

# APUNTES

## SOBRE LA CONSTRUCCION DE MOLDES

### PARA OBRAS DE CONCRETO ARMADO

---

(Anexo a la nota número 66, de 10 de Febrero de 1908, de la Legacion de Chile en Francia al Ministerio de Instruccion Pública de Chile)

---

Los accidentes en edificios de concreto armado pueden ser debidos a las causas siguientes:

1) Proyecto defectuoso; principalmente por el descuido en detalles importantes relativos a la colocacion de la armadura metálica i por la adopcion de un factor de seguridad demasiado bajo.

2) Empleo de materiales inadecuados o malos, por ejemplo, cemento de mala calidad, o arena demasiado fina o que tiene un exceso de impurezas.

3) Construccion defectuosa. ya sea por errores en la proporcion de los componentes del concreto, en la operacion de mezclarlos, en la colocacion del concreto, o por el descimbramiento o retiro anticipado de los moldes.

4) Moldes débiles.

El descuido de uno sólo de estos puntos puede ser de las mayores consecuencias. Pero hai casos como un edificio que se derrumbó en California causando la muerte de varios obreros, en que el proyecto, los materiales i la construccion eran todos tan malos que ha sido imposible decir cual de estos factores fué la causa inmediata de la catástrofe.

En la mayoría de las construcciones de concreto armado que se han derrumbado ántes de estar concluidas (i esta circunstancia es característica de todos estos accidentes) se ha querido atribuir el fracaso al retiro anticipado de los moldes i a su debilidad. Hai casos en que esto ha sido la verdadera causa, pero miéntras se permita que personas ignorantes hasta de los principios elementales de la resistencia de materiales proyecten obras de concreto armado i miéntras se acepte que contratistas inescrupulosos las cons-

truyan, no hai que estrañarse de que sobrevengan accidentes: son los hombres, i no los materiales o los moldes, los verdaderos culpables.

Frecuentes son los derrumbes i desplomes de casas de piedra, en Paris, por ejemplo, sin embargo, nadie dirá que la construccion en piedra no constituye un buen sistema, i todos aceptarán desde luego que la responsabilidad recae en el profesional que no supo proyectar bien su edificio, o en el contratista que lo ejecutó mal. Pero apénas ocurre un accidente en una obra de concreto armado, no dejará de aparecer en la prensa alguna opinion defendiendo al contratista o al ingeniero, para echar la culpa al concreto armado, al material, a los moldes, defensa por cierto fácil, desde que se trata de un sistema nuevo de construccion sobre el cual el público tiene sólo ideas vagas i muchas veces erróneas.

En el siguiente estudio me propongo esponer algunas observaciones que pueden ser de utilidad para la construccion de moldes en obras de concreto armado i para determinar la verdadera causa de un fracaso en esta clase de trabajo.

Los moldes para concreto armado son jeneralmente de madera. Se han usado tambien moldes de palastro, de fundicion, de arcilla, de yeso, de concreto, etc.

Se tratará aquí sólo de moldes de madera, desde que el uso de los demas es rara vez económico. Sin embargo, por el interes que ha despertado en el mundo técnico, haré mención del proyecto de Edison, que consiste en construir moldes de fundicion para una casa entera i colocar en ellos concreto líquido (no se trata aquí de concreto armado, sino de simple concreto, pero la idea seria aplicable tambien al primero). Aunque los moldes son mui costosos, su empleo repetido hace que el precio del edificio se reduzca a una suma ínfima, la que no podria conseguirse con cualquier otro material o sistema. En caso que este ensayo tenga éxito, ello será de importancia capital para la construccion de habitaciones para obreros, etc.

#### MOLDES DE MADERA

*Clase de madera.* — La seleccion de la madera dependerá del carácter de la obra i del mercado local.

Madera demasiado seca no sirve porque se hincha en contacto con el agua del concreto. Madera mui verde tampoco es adecuada, por la dificultad de obtener buenas juntas entre los tablones. Debe elejirse, pues, un término medio.

Es evidente que en tiempo de grandes calores hai que evitar que se reseque la madera, mojándola de vez en cuando.

Si un mismo molde ha de emplearse muchas veces, resultará económico usar madera de buena calidad, particularmente el pino Oregon, cuyo uso se impone tambien para todo trabajo delicado. En los demas casos, el álamo dará un resultado satisfactorio.

*Forma i espesor de los tablones.* — Debe procurarse que queden juntas estanques entre los tablones. Las opiniones están bastante divididas sobre el empleo de tablones machihembrados, o con una arista chafanada o de tablones corrientes a escuadra.

Los tablones machihembrados no permiten desarmar fácilmente los moldes, son mas

caros que los demás i después de varios usos no calzan bien. Los tablonces con una arista chafiada permiten una buena expansión de la madera cuando ésta se hincha por el agua del concreto, pero son más difíciles de colocar i de mantener en la correcta posición. Parece que tablonces a escuadra, colocados en forma de dejar entre ellos un espacio de pocos milímetros i mojàndolos ántes de echar el concreto, no dan peor resultado que los de las formas indicadas. En caso de necesitarse juntas más estanques, pueden interponerse entre los tablonces tiras de papel o de tela.

La elección depende en mucho de la clase de madera, del clima i de la cantidad de agua en el concreto.

Los tablonces pueden ser acepillados o nó. Cuando se quiere colocar una capa de yeso sobre el concreto, más vale emplear tablonces tal como salen del aserradero, pues el concreto toma así una superficie más áspera que permite una mejor adherencia del yeso. Si se desea dejar aparente el concreto, el criterio que se seguirá depende de la cuestión económica: hai que ver si el aumento de costo por acepillar la madera se compensa con el ahorro que se tiene en no tener que alisar después la superficie del concreto.

Conviene que los montantes i durmientes tengan siempre un lado acepillado para conseguir así una buena alineación.

El espesor de los tablonces está sujeto a las dimensiones comerciales: 1 pulgada,  $1\frac{1}{2}$  o 2 pulgadas.

Cuanto más delgada sea la madera, tanto mayor tendrá que ser el número de montantes o de durmientes, a fin de asegurar la rigidez del molde. Debe tenerse presente que tablas delgadas pueden manejarse más fácilmente que las gruesas. La elección de la escuadría depende, aquí como en casi todas estas cuestiones, del menor costo que es función del precio de los materiales i de la obra de mano.

*Construcción de los moldes.*—Tres condiciones deben tomarse en consideración al proyectar los moldes: resistencia; sencillez i simetría. La primera condición es obvia; las dos siguientes son las causas principales de la reducción de gasto en el empleo de los moldes. Es necesario poder desarmarlos fácilmente i volver a usarlos en repetidas ocasiones.

Debe procurarse en lo posible poder emplear la madera en sus dimensiones comerciales, sin cortarla.

En un proyecto bien ideado se tratará de obtener el mayor número posible de piezas iguales. Con frecuencia será más económico aceptar un espesor mayor para el concreto de lo que pide el cálculo, en lugar de construir un molde especial para las dimensiones exactas que indica la resistencia de materiales.

Como los moldes no necesitan permanecer en su lugar el mismo tiempo para todas las partes de la construcción, conviene proyectarlos de modo que algunas partes puedan retirarse para usarlas nuevamente, mientras otras se dejan durante mayor tiempo.

Parece innecesario decir que los moldes deben quedar en el alineamiento del proyecto, ser perfectamente verticales u horizontales donde los planos así lo indican, i no desarmarse al colocar el concreto.

La construcción de los moldes es cuestión del carpintero; es bueno hacerle compren-

der que el molde no es una obra definitiva i que no es necesario derrochar los clavos: por el contrario, deberá usar el menor número posible.

Al retirar los moldes hai que evitar sacudimientos en la construccion, pues el concreto estará todavía relativamente fresco.

Para evitar la adherencia entre el concreto i la madera, suelen engrasarse o aceitarse los moldes, o bien se emplea jabon disuelto en agua. Tambien se ha usado papel, pero si no se procede con cuidado, el papel puede quedar adherido al concreto, i el remedio resultar peor que el mal.

Si se dejan los moldes hasta que el concreto esté bastante endurecido, i se ha tenido el cuidado de mojarlos bien ántes de colocar el concreto, éste rara vez adherirá a la madera i no hai necesidad de usar grasa ni aceite.

*Proyecto de los moldes.*—Miéntras hace algunos años atras se dejaba la construccion de los moldes enteramente al criterio del carpintero, hoi dia los contratistas de obras importantes acostumbran proyectar los moldes tal como si se tratara de cualquier otro trabajo permanente, pues en una faena grande, el ahorro que se obtiene estudiando bien los moldes, suele ser considerable.

Es claro que los moldes no deben deformarse bajo el peso o por la presion del concreto. La presion determina el espesor de la madera en el caso de muros, tabiques i pilares cuando se emplea un concreto líquido, como es de regla en Estados Unidos.

Es mas racional proyectar los moldes para suelos segun la deformacion máxima admisible, que segun la carga de seguridad que puede soportar la madera.

En un cálculo deberá considerarse como sobrecarga el peso del concreto mas otra carga debida a la circulacion de operarios sobre el concreto miéntras está fraguando, o por el depósito de moldes i materiales sobre el suelo (lo que en realidad debe evitarse en lo posible).

Como deflección máxima de los tablonces se puede admitir 3 a 4 mm.—La flecha es dada por la fórmula

$$f = \frac{3}{384} \frac{Pl}{EI}$$

en que  $I = \frac{bh^3}{12}$

i tomando para el coeficiente numérico un promedio aproximado entre  $\frac{5}{384}$  i  $\frac{1}{384}$ , coeficientes que corresponden al caso de una pieza libremente apoyada i de una empotrada en sus dos extremos, respectivamente.

Con la fórmula indicada es fácil calcular  $h$ , el espesor de la madera, desde que  $b$  puede tomarse igual a la unidad.

Al proyectar puntales i tornapuntas pueden admitirse cargas algo mayores que las que resultan de la aplicacion de la fórmula de resistencia para una pieza cargada de punta en condiciones ordinarias, pues la solicitacion de aquellas piezas es sólo temporal esto equivale a decir que puede reducirse en algo el factor de seguridad.

En realidad en este asunto, como en tantos otros de nuestra profesion, la práctica puede sustituir el cálculo, pero es conveniente no confundir «práctica» con «rutina». Los norteamericanos son sin duda hombres «prácticos», pero ellos no desdennan la teoría cuando aporta utilidad.

*Tiempo que deben permanecer colocados los moldes.*—Es preferible no tratar de dar reglas jenerales al respecto, desde que ello depende del carácter de la construccion i del estado de la atmósfera, en cuanto a temperatura i humedad. Pero no está de mas recomendar mucha prudencia en esta materia. Será conveniente redactar especificaciones especiales para cada caso.

Las leyes de construccion en algunos países fijan períodos mínimos para el descimbramiento. Por ejemplo, el reglamento prusiano establece que los moldes para pilares i suelos i las partes laterales de los moldes para vigas no deben retirarse ántes de 8 días i no ántes de 3 semanas la parte inferior de los moldes para vigas i los puntales que la sostienen.

Para saber con mas precision cuándo puede hacerse sin peligro el descimbramiento, suele emplearse el método siguiente: Cada día se toman algunas muestras del concreto que se está usando i se colocan en pequeños moldes que se dejan en condiciones semejantes a las en que se encuentra el concreto en los moldes de la obra; es decir, si la construccion está espuesta a la lluvia o al sol, las muestras deben quedar en las mismas circunstancias. Efectuando despues ensayos de resistencia con estas muestras, se puede juzgar de la resistencia que ha adquirido el concreto en los moldes i de la oportunidad del descimbramiento. Pero no debe perderse de vista que este método da sólo una idea aproximada de la resistencia de la construccion, desde que las condiciones en que han permanecido las muestras i la obra rara vez son idénticas; ademas la fragua del concreto no procede en la misma forma en pequeñas muestras como en grandes masas; todavia la muestra que se ha tomado puede no ser una representacion fiel de la composicion del concreto que ha entrado en la construccion, etc.

De las observaciones apuntadas se desprende que la construccion racional de moldes para obras de concreto armado no es cuestion mui complicada; pero esto precisamente encierra un peligro, a saber: que no se le preste la debida atencion.

El costo de los moldes alcanza, en construccion corrientes, a mas o ménos un cuarto del costo total. Es esplicable por lo tanto el empeño que ponen los contratistas en reducir este ítem, i con un estudio esmerado de los detalles i con la práctica, puede obtenerse una economia lejitima; pero es obligacion del ingeniero impedir que se efectúe un ahorro sacrificando sanos principios de construccion.

CÁRLOS HOERNING D

Ingeniero Civil.

Paris, Enero de 1908.

