, aire acondicionado, etc.	30	25	16
Elevadores	10	3	4
Terminaciones	25	47	44

Las estructuras de hormigón armado tienen ciertas características, derivadas de los procedimientos usados en su construcción, que las distingue de las estructuras con otros materiales.

El hormigón se fabrica en estado plástico, lo que obliga a utilizar moldes que lo sostengan mientras adquiere resistencia suficiente para que la estructura sea autosoportante. Esta característica impone ciertas restricciones, pero al mismo tiempo aporta algunas ventajas. Una de éstas es su “moldeabilidad”, propiedad que brinda al proyectista gran libertad en la elección de las formas

El hormigón simple, sin refuerzo, es resistente a la compresión pero es débil en tensión, lo que limita su aplicabilidad como material estructural. Para resistir tensiones, se emplea refuerzo de acero, generalmente en forma de barras, colocado en las zonas donde se prevé que se desarrollaran tensiones bajo las acciones de servicio. El acero restringe el desarrollo de las grietas originadas por la poca resistencia a la tensión del hormigón.

El uso del refuerzo no esta limitado a la finalidad anterior. También se emplea en zonas de compresión para aumentar la resistencia del elemento reforzado, para reducir las deformaciones debidas a cargas de larga duración y para proporcionar confinamiento lateral al concreto, lo que indirectamente aumenta su resistencia a la compresión.

La combinación de hormigón simple con refuerzo de acero constituye lo que se conoce como hormigón armado.

5.1 HORMIGON

Definición.-

El hormigón es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, áridos y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los áridos, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

Los áridos son materiales pétreos compuestos de partículas duras, de forma y tamaño estable. Habitualmente se dividen en dos fracciones: grava y arena.

Los áridos, el cemento y el agua se mezclan juntos para constituir una masa plástica y trabajable, que permite ser moldeada en la forma que se desee.

El cemento y el agua se combinan químicamente por un proceso denominado hidratación, del cual resulta el fraguado del hormigón y su endurecimiento gradual; este endurecimiento puede continuar indefinidamente bajo condiciones favorables de humedad y de temperatura, con un incremento de la capacidad resistente del hormigón. Se supone y acepta que el hormigón ha alcanzado su resistencia de trabajo a los 28 días, y es por eso que normalmente las exigencias de resistencia se especifican y verifican a esa edad. En realidad, encontrándose en condiciones favorables, los hormigones siguen incrementando su resistencia a medida que aumenta su edad, aproximadamente en los valores que se indican a continuación en promedio.

EDAD	Resistencia (%)
28 días	100
90 días	110 – 120
1 año	120 – 135

El hormigón presenta una serie de ventajas sobre otros materiales de construcción, las cuales indudablemente justifican su empleo tan difundido. Entre otras se pueden mencionar las siguientes:

- a) Endurece y adquiere resistencia.
- b) Debido a su plasticidad, puede dársele cualquier forma.
- c) Se moldea a temperatura normal, no necesita calor.
- d) No se corroe; resiste a muy diversas condiciones ambientales. Tiene buena durabilidad.
- e) Es resistente al fuego, por lo menos hasta 400°C de temperatura.
- f) Los materiales que se emplean en su fabricación existen en todas partes del globo terráqueo y son fáciles de encontrar.

5.1.1 Fabricación.-

Se fabrica una gran variedad de hormigones, los que se pueden clasificar atendiendo a diversas consideraciones. Usualmente los hormigones se clasifican según su resistencia a la compresión.

La Norma NCh 170 establece una clasificación para el hormigón en grados según sea la resistencia especificada a la ruptura por compresión a los 28 días, medida en probetas cúbicas de 20 cm de arista.

Grado del Hormigón	Resistencia Especificada MPa	Resistencia Especificada Kg/cm²
H5	5	50
H10	10	100
H15	15	150
H20	20	200
H25	25	250
H30	30	300
H35	35	350
H40	40	400

5.1.2 Dosificaciones.-

Aunque las dosificaciones deben ser estudiadas por especialistas de acuerdo a los resultados de ensayos de laboratorio de las características de los áridos, a continuación se expone un método simplificado de dosificación para obras menores, basado en valores medios de áridos.

Dosificar es calcular las proporciones de los componentes del hormigón en Kg/m³ para obtener un hormigón trabajable, que cumpla con las especificaciones del proyecto y sea durable frente a las condiciones del medio.

Trabajabilidad

La trabajabilidad del hormigón se elige para cumplir las operaciones de transporte y colocación fácilmente sin que se produzca segregación.

La trabajabilidad se mide en la práctica corriente de las obras mediante el ensayo del asentamiento de cono. La tabla siguiente da los asentamientos que se recomiendan cuando se aplica vibración.

Estructuras	Asentamiento de Cono (cm)
Pavimentos, prefabricados	Menos 5
Estructuras en general	4 – 10
Hormigón bombeado	7 – 12

Si la compactación es por apisonado manual se puede aumentar en 2 cm los asentamientos indicados.

Dosificaciones tentativas.

Aunque para cada obra se deben estudiar las dosificaciones de acuerdo a sus exigencias y considerando las características reales de los áridos que se emplearán, existe a veces la imposibilidad de proceder de esta forma. Para estos casos se han preparado dosificaciones tentativas basadas en el empleo de áridos que cumplen aproximadamente las exigencias de las Normas Chilenas (NCh 163). Puesto que dichas características particularmente la granulometría, pueden ser significativamente diferentes de las aquí consideradas, será necesario corregir las dosificaciones según el aspecto del hormigón que se obtenga. Para hacer las modificaciones se recomiendan los criterios siguientes:

- La dosis de cemento recomendada no debe modificarse, a menos que las resistencias que se obtengan, cuando sea posible determinarlas, sean inferiores o muy superiores a las que se exigen. Para ese objeto es conveniente aumentar la dosis de cemento si la resistencia obtenida es inferior a la resistencia especificada en el proyecto en más de 40 Kg/cm² y disminuirla si es superior a la resistencia especificada en más de 80 Kg/cm².
- Si el hormigón se observa pedregoso, habrá que disminuir razonablemente el árido grueso aumentando en la misma cantidad el árido fino (se considera razonable una variación de hasta un 5 % de la cantidad correspondiente a la dosificación para efectuar una primera corrección).
- La dosis de agua de amasado que se indican son solo una referencia. Si en obra los áridos están húmedos, habrá que utilizar menos agua. La cantidad de aguas que se empleará debe dar como resultados hormigones que no sean secos ni fluidos, sino plásticos (como referencia, para las dosificaciones indicadas se ha considerado un asentamiento de cono de Abrams de alrededor de 6 cm).

Dosificación en Volumen.

Para medir los áridos se emplean generalmente carretillas dosificadoras, las que se ajustan a la medida necesaria mediante la compuerta móvil. Después de llenar la carretilla dosificadora, se enrasa la superficie con una tabla.

Dosificaciones tentativas para hormigón confeccionado con cemento corriente y grava de tamaño máximo entre 1 1/2" y 2".

- Cantidades por metro cúbico.

R28 especificada Mpa	Cemento (Kg)	Grava (Kg)	Arena (Kg)	Agua (lt)
	127,5	1170	850	165
	170	1185	835	165
H10	200	1200	815	165
H15	240	1225	750	165
H20	290	1250	680	170
H25	330	1265	645	170

- Cantidades por saco 42,5 Kg.

R28 especificada Mpa	Cemento (Kg)	Grava (Kg)	Arena (Kg)	Agua (lt)
	1 saco	384	289	55
	1 saco	296	204	41
H10	1 saco	256	170	35
H15	1 saco	216	136	30
H20	1 saco	184	119	25
H25	1 saco	160	85	22

Dosificaciones tentativas para hormigón confeccionado con cemento corriente y gravilla de tamaño máximo 3/4".

c) Cantidades por metro cúbico.

R28 especificada Mpa	Cemento (Kg)	Gravilla (Kg)	Arena (Kg)	Agua (lt)
	127,5	1010	980	195
	170	1025	910	195
H10	230	1055	835	195
H15	275	1070	800	195
H20	340	1095	715	200
H25	380	1120	645	200

d) Cantidades por saco 42,5 Kg.

R28 especificada Mpa	Cemento (Kg)	Gravilla (Kg)	Arena (Kg)	Agua (lt)
	1 saco	336	323	66
	1 saco	256	230	49
H10	1 saco	192	153	36
H15	1 saco	168	128	30
H20	1 saco	136	94	25
H25	1 saco	128	77	22

Notas:

- En el caso de utilizar el árido grueso separado en dos fracciones (grava y gravilla), en primera aproximación la cantidad de grava indicada en las tablas se dividirá en un 20 % de gravilla y un 80% de grava, observándose la trabajabilidad obtenida con el hormigón y efectuando las correcciones pertinentes.
- Previamente se deberá corregir el volumen de arena según su esponjamiento.

Dosificación en planta (peso).

Existe la posibilidad de comprar el hormigón premezclado y transportarlo a la obra en camiones mixer. En estos casos la fabricación del hormigón se realiza en una planta especialmente diseñada y las dosificaciones, a diferencia de cuando se fabrica hormigón en obra, es en peso.

La dosificación en peso es mucho más precisa que en volumen, además estas plantas cuentan con máquinas inscriptoras que registran con exactitud el peso del cemento, de los áridos y su grado de humedad. Estos hechos permiten optimizar el uso especialmente del cemento y obtener un hormigón confiable de acuerdo a lo solicitado por la empresa constructora.

5.1.3 Colocación.

Las operaciones más importantes durante el proceso de ejecución de un elemento son la colocación y compactación del hormigón. Evidentemente la condición previa es que el hormigón este correctamente dosificado.

Un buen proceso de colocación debe evitar que se produzca segregación para conseguir que la masa se mantenga homogénea y se distribuya uniformemente en todo el espacio interior del moldaje.

Con la compactación se deberá conseguir que el hormigón adquiera máxima densidad en todos sus puntos y recubra totalmente las armaduras.

El peligro de la segregación es tanto mayor cuanto más grueso sea el árido y menos continua su granulometría. Sus consecuencias serán tanto más graves cuanto más pequeño sea el elemento a hormigonar. La colocación en si del hormigón puede realizarse, dependiendo de las características de la obra y de los recursos de la empresa constructora de alguna de las siguientes maneras:

- Carretillas.
- Torre concretetera.
- Elevador.
- Grúa.
- Bombeo.

Hormigón en muros.

La colocación de hormigón en muros presenta ciertas dificultades. Se deberá procurar hormigonar estos elementos en forma continua y la colocación por capas cuidadosamente vigilada. Se evitará colocar el hormigón en un solo punto para esparcir después, porque si llega a producirse segregación, no hay manera de remediarla. En general cada tramo o etapa de muro no debe exceder los 3m de altura. Es conveniente abrir buzones en el moldaje para reducir la altura de caída del hormigón.

En el caso de secciones estrechas se ocuparán áridos de tamaño máximo no superior a 1/5 de la dimensión mínima.

El asentamiento que se emplea en el hormigón para muros debe ser tal que permita una buena compactación en la parte inferior pero, a medida que se avanza hacia arriba, debe disminuirse dicho asentamiento, sobre todo en la última etapa.

Hormigón de superficie amplia.

Cuando se trata de hormigones de superficie amplia como losas, calzadas, aceras, etc., la colocación se realiza en una sola capa igual al espesor total del elemento.

Para losas no armadas la superficie se divide en fajas que se hormigonan en forma alternada. No se recomienda la ejecución en “tablero de ajedrez”. El hormigón se coloca en forma continua avanzando siempre en la misma dirección descargándolo contra el frente de avance. Cada 4m se dejarán juntas de contracción mediante reglillas, o cortes con sierras. En ambos casos la profundidad llegará hasta 1/3 del espesor de la losa.

Para las juntas longitudinales entre fajas convendrá producir un endentado en la unión.

Las losas armadas se hormigonarán en lo posible en forma continua en toda su extensión, hasta su encuentro con vigas o muros. Para evitar las juntas frías se hormigonará a todo el ancho avanzando en el sentido de la mayor longitud de las losas.

Al hormigonar losas inclinadas, es necesario extremar las precauciones para evitar desplazamientos al vibrar. Aunque es obvio, el hormigonado de estos elementos debe iniciarse siempre en las zonas de menor cota.

Hormigón en masa.

Cuando el elemento que se hormigona es de gran volumen y superficie, y se corre el riesgo de que se produzca el endurecimiento de una capa antes de colocar la otra, es posible recurrir a diversas soluciones. La más recomendable es hormigonar en peldaños, avanzando en varias capas simultáneamente, capas que obviamente van desplazadas.

Por tratarse de hormigón en masa se trabaja con asentamientos reducidos.

Compactación.

La compactación del hormigón es la operación mediante la cual se le da la máxima densidad compatible con su dosificación, reduciendo la cantidad de aire atrapado.

La compactación se puede lograr por vibración o por apisonado manual. Se recomienda aplicar vibración a mezclas de hasta 10 cm de asentamiento de cono; en tanto que el apisonado manual se puede aplicar cuando se tiene asentamientos de cono mayores de 5cm.

Los equipos de vibración pueden ser de aplicación interna (vibradores de inmersión) o externos (vibradores de placas y cerchas). Cuando se empleen vibradores internos, su frecuencia no deberá ser inferior a 6.000 ciclos por minuto.

Estos se deben sumergir profundamente en la masa, cuidando de introducir y retirar la aguja con lentitud y a velocidad constante.

La distancia entre los sucesivos puntos de inmersión debe ser la adecuada para producir en toda la superficie de la masa una humectación brillante, y no debe exceder de 50cm.

Es preferible vibrar poco tiempo en muchos puntos, a vibrar más tiempo en menos puntos.

El tiempo de vibración depende del asentamiento de cono, aumentando cuanto más seco sea el hormigón. También depende de la potencia del vibrador.

Cuando el hormigonado se realice por capas, el vibrador se debe introducir hasta que penetre unos 10 cm en la capa inferior.

Siempre se procurará mantener la aguja del vibrador en posición vertical

No se debe introducir el vibrador junto a la pared del moldaje para evitar la acumulación de burbujas de aire y lechada a lo largo de dicha pared.

Cuando se aplica apisonado manual, el extremo del pisón debe tener la mayor sección que permita su paso entre las armaduras. El apisonado manual debe complementarse con la aplicación de golpes de maceta sobre el moldaje.

Métodos de Curado del Hormigón.

En general todos los hormigones incrementan su resistencia a medida que aumenta su edad, debido a que los distintos compuestos mineralógicos del cemento se hidratan en plazos diferentes. Para que se verifique el proceso de hidratación es necesario que el hormigón se encuentre en condiciones favorables de temperatura y de humedad. Estas condiciones deben proporcionársele junto con la iniciación de su endurecimiento y mantenerse durante un período mínimo de 4 días cuando el cemento empleado es grado alta resistencia, o de 7 días si se emplea cemento grado corriente, con temperaturas medias del orden de 20°C.

La efectividad de un método de curado depende de la prontitud con que se aplica para proteger el hormigón fresco.

En síntesis, el curado del hormigón consiste en lograr que este material disponga del agua que necesita el cemento para hidratarse y en mantenerlo en condiciones moderadas de temperatura. Con un curado bien realizado se evitará la formación de grietas y el hormigón no sufrirá reducciones ni de resistencia ni de durabilidad.

Existen diferentes métodos para realizar el curado, los que se pueden agrupar en los que se basan en tratamientos húmedos, y los que emplean cubiertas protectoras para evitar la pérdida de humedad.

- Riego directo (Edificación).
- Colocar piezas en piletas totalmente sumergidas en agua (Elementos prefabricados).
- Diques, mallas arpilleras humedecidas (grandes superficies como pavimentos, losas en subterráneos)
- Polietileno totalmente en contacto con el hormigón. (calles, carreteras)
- Membranas de curado compuestas de emulsiones de parafina o resinas naturales o sintéticas, aplicadas con brocha o rociadores.

5.1.4 Costos.

El costo de fabricación del hormigón es tremendamente variable. No necesariamente será más barato fabricar hormigón en obra que comprarlo a alguna empresa especialista.

En el caso de fabricar el hormigón en obra, se deberá dosificar en volumen y no se tendrá un conocimiento seguro del estado de humedad de los áridos, lo que hace que muchas veces, para obtener un hormigón seguro, se sobredosifique la cantidad de cemento. Las características de la obra como su ubicación, espacio para acopio de áridos y cemento, son fundamentales para determinar los costos de fabricación del hormigón, pues puede darse que haya que comprar los áridos, o bien obtenerlos de una cantería o río cercano. A los factores antes mencionados habrá que sumarle el costo de mano de obra requeridos para su fabricación, para obtener así el costo final de fabricación del hormigón.

La tabla siguiente muestra los costos actuales de los distintos tipos de hormigón premezclado:

TIPO de HORMIGON	COSTO UNITARIO (UF/m3)
S 170 (00) – 40 – 6	1,52
H 225 (80) – 40 – 6	1,81
H 225 (80) – 20 – 6	1,91
H 25 (80) – 40 – 6	1,85
H 25 (80) – 20 – 6	1,96
H 30 (80) – 40 – 6	1,96
H 30 (80) – 20 – 6	2,07

Los costos antes mencionados, ya sea para hormigón fabricado en obra o en planta corresponden solamente a su fabricación. Habrá que sumarle el costo de colocación, el que deberá estudiarse para cada obra y fundamentalmente va a depender al modo de colocación de este, pues, ello determinará el número de trabajadores que conformarán la cuadrilla concretera.

5.1.5 Controles y ensayos del hormigón.

La dosificación del hormigón es estudiada para que esté tenga ciertas características predeterminadas, la principal de las cuales es su resistencia.

Sin embargo, al producirlo en obra, estas características varían de una amasada a otra a causa de errores en las mediciones o variaciones de las propiedades de los materiales componentes u otras razones.

Por este motivo, el hormigón debe ser sometido a un control de calidad que permita verificar que, a pesar de estas variaciones, las propiedades generales del hormigón se mantienen dentro de límites aceptables o, en caso contrario, para establecer las medidas correctivas adecuadas.

Generalmente la propiedad sometida a control es la resistencia del hormigón, aspecto que debe considerarse como el nivel mínimo de control en una obra por pequeña que ella sea.

Sin embargo, la información proporcionada por el ensayo de resistencia puede ser demasiado tardío como para tomar medidas efectivas con un costo razonable, motivo por el cual es aconsejable emplear métodos de

control preventivos durante la fabricación del hormigón en la obra o a su llegada a ésta si existe suministro de hormigón premezclado.

Ensayo del Cono de Abrams.

Un sistema apropiado para efectuar un control de calidad preventivo del hormigón, es decir antes de su colocación, puede basarse en la medición del asentamiento de cono del hormigón. El asentamiento de cono depende aproximadamente de la cantidad de agua que contiene el hormigón y, en consecuencia puede servir de su razón agua/cemento, la que como se sabe está relacionada con la resistencia.

En consecuencia, si el hormigón tiene la dosis de cemento prevista y el asentamiento de cono se mantiene dentro de límites estrechos, existe una buena seguridad de que la resistencia del hormigón se cumplirá en forma adecuada.

Ensayos con probetas.

La manera más habitual de controlar la calidad del hormigón es a través del control de su resistencia, por ser ésta la propiedad más importante y representativa de este material, y que además esté directamente relacionada con la seguridad estructural de las obras.

Los ensayos que están normalizados en nuestro país son a la tracción por flexión, tracción por hendimiento y a la compresión, siendo este último el que más se emplea.

Existen los siguientes métodos para determinar la resistencia del hormigón:

- Ensayos de probetas: muestras del mismo hormigón fresco que se está colocando en la obra.
- Testigos: extracción de probetas cilíndricas del hormigón endurecido.

Ensayos indirectos.

Los ensayos no destructivos comprenden una serie de técnicas destinadas a inspeccionar o probar un material sin perjudicar su empleo futuro.

Estos ensayos no determinan resistencias mecánicas, sino otras propiedades, generalmente elásticas, y mediante correlaciones con la resistencia, permiten obtener una estimación más bien cualitativa de la calidad del hormigón.

- Martillos esclerométricos: miden el rebote de una masa que golpea sobre el hormigón.
- Ensayos ultrasónicos: mide la velocidad de los impulsos de las vibraciones que pasan a través del hormigón.

5.2 FIERRO.

Los tipos de acero que se fabrican en Chile son:

A63 – 42 H

A44 – 28 H

Barras y mallas.

Las barras que se fabrican para el uso en la construcción son:

- De $\Phi 6$ a $\Phi 12$ mm en rollos o barras.
- De $\Phi 16$, $\Phi 18$, $\Phi 22$, $\Phi 25$, $\Phi 32$, y $\Phi 36$ en barras de largos 7, 8, 9, 10, 11, y 12 mts.

También se fabrican mallas con distintas cuantías y espaciamentos, las que se pueden utilizar para reemplazar el sistema tradicional de colocación de barras, por uno más industrializado.

Doblado y colocación.

Según la modalidad que se adopte para la instalación del fierro se hará su doblado y colocación.

En el caso que la Empresa Constructora decida instalar el fierro por cuenta propia, deberá, a partir de los planos de cálculo, cubicar y comprar el fierro en barras para luego proceder a su doblado en talleres en la obra, y finalmente su colocación.

Existe la alternativa de subcontratar el fierro. En estos casos se suele hacer un contrato a precio unitario(\$/Kg), y es el contratista quien a partir de los planos de cálculo prepara (dobla) el fierro, para trasladarlo a obra y proceder a su colocación.

El doblado de las barras de fierro se puede realizar en forma manual o a máquina.

La colocación del fierro en barras se realiza fijando la posición con alambre N°18. Es fundamental garantizar el recubrimiento del fierro con separadores de molde (plásticos o de mortero)

Costos y rendimientos.

El costo de la partida de fierro deberá comprender el costo por adquisición, por doblado y por instalación. Es por ello que dependiendo de la modalidad que se utilice, por subcontrato o por casa, se deberá hacer un estudio para determinar su costo total.

En el caso que se subcontrate el fierro, tal como se dijo anteriormente, se hará un contrato a precio unitario por su compra, doblado y colocación. Valores actuales son a 220 \$/Kg por adquisición, y de 81 \$/Kg por mano de obra para doblado y colocación.

En el caso que se decida realizar esta partida por la casa, la determinación del costo total deberá evaluarse sobre los siguientes aspectos:

- Compra del fierro.
- Compra del alambre.
- Flete a obra.
- Selección y almacenamiento.
- Mano de obra para doblado.
- Mano de obra para instalación.
- Leyes Sociales.

Rendimientos promedios de instalación de fierro en obra, dependiendo del tipo de obra y de los diámetros utilizados van de 150 a 180 Kg/HD.

Rendimientos por preparación de fierro, esto es, corte y doblado, dependerá fundamentalmente de cuan industrializada sea la empresa, pues, estas operaciones se podrán realizar manualmente en talleres de la obra, o bien con máquinas en la planta de una empresa especialista en el rubro.

A modo de ejemplo, una planta industrializada que cuenta con 2 estribadoras, 3 dobladoras y máquinas cortadoras, tiene una producción de preparación de 500 Kg/hora-H

Controles y ensayos.

La Norma Chilena para ensaye del fierro es la NCh 204 Of78.

Se realizan principalmente los ensayos de:

- Estiramiento (se verifican los límites de fluencia y rotura).
- Doblado (se verifica que no haya fisuramiento en la zona del doblado).

Una buena forma de verificar el tipo y calidad del fierro cuando llega a obra, es comprobar que las barras tengan marcas entre las estrías, las que indican el tipo de acero.

5.3 MOLDAJE.

5.3.1 Tipos de Moldaje.

Los moldes para hormigón se pueden clasificar en dos grandes grupos:

a) Moldajes para grúa.

a.1 Tipo túnel.

Estos moldajes son metálicos, forrados con una plancha de fierro de 5 a 6 mm de espesor. Se realiza una instalación simultanea tanto del muro como de la losa formando un túnel, lo que permite una gran rapidez de avance.

Para su colocación y descimbre es indispensable el uso de grúa, y su empleo se justifica para edificios diseñados para este moldaje y que sean repetitivos.

Si bien su costo de adquisición es mayor a otros sistemas, la cantidad de usos que se le puede dar tiende a infinito.

Las dos mayores empresas que fabrican este tipo de moldaje son:

- Outinord.
- Symons.

a.2. Alumatlight

Este moldaje esta formado por una estructura de aluminio, forrada en placa de terciado. El moldaje de muros es independiente al de losas.

Para su colocación y descimbre se requiere el uso de grúa.

Su costo de adquisición es elevado dada la estructura de aluminio y su reutilización tiende a infinito, con la excepción de la placa de terciado la que tiene una utilización de 12 a 20 usos.

El moldaje de losa consiste en una verdadera mesa conocida como “cerchas voladoras” la cual se nivela a través de tornillos en sus patas.

b) Moldajes de Instalación manual.

Los moldajes de instalación manual, pueden prescindir del uso de grúa, pues su peso, dependiendo del tipo, varía de 10 a 22 Kg/m².

Existe una enorme variedad de moldajes manuales, los que dependiendo de cuán industrializado sea el sistema, permitirá que su alineación y amarre sea fácil y rápida.

Los costos de adquisición son altamente variables, y obviamente mayor para un sistema industrializado tipo mecánico, pero también la cantidad de usos que se le pueda dar será muy superior para estos últimos.

- Moldaje de madera: fabricado en obra.
- Moldaje de madera con placas de terciado: fabricado en obra.
- Moldajes mixtos: perfiles de acero o aluminio, con placa de terciado
 - Symons : estructura de acero – carbono, madera contrachapada (muros). Peso = 11 Kg/m².
 - SGB: estructura de acero, con madeta contrachapada
 - RMD: estructura de aluminio, placa de terciado (muros y losas)
- Moldajes metálicos: Efcó. Estructura metálica forrada en una plancha de 2 mm de espesor (muros y losas). Peso= 22 Kg/m²
- Moldajes deslizantes.

5.3.2 Colocación y rendimientos.

Tal como se explicó anteriormente, la colocación de un moldaje podrá ser manual, o bien requerir el uso de grúa. En este último caso, se deberá estudiar cuidadosamente el proyecto, pues puede darse que el moldaje tipo túnel ocupe durante gran parte del tiempo la grúa para los trabajos de instalación y descimbre, en cuyo caso se deberá disponer de una segunda grúa u otro medio de transporte vertical para las otras actividades.

Algunos rendimientos a tener en cuenta para los distintos tipos de moldaje son los siguientes:

- Colocación en muros con moldaje no industrializado: menor a 8 m²/HD.
- Colocación en muros con moldaje industrializado: 20 a 32 m²/HD.
- Colocación en losas con moldaje no industrializado: 10m²/HD
- Colocación en losas con paneles: 13 a 18 m²/HD.

Los sistemas de unión entre tableros podrán ser mediante clavos, cuñas, pernos, pasadores, trabas, etc.

Para asegurar que el ancho del muro a hormigonar sea de acuerdo a lo proyectado, se emplearán polines de estuco o tais, según sea el sistema, los que se instalarán entre la armadura. Es indispensable el uso de separadores (plásticos, de mortero, piedras) para asegurar el recubrimiento del hormigón.

Otros elementos necesarios para la colocación del moldaje son:

- Alzaprimas (metálicas, madera), para nivelar, sostener y fijar moldaje de losas.
- Puntales o escuadras (metálicas, madera), para aplomar moldaje de muros.
- Longuerinas (metálicas, madera), para alinear moldaje de muros.
-

La faena de descimbre consiste en retirar el moldaje del elemento hormigonado transcurrido un tiempo. Esta faena se facilita colocando desmoldante a los moldajes, previo a su colocación

5.3.3 Costos.

El moldaje podrá fabricarse en obra, en cuyo caso lo más probable es que termine su vida útil en la misma, o bien, se podrá adquirir o arrendar.

Considerando que por lo general es conveniente desarrollar una obra en secciones, se recomienda seguir las siguientes pautas para no atrasar el avance de la obra:

- Moldaje para losa: considerar una planta completa.
- Moldaje para muros: considerar entre $1/3$ a $1/2$ de la planta.

Algunos valores actuales a tener presente para evaluar y adoptar la decisión más conveniente son:

- Pulgada de pino: 1.150 \$/pulg.
- Placa de terciado: 3.160 \$/m²
- Placa de terciado bomafilm: 6.050 \$/m²
- Valor promedio de adquisición de moldaje tipo Symons, SGB, para muros: 140 U\$/m².
- Valor promedio de adquisición de moldaje tipo RMD, para losa: 100 U\$/m².
- Valor de arriendo de moldaje tipo Symons, SGB, RMD, para muros : 0,30 UF/m²/mes.
- Valor de arriendo de moldaje tipo RMD, para losas: 0,20 UF/m²/mes.
- Desmoldante: 60.000 \$/tambor 208lt