

**CIMBRA**

# CIMBRA

## DEFINICIÓN

Es un sistema integrado por formas de madera o metal y sus soportes, su función principal es la de contener al concreto hasta que éste haya alcanzado su fraguado final y consecuentemente la resistencia necesaria para autoportarse.

El costo de cimbra para una obra de concreto puede representar entre el 35 y 60% del costo total por concepto de concreto, por lo que el diseño y construcción de cimbras demanda buen juicio y una adecuada planeación que garanticen economía y seguridad.

Para reunir estos requisitos, una cimbra debe poseer entre otras cosas las siguientes prioridades:

- *Tener la geometría del concreto.*
- *No deformarse más allá de las tolerancias del concreto.*
- *No permitir la pérdida de lechada.*
- *Facilitar el llenado.*

El concreto protege al acero de refuerzo contra la corrosión. Al espesor de concreto que existe sobre el acero se le conoce como recubrimiento. El concreto es un buen aislante que protege al refuerzo de la pérdida de resistencia, debido a altas temperaturas como en el caso de un incendio.

Es labor del diseñador producir un elemento estructural económico. Necesitará estudiar la estructura bajo las cargas posibles, cargas que definan en dónde se presentan los esfuerzos de tensión, compresión y cortante, así como su cantidad o valor. Utilizará en su diseño concreto que soporte los esfuerzos de compresión y una pequeña cantidad de acero (relativamente costoso) para soportar los esfuerzos de tensión.

## CARACTERÍSTICAS DE LA CIMBRA:

1. *Resistente*
2. *Durable*
3. *Indeformable*
4. *Textura adecuada al acabado*
5. *Hermética*
6. *Fácil de armar*
7. *Fácil de descimbrar*
8. *Fácil de limpiar*
9. *Económica*

## CONFORMACIÓN

En términos generales una cimbra se integra fundamentalmente por 2 estructuras:

- *Cimbra de contacto*
- *Obra falsa*

La cimbra de contacto, como su nombre lo indica, se encuentra directamente en contacto con el concreto, su función primordial es la de contener y confinar al concreto de acuerdo con el diseño de la estructura. Se compone principalmente por paneles, tarimas, moldes prefabricados, etc.

La obra falsa es aquella constituida por elementos que trabajan estructuralmente soportando la cimbra de contacto; los elementos más comúnmente utilizados en la obra falsa son vigas madrinas, pies derechos, contravientos, puntales, etc.

## CIMBRADO

El término cimbrado se refiere a las operaciones que se realizan para la instalación de la cimbra.

- La cimbra se diseñará y construirá de acuerdo a planos y especificaciones.
- Las cimbras deberán instalarse en tal forma que proporcionen seguridad cuando se les someta a cargas previsibles, durante el proceso constructivo.
- Las cimbras serán limpiadas completamente de óxidos, virutas, aserrín y otros antes de verter el concreto. Para conseguir una limpieza óptima, se recomienda el uso del aire comprimido o de agua a presión.
- La cimbra será construida de manera que las vigas, losas, columnas y otros miembros queden de su dimensión correcta, perfectamente alineada y a la elevación indicada por los planos aplicables.
- Cuando el colado lo requiera; ya sea por congestionamiento de acero y/o elementos ahogados, así como problemas de colocación, se construirán a juicio de los ingenieros, ventanas en la cimbra para facilitar con ellas el vaciado y vibrado.
- Las cimbras deberán ser estancas y también calafateadas por fuera para evitar la pérdida de mortero. Cuando permanezcan expuestas al intemperismo por retrasos prolongados, se tendrá cuidado de que no sufran deformaciones que pidieran afectar a la estructura y a los componentes que en ella intervienen.
- Las caras interiores de la cimbra serán uniformes y lisas.
- Se deberán colocar entarimados o pasillos, debidamente apoyados de manera que se evite mover el armado, cimbra o cualquier elemento ahogado dentro del concreto. Estos entarimados servirán para permitir el paso del personal y equipo

que estén transportando el concreto o intervengan en las maniobras de colado, vibrado y terminado del mismo.

- Se deberá suministrar un panalón (canalón de conducción) si es que la altura de caída desde la parte inferior del canalón es mayor de 1.5 m, evitando así con éste, la inadecuada caída y consecuente segregación del concreto.
- Nunca deberá caer el concreto directamente sobre elementos ahogados, emparrillados cerrados, o cualquier objeto que propicie dicha segregación.

## **TIPOS DE MADERA**

### ***PANELES PARA CIMBRA***

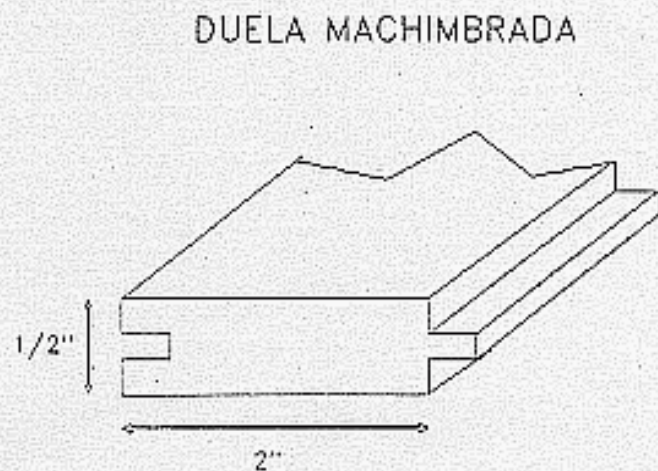
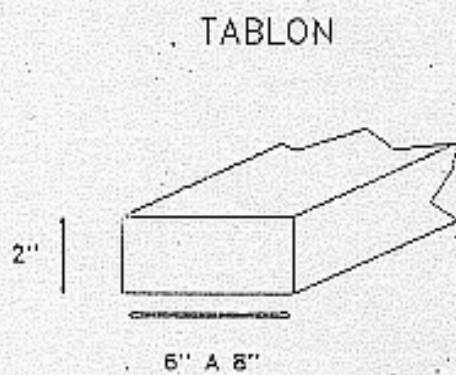
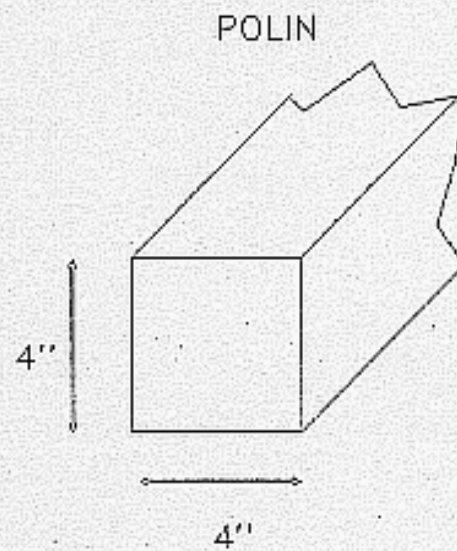
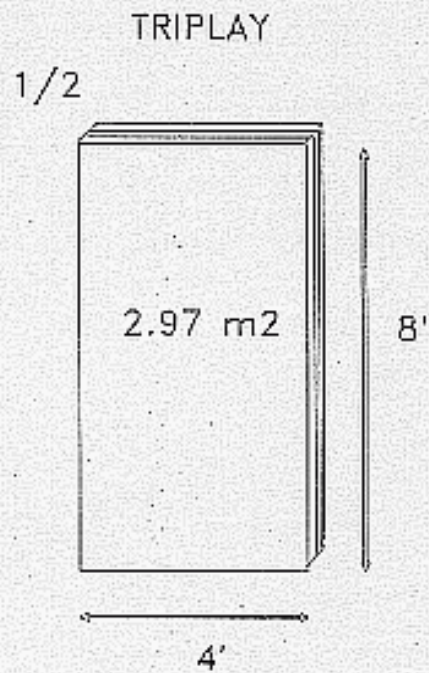
Los paneles utilizados para revestimiento del concreto son modulares y pueden estar forrados con acero o con triplay. Las hojas de triplay suelen estar cubiertas con un laminado plástico que proporciona una superficie impermeable y uniforme al concreto. Estos paneles están diseñados para que se manejen manualmente entre diferentes aplicaciones, mientras que la unión con otros paneles adyacentes y con los largueros y madrinas que sean necesarios se realiza mediante diversos tipos de sujetadores, resultan un medio excelente para el cimbrado de superficies planas, mientras que existen algunos sistemas que soportan y confinan muros de sección curva.

Las líneas y marcas que resultan de las juntas de los paneles quedan impresas sobre la superficie de concreto, son visibles una vez que se retiran los paneles y por ello es importante que estas marcas se integren arquitectónicamente tanto como sea posible o bien se resanen en las áreas de los muros, columnas o losas ya coladas.

Una de las ventajas de los paneles patentados es que pueden utilizarse individualmente como elementos de manejo manual o combinados con largueros o madrinas manejados con grúa entre uno y otro uso para obtener grandes áreas de revestimientos.

Para obtener el mayor número de usos de los paneles para cimbra, se debe tener cuidado de limpiar las superficies y de aplicar el agente desmoldante adecuado antes de volver a usarlos.

## TIPOS DE MADERA



## ***POLIN***

El polín es un tipo específico de manera que generalmente se corta de 4" x 4" por la longitud que se desee y se utiliza como puntal cargador (apoyo) para la cimbra de contacto.

Un segundo uso es, por ejemplo, en las losas como sustitución a las vigas madrinas.

## ***TABLA O DUELA***

Será de diferentes medidas que van de 1" a 2" de espesor y de 2" a 8" de ancho por la longitud deseada. Este tipo de madera sirve principalmente como cimbra de contacto.

## ***TABLONES***

Con dimensiones de 2" de espesor por 6" a 10" de ancho por la longitud deseada, sirve principalmente como tendido o para cimbra de elementos especiales.

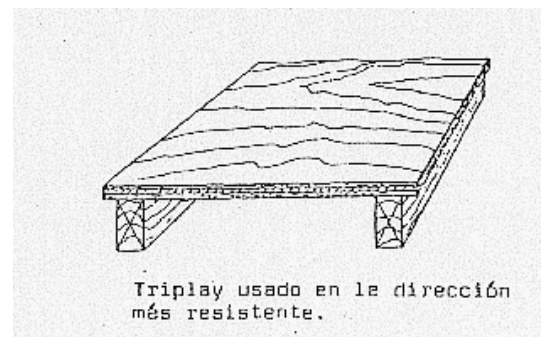
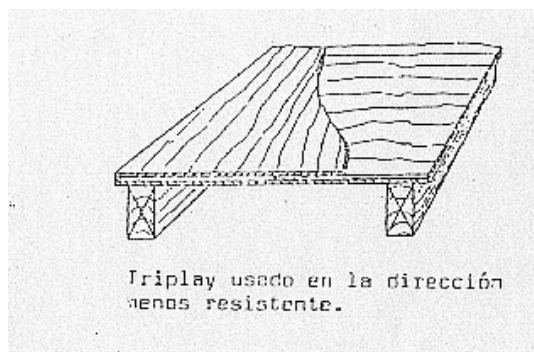
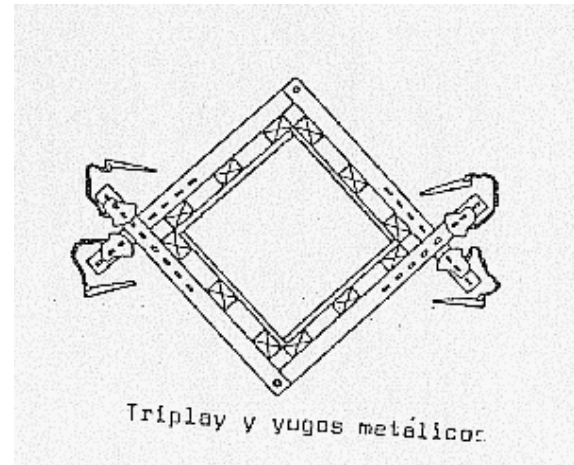
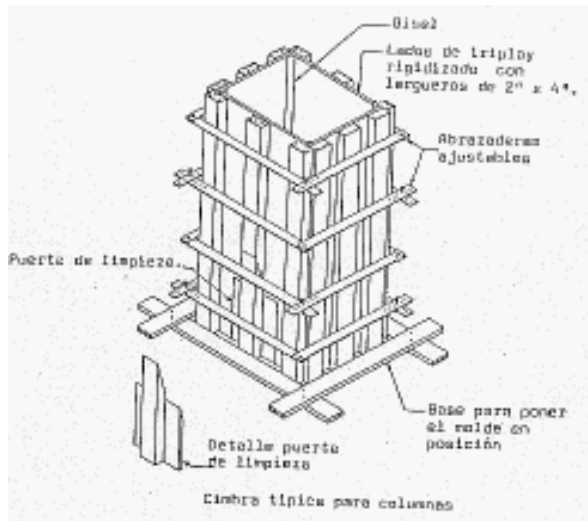
## ***TRIPLAY***

La madera contrachapeada (triplay) en su forma más simple consiste en 3 capas pegadas entre sí, en tal forma que las fibras de la capa intermedia quedan perpendiculares a las fibras de las capas exteriores.

Las ventajas de colocar las capas adyacentes con sus fibras perpendiculares entre sí son importantes cuando consideramos que la madera tiene su mayor resistencia en el sentido de las fibras. Una tabla de madera contrachapeada tiende a igualar las resistencias en ambas direcciones, y ofrece gran resistencia contra rajaduras que pudieran provocarse por clavos, tornillos u otros elementos de unión.

El triplay proporciona muchas ventajas al diseñador de cimbras. Los tamaños estándar de las hojas: 4' x 8' (1.22 x 2.44 m) y su espesor comercial que va de 1/8" a 3/4" reducen las juntas en las superficies de recubrimiento, es por esto que al triplay se le asigna como principal uso el de cimbra de contacto.

Por otro lado, el constructor deberá planear aunque sea con simples diagramas la ubicación de las hojas del cimbrado en la obra. Se buscará impedir el corte indiscriminado y el consecuente desperdicio del material para que después de haber utilizado el triplay varias veces para cimbras de concreto aparente, se pueda usar para cimbra de acabado común y finalmente para hacer tarimas y cimbras perdidas.



## **DUELA MACHIMBRADA**

Inicia hace pocos años el novedoso mercado de cimbra patentada que incluye secciones de módulos interconectados que permiten el cimbrado de diferentes diámetros en secciones circulares (columnas) con la simple adición de una nueva duela o sección.

La duela machimbrada hecha de un tipo de madera especial, se une entre sí con otra duela por una muesca. La unión se realiza entre la lengüeta (macho) y la ranura de ajuste (hembra) a manera de ir armando el total del elemento, sus dimensiones son: 1" espesor por 2" a 4" de ancho. Se utiliza principalmente para el colado de elementos curvos o cascarones de concreto.

Además de las duelas machimbradas los elementos circulares (columnas) en la práctica son resueltos mediante:

- Cimbras hechas de triplay ranurado
- Tubos o láminas delgadas de acero (cimbra metálica)
- Hojas de asbesto
- Conglomerados desechables de cartón con espesores variables

## **VIGA**

Sus dimensiones son de 4" x 6" x la longitud deseada y se utiliza principalmente como viga madrina para transmitir cargas en las losas. Para la comodidad del armado, las vigas con frecuencia se colocan sobre las armaduras, o se conectan a ellas, de manera que uno de los ejes principales de la misma sea paralelo a la inclinación de la losa. Con esta disposición resulta que la carga vertical transmitida nunca será paralela a alguno de los ejes principales de la viga.

## **CHAFLAN**

El uso de diversos chaflanes y molduras en la superficie de contacto de la cimbra garantizan que el componente que integra el cimbrado pueda quitarse con facilidad.

El chaflán tiene como medidas de  $\frac{1}{4}$ " a  $1\frac{1}{2}$ " por la longitud deseada, con éste se evita cualquier infiltración de lechada mediante su unión hermética con los tableros, se utiliza para remete de artistas vivas formando esquinas redondeadas con tiras maquinadas.

En ocasiones las tiras que se superponen para formar chaflanes permiten la infiltración de la lechada por detrás de las esquinas mal ajustadas, formándose salientes que después deberán resanarse.

## **CIMBRAS DE ALUMINIO**

Ultimamente se han desarrollado cimbras de aluminio que consisten en obra falsa a base de secciones de aluminio, cargadores y tornillos de ajuste también de aluminio, que traen como principal ventaja su ligereza, facilidad y flexibilidad de transporte traduciéndose todos estos en rapidez y ahorro. La reducción en el costo de mano de obra es muy significativa al armar y atornillar las secciones para colocar sobre la estructura levantada nuestra cimbra de contacto.

Como desventaja de la cimbra de aluminio está su alto costo de adquisición que al compararse en precio contra la cimbra metálica resulta todavía un 35% mayor.

## **CIMBRAS METALICAS**

Se tienen algunos tableros a base de una combinación de madera como superficie de contacto y un bastidor metálico.

Una gran ventaja de las cimbras y moldes de acero es que la cara de contacto se protege y se refuerza con elementos metálicos de gran resistencia inerte, sobretodo cuando los miembros están soldados y constituyen parte integral de la cimbra. Las cargas aplicadas sobre este tipo de cimbras por tanto pueden ser mucho mayores.



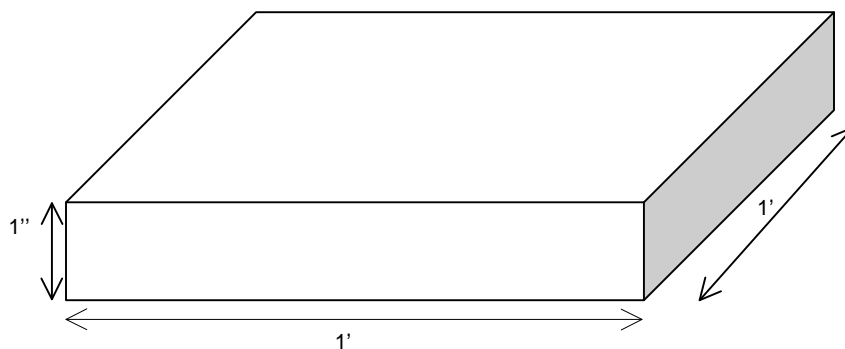
Los mismos ribetes metálicos que confinan a la madera de contacto, a la vez impiden o restringen el uso del serrucho de los carpinteros u operarios.

Las cimbras totalmente metálicas sirven para un gran número de usos pero tienen como desventaja su dificultad para la maniobra debido tanto a su peso, como a su alto costo de adquisición.

## CUANTIFICACIÓN

La madera debería cuantificarse en el Sistema Métrico Decimal por m<sup>3</sup>; más la práctica es hacerlo en “Pié Tablón”, definiendo como Pié Tablón la cantidad de madera que integra un elemento de:

1' (ancho) x 1' (largo) x 1" (espesor); por lo tanto, un Pie Tablón debe ser igual al volumen contenido en una pieza de madera de estas dimensiones



De manera práctica se proponen las siguientes fórmulas para cuantificar el Pie Tablón:

$$a) \quad \frac{a'' \times b'' \times c''}{12} = P.T.$$

$$b) \quad \frac{a'' \times b'' \times c(m)}{3.657} = P.T.$$

$a''$  - dimensión mínima de la pieza en pulgadas

$b''$  - dimensión media de la pieza en pulgadas

$c$  - dimensión máxima de la pieza en pies o metros

Para facilitar la cuantificación de madera en cimbras, se propone el uso de “Factores”, que son los siguientes:

### **Factor de Contacto “F.C.”**

Es el cociente expresado en forma de quebrado de la unidad a la cual queremos referir el estudio (m<sup>2</sup> en nuestro caso) entre el área de contacto real (en la misma unidad) de la porción del elemento analizado

$$\frac{\text{Área total cimbrada}}{\text{Área de contacto real}}$$

### **Factor de Desperdicio “F.D.”**

Es el porcentaje expresado en forma decimal de la cantidad total de madera rota o perdida en la elaboración durante los diferentes usos de una cimbra.

$$\text{Merma o pérdida} = a \text{ “X” \% del total de la madera}$$

### **Factor de Usos “F.U.”**

Es el cociente expresado en forma de quebrado del uso unitario de un elemento de cimbra entre el número de usos propuesto.

$$1/\# \text{ de usos}$$

## **ACABADO DE LAS SUPERFICIES DE CONCRETO**

### **1.- No aparentes**

Son aquellos en que se deberá cumplir sus condiciones de niveles, plomos y apuntalamientos. La superficie que queda expuesta será la misma que deja la madera pues en algunos casos se pondrá un acabado final a la superficie de concreto (cimbras comunes).

### **2.- Cimbras aparentes**

Las cimbras aparentes, además de cumplir con los requisitos anteriores, su superficie debe cumplir como acabado arquitectónico; esto se logra de la siguiente forma:

- a) Dando poco uso de la madera.
- b) Tratando la madera a base de un barniz epóxico, fibra de vidrio o ribetes metálicos.

Para obtener un perfecto acabado de las piezas coladas con madera, pueden seguirse varios procedimientos según el efecto final deseado. El más indicado es el de terminar las piezas de contacto cepillándolas y puliéndolas perfectamente. A veces se acostumbra mejorarlo empleando otros materiales como triplay, fibracel, lámina metálica y otros, que darán al concreto una superficie completamente lisa desvirtuando por otra parte la calidad y la textura propia del material. Es imprescindible el uso de vibradores para poder obtener un trabajo perfecto en lo que a apariencia respecta.

### **3.- Cimbras Especiales**

Pueden quedar comprendidas dentro de este grupo, aquellas cimbras o moldes que se ejecutan para colar formas diferentes a las normales con ángulos o esquinas cerradas o de formas detalladas como arcos de bóvedas y superficies curvas con diversas características. Para muchas de ellas el trabajo de moldeado es probablemente más importante que el de colado y el proyecto de las mismas debe hacerse estudiando perfectamente todos los detalles.

En general son de costo elevado pues se requiere de verdaderos carpinteros especializados en estos trabajos y el número de horas para su ejecución es muy grande en comparación con el tipo de cimbrado normal.

### **4.- Cimbras Rodantes**

Cuando tiene que efectuarse en una obra el colado de una serie de elementos iguales, tanto en sección como en longitud, se utilizan comúnmente las cimbras de tipo rodante.

La cimbra rodante es muy útil en la ejecución de una serie de trabajos durante la construcción de obras entre ejes iguales, túneles u otros casos especiales en los que amerite el estudio, proyecto y ejecución de este tipo de cimbras. En todos ellos en lugar de cimbrar toda la superficie por cubrir, se construye el modelo de una sección solamente, la cual es montada sobre camiones o estructuras horizontales formadas generalmente por vigas o polines que quedan apoyadas en tubos o ruedas, permitiendo así deslizar la cimbra y colocarla en el claro siguiente. Siguiendo este sistema se utiliza un juego de cuñas o cualquier otro dispositivo similar, con objeto de colocar el molde en su posición definitiva antes de efectuar el colado, una vez hecho éste se retiran, permitiendo entonces que la cimbra baje y desprendiéndola de la superficie interior es pasada al claro siguiente para continuar.

En algunos casos el descenso de la cimbra debe ser de cierta consideración para poder librar (al correr la estructura o andamio) las trabes o elementos que hayan quedado por la parte inferior. Estas estructuras se construyen en la forma más estable posible haciendo las uniones por medio de tuercas tornillos, contraventaneándolas convenientemente y colocando en su parte inferior un entarimado de vigas o arrastres, con objeto de evitar los hundimientos y facilitar el

movimiento deslizante. También se utilizan frecuentemente en la ejecución de colados de gran claro y altura, en los cuales se utilizaría una enorme cantidad de madera para construir la infraestructura en su totalidad; y desde luego este sistema se usa cuando todos los tramos son iguales, o con pequeñas variaciones de unos con respecto de otros. En el caso de la construcción de arcos de concreto en iglesias, hangares, bodegas, teatros, auditorios, etc.

### **5.- Cimbras Deslizantes**

Su mayor uso es como cimbra en la construcción de silos o chimeneas para lo cual se habilita un juego completo de cimbra de aproximadamente 1.5 m de altura por todo el perímetro de la estructura y se efectúa un colado continuo sosteniendo y elevando la cimbra por medio de gatos de tornillo. Los gatos a su vez, se apoyan sobre barras de acero empotradas en la cimentación quedando unidos a la cimbra por medio de puentes. Estas cimbras adoptan una sección triangular truncada, siendo más anchas en su parte inferior, con objeto de evitar que se peguen al colado.

Es importante que cuando se efectúa el colado de un silo o chimenea con este sistema, se tenga habilitado todo el material que se utilizará en la obra, con objeto de no interrumpir el colado del elemento que una vez iniciado debe ser continuo, ya que en caso de suspenderlo, la cimbra se pegaría en su parte inferior.

De esta manera la cimbra va elevándose unos 60 cm por hora y la colocación del fierro de refuerzo y el concreto no deberá interrumpirse hasta haber terminado la realización total del colado. Hay que cuidar la nivelación del molde durante su movimiento para tener una perfecta verticalidad y evitar que la cimbra en un momento dado pueda pegarse por fricción.

### **RENDIMIENTOS**

Se entiende por rendimiento en la cimbra, la cantidad de m<sup>2</sup> que nos realiza una pareja de trabajadores en una jornada diaria de trabajo.

Una pareja está compuesta por 1 oficial carpintero + 1 ayudante.

Cimbra de Cimentación	de 10 a 12 m <sup>2</sup> por turno
Cimbra en Columnas	de 6 a 8 m <sup>2</sup> por turno
Cimbra en Losas Planas	de 12 a 15 m <sup>2</sup> por turno
Cimbra en Losas con Trabes	de 10 a 12 m <sup>2</sup> por turno
Cimbra en Muros	de 8 a 10 m <sup>2</sup> por turno
Muros Aparentes	de 6 a 8 m <sup>2</sup> por turno

**Ejemplo:**

Oficial: \$24,168.ºº

Ayudante: \$15,456.ºº

\$39,624.ºº por pareja

En losas planas:  $\frac{\$39,624}{12} = \$3,302$  / m2 de cimbra por concepto de mano de obra

**OBRA FALSA Y ACCESORIOS**

La obra falsa (como se mencionó anteriormente) es aquella que sirve de apoyo para la cimbra de contacto, es decir, es la que soporta a la cimbra de contacto para que ésta no se mueva ni produzca variaciones en el acabado del concreto.

***Pie derecho de acero ajustable***

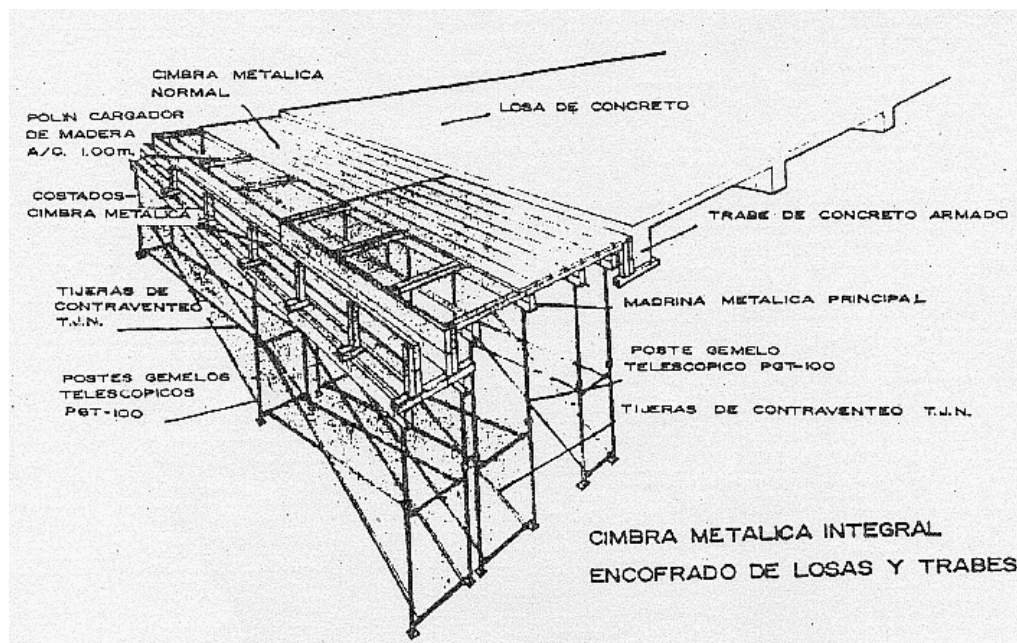
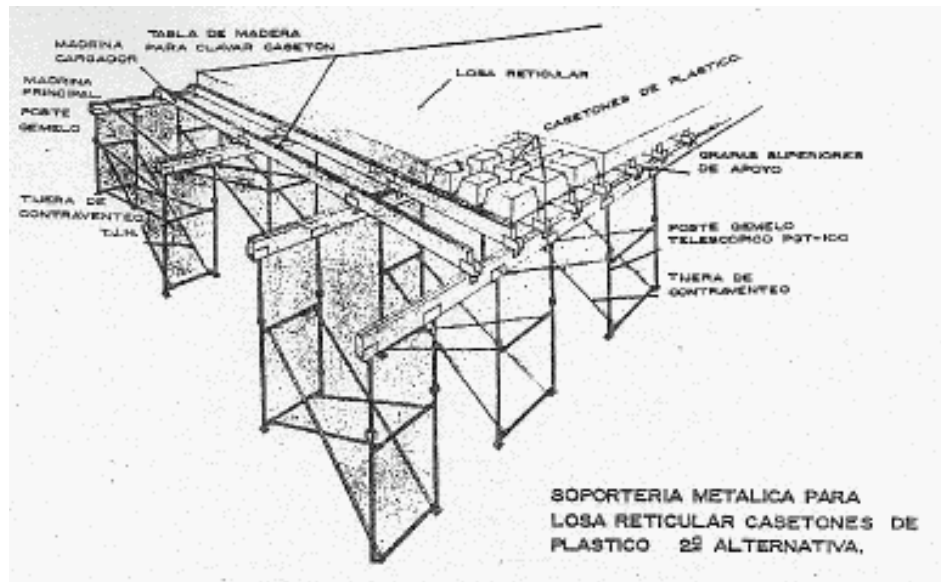
Quizá sea el elemento más versátil que se puede conseguir con el proveedor de equipo patentado, puede usarse para sostener y contraventear la cimbra de distintas manera. Los pies derechos deben siempre fijarse con clavos en su sitio, lo cual impide que se inclinen hacia los lados cuando se lleva a cabo un colado progresivo, o cuando los apoyos tienden a levantarse en un claro a medida que se deflexionan en el claro anterior bajo la carga.

***Puntales***

La sección de puntales es tarea sencilla para el Diseñador o para el Ingeniero de Planeación, ya que la información al respecto se ha condensado en una gráfica que establece las cargas admisibles para los distintos puntales a diferentes alturas.

Originalmente, el puntal fue desarrollado a partir de la práctica y del uso de postes de madera cortos y cuadrados. Las grapas y los tornillos se introdujeron con objeto de permitir el empalme de maderas de tamaños estándar para lograr variaciones de altura, superando así lo que hasta entonces había sido el problema de desperdicio debido a los cortes a diferentes alturas entre un uso y otro. Estos traslapes se volvieron después obsoletos gracias a la creación de tubos concéntricos especiales, deslizantes y ajustables.

Todos los sistemas de puntales requieren de contraventeo horizontal, en tanto que las áreas mayores deben ser contraventeadas diagonalmente. El contraventeo horizontal al centro o en la cabeza del puntal puede efectuarse usando acopladores normales de andamio.



### ***Abrazaderas para columnas***

Las abrazaderas (o yugos) para columnas son útiles para sujetar a las cimbras de las columnas. La configuración normal es la de un conjunto de barras individuales de acero en forma de "T", perforadas y enganchadas de manera que se ajusten a diversas medidas de columnas.

Las abrazaderas pueden obtenerse en juegos que permitan su utilización en columnas cuadradas hasta de 1.2 m de lado; su sencillez las convierte en elementos de incalculable valor en toda construcción.

## ***Flejes***

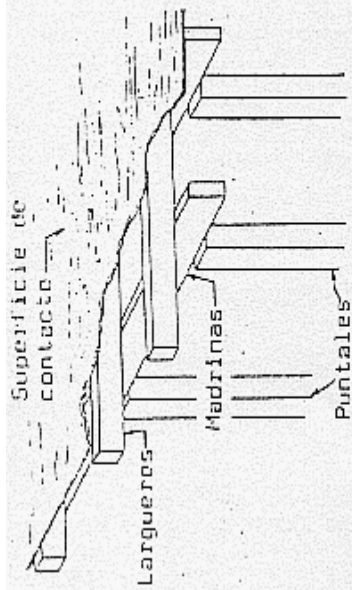
Los flejes patentados han tenido amplia utilización por parte de los contratistas. Los sistemas de flejes fueron desarrollados originalmente para embalaje (empaquetado de materiales o equipo para ser transportados), pero ahora también se usan para sujetar cimbras como en los colados de columnas y vigas.

Es necesario tener en cuenta una serie de factores cuando se compara el costo que implica el uso de un sistema de flejes con el de otros métodos más tradicionales de sujeción de cimbras.

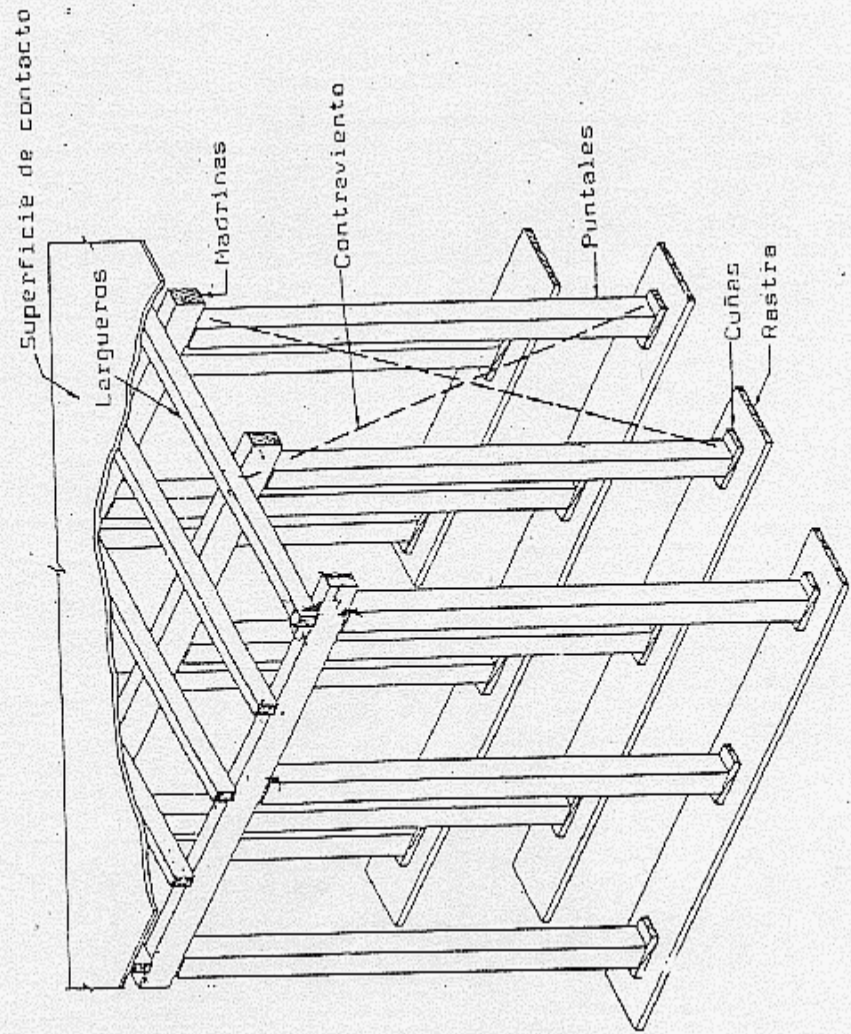
Los flejes eliminan la necesidad de almacenar y dar mantenimiento a elementos como son las abrazaderas para columnas que continuamente se deberán transportar del almacén a la obra. En caso de que este material sea alquilado, con frecuencia se retiene en la obra durante más tiempo del necesario, y en consecuencia se manejan doblemente, se pierde, o bien sufren daños durante el período de almacenaje.

Las abrazaderas para columnas; a diferencia de los flejes, son especialmente difíciles de usar y con frecuencia sus extremos saliente han causado accidentes de trabajo.

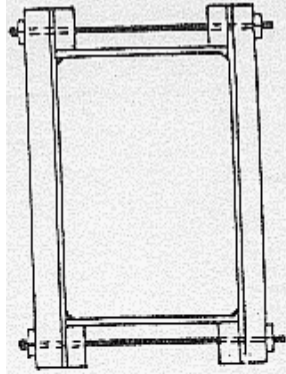




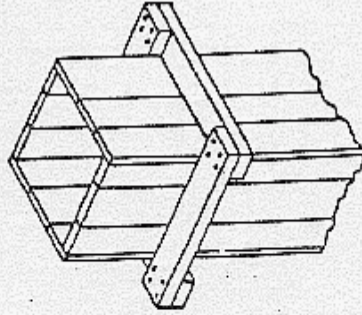
Cimbra típica de losa



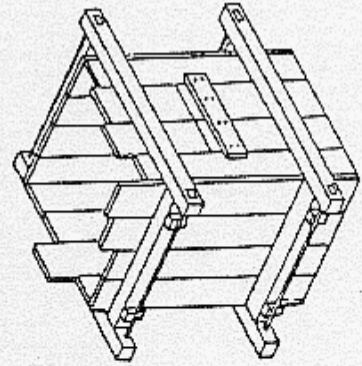
Componentes típicos para cimbra de losas.



Triplay con yugo combinado de madera y pernos



Cimbra de Columnas  
Duela de Madera con  
Yugos de madera



Duela de madera con  
yugos combinados de  
madera y pernos.

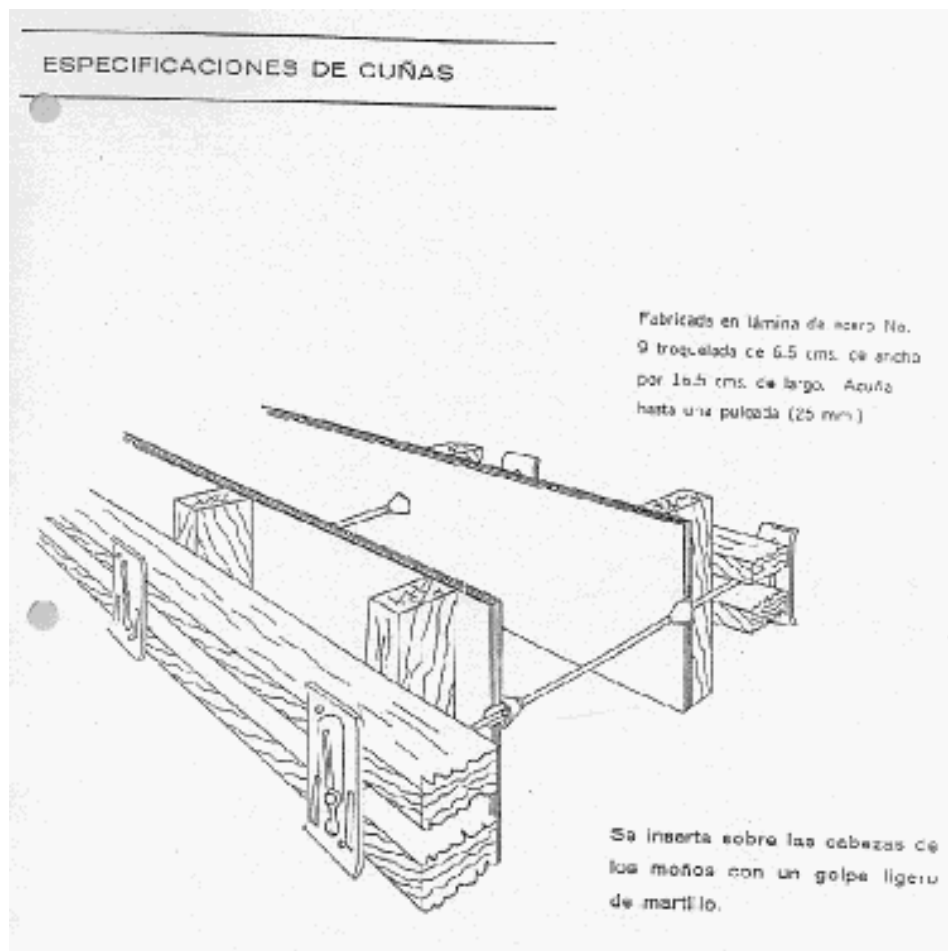


## Sujetadores

Existe una serie de elementos, grapas, abrazaderas y arreglos que pueden utilizarse para sujetar al concreto; muchos de ellos dependen del uso de trozos de refuerzo o bien las varillas con rosca y su correspondiente arandela plana con tuerca que proporciona un amarre excelente para muros, contratraveses y secciones delgadas. Las rosca cuadradas, roladas o similares, deben usarse de preferencia, ya que resultan económicas y de fácil instalación y mantenimiento.

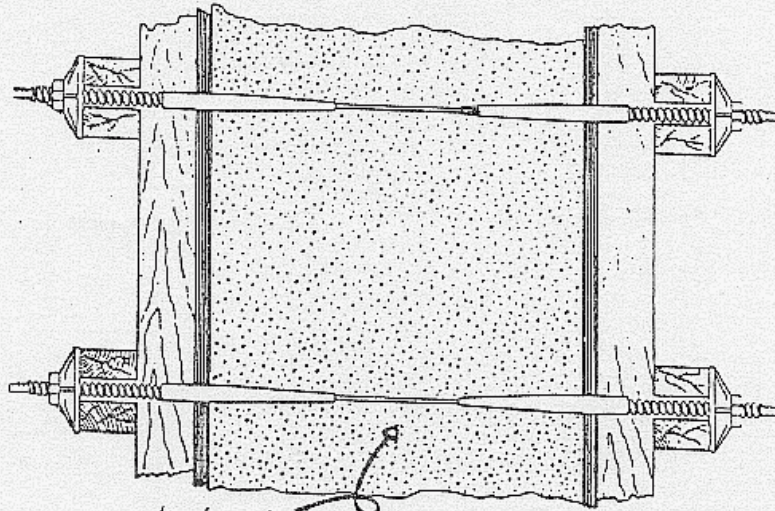
Probablemente el elemento más versátil para la sujeción de elementos delgados debido a la agilidad con que se confinan es el comúnmente llamado moño. Los moños con longitudes ya específicas para secciones convencionales, están diseñados para soportar tanto la presión hidrostática ejercida durante el vaciado del concreto hacia fuera de la cimbre en la parte inferior, como la fuerza de sentido contrario al tratar de cerrarse la puerta superior de la cimbra el elemento.

Después de la utilización de dichos moños o pernos hembra (truncónicos) se deberá resanar o taponear con mortero seco de cemento el orificio que resulta del cono de sujeción.



# SHE-BOLTS

TORNILLO HEMBRA



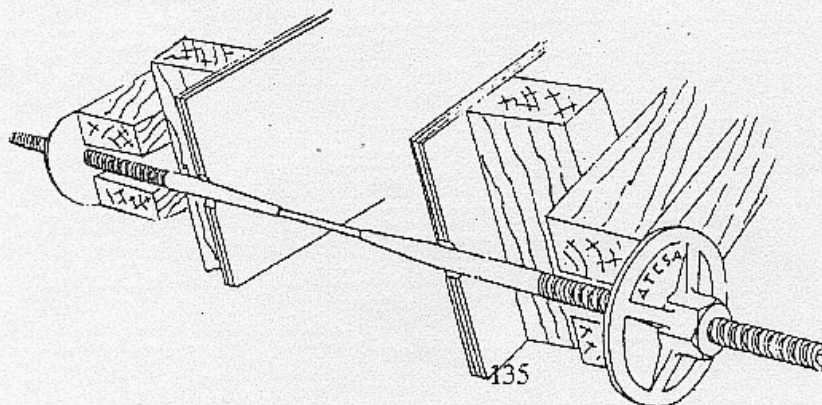
(espárrago).

Para cimbras pesadas en diámetros de:  
16 mm. (5/8"), 19 mm. (3/4"), 25 mm. (1")  
28.5 mm. (1 1/8"), 31.7 (1 1/4").

Para espárragos de: 3/8, 1/2" y 3/4" O).

**TUERCAS RONDANA**  
Integral fundida  
en hierro dúctil

**ROSCA ACME**  
autolimpiante  
5 hilos por pulgada



## **HERRAMIENTAS Y EQUIPO PARA EL MANEJO DE CIMBRAS**

Con el objeto de acelerar el habilitado de las cimbras, se utilizan diversas herramientas, tales como sierras de banco, sierras manuales, taladros eléctricos y martillos neumáticos, además de los tradicionales serruchos de mano y martillos de golpe.

Para movilizar grandes secciones de madera, obra falsa o las caras de las columnas, el equipo más adecuado es la grúa torre. Su costo en una obra se podrá prorratear en las actividades de elevación de concreto y colocación de acero de refuerzo.

## **REMOCIÓN DE CIMBRA**

Las cimbras que soportan cargas deberán permanecer en su lugar cuando menos el tiempo requerido para que el concreto soportado adquiera el 70% de su resistencia de diseño, siempre y cuando la estructura soportada no contenga cargas adicionales. Se descimbrarán los elementos que no soportan cargas a las 12 hrs de terminada la colocación del concreto.

Se descimbrarán los fondos de trabes y losas, cuando el concreto haya alcanzado 70% de su resistencia y después de 3 días de colado (resistencia normal). En esos casos se deberá tener cuidado de no quitar todos los tercios de los claros hasta que los cilindros de prueba adquieran el 100% de su resistencia.

Ninguna carga de construcción que exceda la combinación de la carga muerta impuesta + la carga viva especificada, deberá apoyarse en una zona de la estructura en construcción sin puntales, a menos que un análisis indique que existe la resistencia adecuada para soportar tales cargas adicionales.

## **VENTAJAS DE LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN**

- 1.- Se puede trabajar y cortar en diversas formas y tamaños con ayuda de simples herramientas manuales o de máquina-herramientas, fácilmente utilizables en el sitio de construcción
- 2.- Se puede unir con clavos, tornillos, pernos adhesivos o conectores especiales por medio de simples herramientas, produciendo uniones resistentes y durables.
- 3.- Aunque en un principio no lo parezca, ofrece gran estabilidad unidimensional. Longitudinalmente los cambios en contenido de humedad causan fluctuaciones dimensionales casi imperceptibles. En dirección transversal se puede minimizar utilizando madera secada a un conjunto de humedad en equilibrio del sitio donde se colocará.

Las expansiones y contracciones por cambio de temperatura se pueden ignorar en la mayoría de los casos, ya que son muy pequeñas.

4.- La madera puede llegar a tener una gran durabilidad bajo condiciones favorables, lo cual puede obtenerse en muchos casos usando métodos de diseño apropiados o especies con gran durabilidad natural o bien, con madera de menor calidad impregnada con insecticidas o fungicidas.

5.- Es muy resistente a la acción de sustancias químicas y no se corroe fácilmente.

6.- Aún cuando es un material combustible, si las piezas tienen secciones transversales considerables, éstas no pierden su capacidad de carga en un incendio aunque en el exterior mantengan flamas y el elemento se esté carbonizando.

7.- Cuando se hace una comparación basándose en pesos iguales, la madera tiene una excelente rigidez y resistencia a la flexión estática, ambas superiores a la de muchos otros materiales utilizados en la construcción

8.- La madera es buen aislante del sonido y del calor, así como de la electricidad.

## **DISEÑO DE CIMBRAS**

La cimbra para el concreto, incluyendo el diseño adecuado, la construcción y la remoción de la misma exige un criterio bien fundado y una acertada planeación, a fin de lograr cimbras adecuadas que sean tanto económicas como seguras.

Las cimbras deben diseñarse tomando muy en cuenta los esfuerzos por un lado y la resistencia de los materiales empleados en su construcción.

Los tanteos generalmente ocasionan cimbras mal diseñadas, subestimando o sobrestimando los esfuerzos, con el consecuente riesgo de falla o el excesivo costo por el sobrado uso de materiales. Una cimbra diseñada correctamente, eliminará ambas posibilidades de error.

## **DISEÑO DE UNA CIMBRA PARA LOSA**

Ejemplo 1. Se buscará diseñar una losa de 20 cm de espesor con concreto normal de (2,400 kg/m<sup>3</sup>). La cimbra se usará varias veces

Altura libre de piso a techo 2.40 m

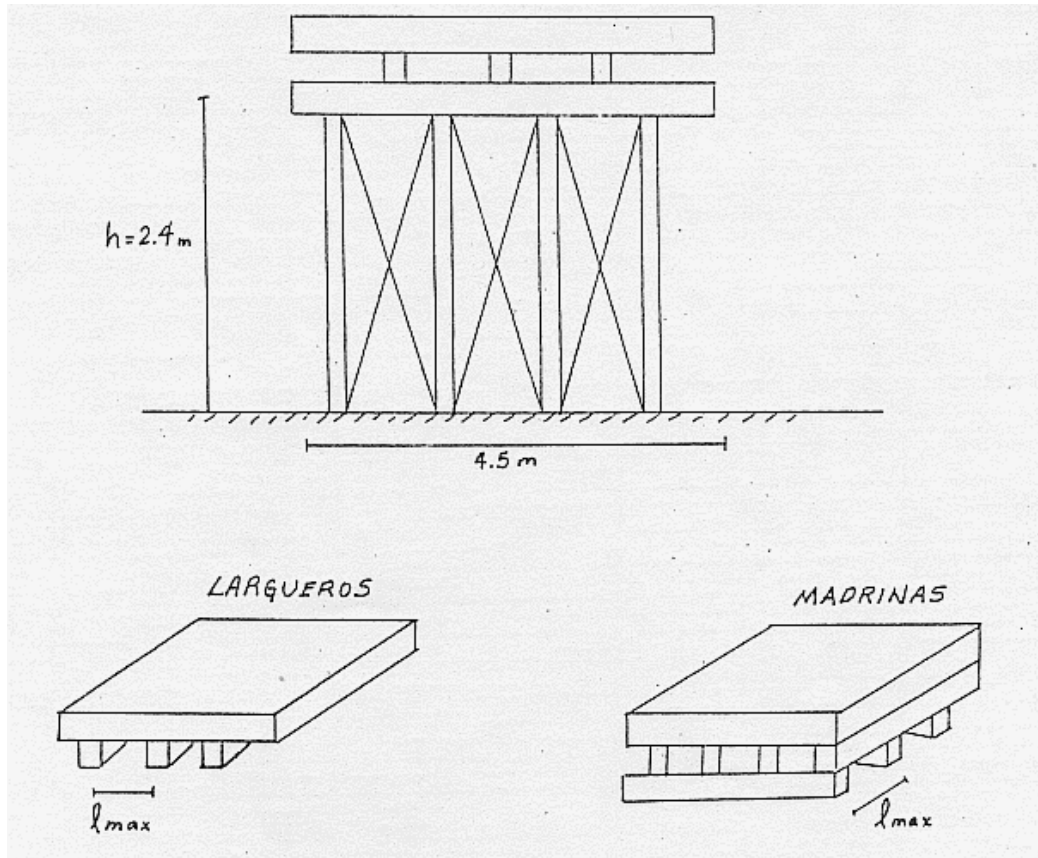
Tablero de losa de 4.50 x 4.50 m

a) Cargas de diseño:

Peso propio  $2,400 \times 0.20 = 480$

Carga viva \* 200  
680 kg/m<sup>2</sup>

\* La carga viva será de 100 kg/m<sup>2</sup> y consideraremos una posible carga concentrada adicional de 100 kg en el lugar más desfavorable.



### 1.- Cálculo de W

Datos:	Peso volumétrico del concreto	2,400 kg/m <sup>3</sup>
	Espesor de la losa	20 cm = 0.2m
	Altura	2.4 m
	Tablero losa	4.5 x 4.5 m
	Peso vivo	200 kg/m <sup>2</sup>

a) Peso de la Losa

$$2,400 \text{ kg/m}^2 \times 0.2 \text{ m} = 480 \text{ kg/m}^2$$

b) Peso Vivo 200 kg/m<sup>2</sup>

c) Carga 680 kg/m<sup>2</sup> W= 680 kg/m<sup>2</sup>

## 2.- Cálculo del Entarimado

Tablón de espesor = 1"

$$h = 1" = 25"/32" \approx 0.78125 \text{ m} \approx 7.8125 \text{ cm}$$

(Considerando un ancho unitario):

$$b = 1.0 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

a) Momento de Inercia

$$I = b \cdot h^3 / 12 = [100 \cdot (7.8125)^3] / 12 = 395.8 \text{ cm}^4$$

b) Módulo de sección

$$S = b \cdot h^2 / 6 = [100 \cdot (7.8125)^2] / 6 = 1014.6 \text{ cm}^3$$

## 3.- Cálculo de la L max (Distancia entre largueros)

a) Revisión por flexión

$$F_m = 196 \text{ kg/cm}^2 = 196 \cdot 0.4 = 78.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$L_{\text{max}} = 0.32 \sqrt{(F_m \cdot S) / W} = 0.32 \sqrt{78.4 \cdot 1014.6 / 680} = 0.89 \text{ m}$$

b) Revisión por flecha

$$E = 196,000 \text{ kg/cm}^2 = 78,400 \text{ kg/cm}^2$$

$$L_{\text{max}} = 0.033 \sqrt{(E \cdot I) / W} = 0.033 \sqrt{78,400 \cdot 395.8 / 680} = 0.65 \text{ m}$$

## 4.- Comparación de L max

Se comparan L max por flecha y L max por flexión y se considera al menor.

$$0.89 > 0.65$$

Por lo tanto los largueros se colocarán a L max = 0.65 m

## 5.- Número de Largueros

$$\text{No. de espacios} = 4.5 / 0.65 = 7$$

$$\text{No. de largueros} = \text{No. de espacios} + 1 = 8$$

## 6.- Dimensión de los Largueros

Suponiendo una pieza de 2" x 4"

## 7.- Cálculo de la Separación entre Madrinas

$$I = b \cdot h^3 / 12 = [5.08 \cdot (10.16)^3] / 12 = 443.98 \text{ cm}^4$$

$$S = b \cdot h^2 / 6 = [5.08 \cdot (10.16)^2] / 6 = 87.39 \text{ cm}^3$$

## 8.- Cálculo de L max (Distancia entre madrinas)

a) Revisión por flexión

*Factor de disminución por no ser cara de contacto*

$$W' = W \cdot 0.65 = 680 \cdot 0.65 = 442 \text{ kg/m}^2$$

$$L \text{ max} = 0.032 \sqrt{(f_m \cdot s) / W'} = 0.32 \sqrt{80 \cdot 87.39 / 442} = 1.27 \text{ m}$$

b) Revisión por flecha

$$L \text{ max} = 0.033 \sqrt[3]{(E \cdot I) / W'} = 0.033 \sqrt[3]{78,400 \cdot 443.98 / 442} = 1.41 \text{ m}$$

c) Revisión por corte

$$L \text{ max} = 23.33 (b \cdot h) / W = 23.33 \cdot 5.08 \cdot 10.16 / 442 = 2.72 \text{ m}$$

## 9.- Comparación de L max

Se compara las 3 L max disponibles y la menor es la que se considera.

$$1.27 > 1.41 > 2.72$$

Por lo tanto las madrinas se colocarán a L max = 1.27 m

## 10.- Número de Madrinas

$$\text{No. de espacios} = 4.5 / 1.27 = 3.5 = 4$$

$$\text{No de madrinas} = \text{No. de espacios} + 1 = 5$$

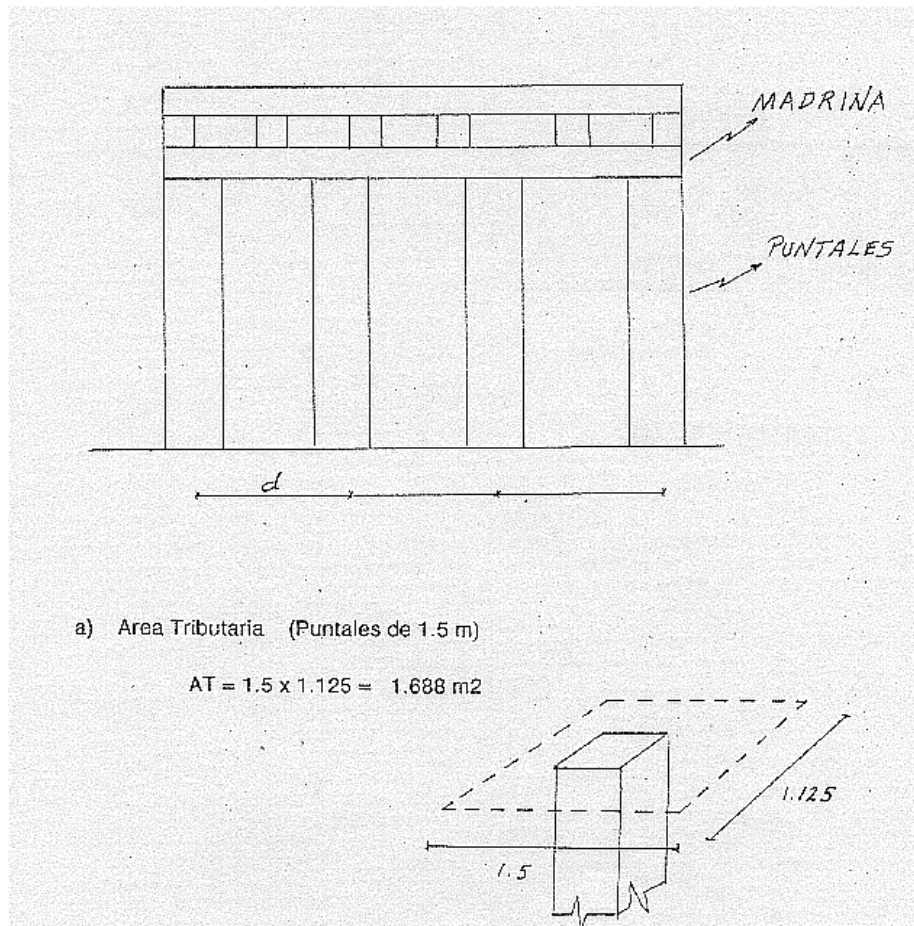
## 11.- Distancia entre Puntales

$$P = (A \cdot 0.3 \cdot E) / [l/d^2]$$

$$P = A \cdot C \quad C = P/A$$

$$C = (0.3 \cdot E) / [l/d^2]$$





Carga = 680 kg/m<sup>2</sup>

$$P = 1.688 \times 680 = 1,147.5 \text{ kg}$$

Esfuerzo admisible a compresión paralelo a la fibra:

$$f_c = 143.5 = 143.5 \times 0.4 = 57.4 \text{ kg/cm}^2$$

Suponiendo Puntales de 3" x 3"

$$d = 3" = 2 \frac{5}{8}" \text{ o } 6.67 \text{ cm}$$

$$A = (6.67)^2 = 44.46 \text{ cm}^2$$

$$E = 95,00 \quad \text{dato}$$

$$C = (0.3 \times E) / (l/d)^2$$

$$C = 0.3 (95,00) / (240 / 6.67)^2 = 27.83$$

$$P_{\text{adm}} = 27.83 \times 44.4 = 1,237 > 1,147 \text{ (Peso admisible)}$$



## 12.- Revisión de Esfuerzas de Compresión en los Apoyos

Apoyo de viga madrina en el puntal

$$\text{Area de apoyo} = 4.13 \times 6.67 = 27.55 \text{ cm}^2$$

$$\text{Esf. Admisible perp. A la fibra} = 54.20 \times 0.4 = 21.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$f = 1,147.50 / 27.55 = 41.65$$

$$41.65 > 21.68 \quad \text{no pasó y por lo tanto requiero más área}$$

$$\text{Area requerida} = 1,147.5 / 21.68 = 52 \text{ cm}^2$$

Se podrá usar una placa metálica de 2" x 5" (5.08 x 12.7 cm)

$$\text{Area} = 4.13 \times 12.7 = 52.45 \text{ cm}^2$$

Apoyo de larguero en viga madrina

$$\text{Area de apoyo} = 4.13 \times 4.13 = 17.06 \text{ cm}^2$$

Carga de los largueros sobre la viga:

$$C = (680 \times 0.75) \times 1.125 = 573.75 \text{ kg}$$

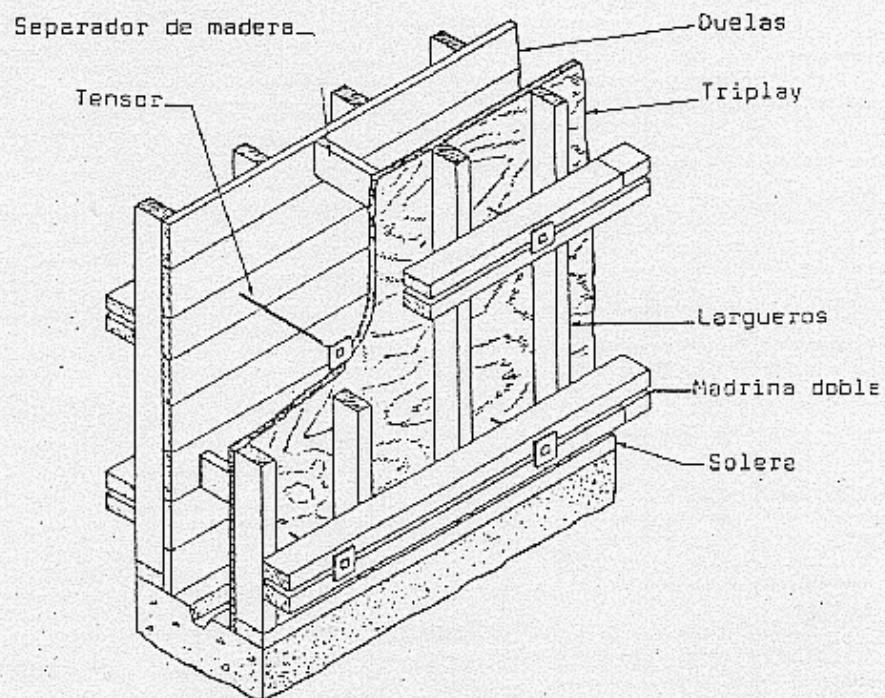
$$f = 573.75 / 17.06 = 33.63 \text{ kg/cm}^2$$

Según reglamento:

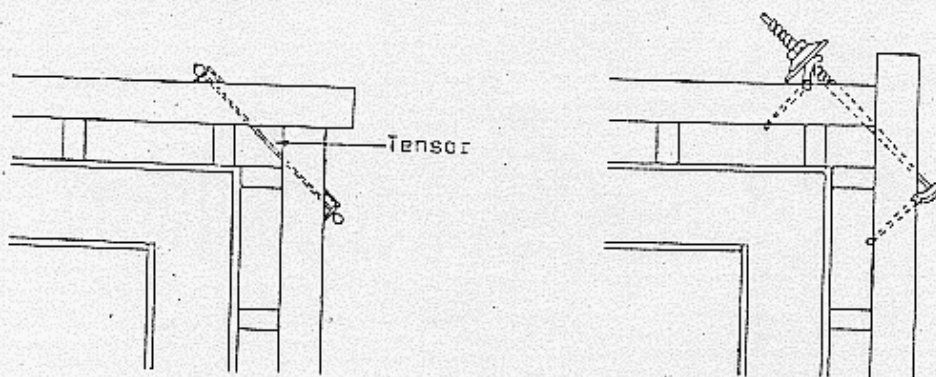
Sobra apoyos menores de 15 cm de longitud localizados a 7 cm o más del extremo de una pieza, el esfuerzo permisible a compresión perpendicular a la fibra puede incrementarse por el facto:

$$L + 1 \text{ cm} / L = 4.13 + 1 / 4.13 = 1.24$$

$$f_{ad} = 32.52 \times 1.24 = 40.3 \text{ kg} > 33.63$$



Cimbra típica para muro: Se muestran varias alternativas de materiales, el separador - con frecuencia parte del - - tensor.



Varias formas de fijar esquinas

## CONCLUSIÓN

El diseño de las estructuras de concreto actuales es tan variado, que un solo sistema de apuntalamiento y cimbrado podrá satisfacer con seguridad el soporte y dará la correcta forma a nuestra estructura.

La facilidad de uso y sencillez de la instalación son 2 factores esenciales en la selección de una cimbra y deberán considerarse en todo momento bajo las condiciones existentes en el patio de la obra

Cualquiera que sea el material adoptado, el diseñador deberá estar en estrecho contacto con las compañías que fabriquen y distribuyan tanto los productos para confinar al concreto, como los elementos, equipo y herramientas para la sujeción y remoción de las cimbras. Es tarea nuestra mantenernos al tanto acerca de los nuevos desarrollo de tecnología, tratamientos y procedimientos apropiados que agilicen, abaraten o faciliten nuestra labor en la construcción

SAJADA DE CARGAS PARA MATERIALES COMUNES  
DISEÑO ESTRUCTURAL

I.- PIEDRAS NATURALES	$\delta$ en T/m <sup>3</sup> MAX.	$\delta$ en T/m <sup>3</sup> MIN.
ARENISCAS	2.50	1.80
BASALTO	2.60	2.40
GRANITO	2.60	2.40
HARNOL	2.80	2.50
PIZARRAS	2.80	2.30
TEPETATES	1.60	.75
SECO	1.90	1.30
SATURADO		
TEZONTLE	1.20	.70
SECO	1.60	.10
SATURADO		

II.- SUELOS	$\delta$ en T/m <sup>3</sup> MAX.	$\delta$ en T/m <sup>3</sup> MIN.
ARENA	1.70	1.40
SECA SUELTA	1.90	1.60
SECA COMPACTADA	2.00	1.80
GRAVA		
SATURADA	1.40	1.20
ARCILLA TIPICA D.F.		
SECA	1.20	.90
ARCILLA SECA	1.30	1.00
LIMOS	1.60	1.30
COMPAC.		
SUELTO HUMEDO	1.70	1.40
ARCILLA C/GRAVA COMPACTA	2.20	1.60
SECO	2.30	2.00
RELLENO COMPAC.		
SATURADO	1.60	1.20
CASCAJO		

III.- PIEDRAS ASFALTICAS	$\delta$ en T/m <sup>3</sup> MAX.	$\delta$ en T/m <sup>3</sup> MIN.
CONCRETO SINPLE	2.30	2.10
CLASE I	2.10	1.90
CLASE II		
CONCRETO REFORZADO	2.40	2.20
CLASE I	2.20	2.00
CLASE II		
MORTERO DE CAL Y ARENA	1.80	1.50
MORTERO DE CEMENTO Y ARENA	2.10	1.90
TABIQUE DE BARRO HECHO A MANO	1.50	1.30
TABIQUE PRENSADO O EXTRUIDO	2.10	1.60
BLOQUE DE CONCRETO	2.10	1.90
PESADO	1.70	1.50
INTERMEDIO	1.30	.90
LIGERO		
MAMPOST. PIEDRAS NATURALES	2.50	2.10

IV.- MADERAS	$\delta$ en T/m <sup>3</sup> MAX.	$\delta$ en T/m <sup>3</sup> MIN.
PESADAS		
SECO	1.10	.65
ENCINO		
BLANCO	1.30	.85
SATURADO		
MEDIANAS		
SECO	.95	.70
TROPICALES		
SATURADO	1.10	.80
SECO	.95	.65
ENCINO ROJO	1.00	.75
SATURADO		
LIVIANAS		
SECO	.65	.50
PINO		
SATURADO	.90	.60
SECO	.65	.40
OYAMEL	.75	.50
SATURADO		

V.- RECUBRIMIENTOS	$\delta$ en kg/m <sup>2</sup> MAX.	$\delta$ en kg/m <sup>2</sup> MIN.
AZULEJOS	15.00	10.00
MOSAICO DE PASTA	35.00	25.00
GRANITO O TERRAZO	45.00	35.00
20 x 20	55.00	45.00
30 x 30	65.00	55.00
40 x 40		
LOSETA ASFALTICA O VINILICA	10.00	5.00
LAMINA ASBESTO (6 mm)	15.00	10.00
MADERA CONTRACHAPEADA (6 mm)	4.00	3.00
TABLEROS DE YESO (12 mm)	14.00	11.00
TABLEROS DE VIRUTA CEMENT. (38 mm)	30.00	20.00
CIELO RASO C/ HALLA Y YESO (25 mm)	60.00	40.00
PLAFON ACUSTICO (25 mm)	7.00	4.00
APLANADO DE CEMENTO (25 mm)	85.00	50.00
APLANADO DE YESO (25 mm)	50.00	30.00
ENLADRILLADO (20 mm)	40.00	30.00

VI.- HURDOS	$\delta$ en kg/m <sup>2</sup> MAX.	$\delta$ en kg/m <sup>2</sup> MIN.
TABIQUE DE BARRO A MANO (14 cm)	240.00	190.00
BLOCK HUECO CONCRETO (15 cm)	210.00	190.00
15 x 20 x 40		
" TIPO INTERMEDIO (15 cm)	180.00	160.00
" TIPO LIGERO (20 cm)	150.00	130.00
" TIPO INTERMEDIO (20 cm)	230.00	200.00
TABIQUE CONCRETO MACIZO (15 cm)	250.00	220.00
" " PESADO (15 cm)	310.00	280.00
TABLAROCA 2 HOJAS DE 1/2 "	50.00	40.00
FALSO PLAFOND	30.00	60.00
VIDRIO	2.60	T/m <sup>3</sup>
YESO	1.10	T/m <sup>3</sup>
ASFALTO	1.30	T/m <sup>3</sup>
ACERO	7.80	T/m <sup>3</sup>
ALUMINIO	2.70	T/m <sup>3</sup>





## Facultad de Ingeniería

### U N A M

#### Precios Unitarios

Precio: CIM1 (M2)

Cimbra Común en Losa con Tarimas de 50 x 100 cm

T Clave	Descripción	Unidad	Costo	Cant / Rend	Parcial	Total
<u>Cap. 1 Material</u>						
E 05	Madera Pino 3a en duela 1" x 4"	PT	7.80	X 1.010000	7.88	
E 10	Madera de Pino 3a en barrote 2" x 4"	PT	7.80	X 0.226000	1.76	
E 15	Madera de Pino 3a en Polín 4"x4"	PT	6.20	X 2.040000	12.65	
E 10	Clavo de 2 1/2" a 3 1/2"	Kg	9.70	X 0.350000	3.40	
E 10	Diesel	Lto	5.50	X 0.700000	3.85	
E 10	Tarima p/cimbra pino 3a 1.0 x 0.5 m	Pza	32.00	X 0.366600	11.73	
					41.27	
<b>Total Material</b>						<b>\$ 41.27</b>
<u>Cap. 2 Mano de Obra</u>						
E 0620	Cuadrilla C (1 Carpintero + 1 Ayte.)	Jor	245.00	X 0.093400	22.88	
					22.88	
<b>Total Mano de Obra</b>			22.88	/ 0.240000		<b>\$ 95.35</b>
<u>Cap. 3 Herramienta</u>						
2 HER	Herramienta Manual %		5.00%	X 95.35	4.77	
					4.77	
<b>Total Mano de Obra</b>						<b>\$ 4.77</b>
<b>Costo Directo</b>						<b>\$ 141.38</b>
33.00%	Costo Indirecto				\$ 46.65	<b>\$ 188.03</b>
10.00%	Utilidad				\$ 18.80	<b>\$ 206.84</b>
<b>Precio Unitario</b>						<b>\$ 206.84</b>