

10829



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE UNA CIMBRA CONVENCIONAL Y LA CIMBRA TUNEL.

TESIS PROFESIONAL

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

RAUL OROZCO MONTERO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1990



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.

INDICE

CAPITULO I

INTRODUCCION 2

CAPITULO II

TIPOS DE CIMBRAS
PARA DIFERENTES OBRAS 10

CAPITULO III

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA CIMBRA 31

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
DE LA CIMBRA TUNEL 85

CAPITULO V

FACTIBILIDAD ECONOMICA 89

CAPITULO VI

APLICACION DE LA CIMBRA TUNEL PARA LA
CONSTRUCCION DEL HOTEL CAMINO REAL PTO.
VALLARTA 106

CAPITULO VII

CONCLUSIONES 115

BIBLIOGRAFIA 118

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO I

1.1 RESUMEN.

El proposito fundamental de este trabajo, como su nombre lo indica, es el de hacer una comparación para un caso práctico, entre una cimbra convencional y un sistema de cimbrado relativamente nuevo en nuestro país, el cual se denomina "CIMBRA TUNEL"

Tanto uno como otro sistema tienen sus ventajas y desventajas para un determinado tipo de obra; así, para ciertas construcciones se cree que es factible la utilización de la cimbra convencional - mientras que para otras puede ser más recomendable - el empleo de la cimbra túnel. La utilización de una u otra dependerán de los parámetros que permitan tomar la decisión correcta a fin de precisar cual es el proceso de cimbrado que más se ajustará a nuestras necesidades y recursos para así cumplir con la mayor - eficiencia y eficacia posible con los requerimientos del proyecto. Dichos parámetros que deben ser tomados en cuenta son entre otros:

- 1.- El tiempo de ejecución de obra, ya que con la utilización de la cimbra túnel dicho tiempo se reduce considerablemente.
- 2.- La inversión inicial y el costo por concepto de cimbra, este punto es muy importante debido a que la utilización de la cimbra convencional representa un costo mucho más bajo que el de la cimbra - túnel.
- 3.- Número de usos destinados a la cimbra túnel. Debi

do a que la cimbra túnel es fácilmente reutilizable puede llegar a redituvar un gran ahorro en los gastos por concepto de cimbra en la realización de obras a gran escala.

- 4.- Grado de repetición en la geometría y disposición de los elementos de la estructura; si éste parámetro es muy alto resulta más costeable la utilización de la cimbra túnel que la de la convencional debido a la relativa facilidad para cimbrar y descimbrar la primera. Por ejemplo, podemos encontrar un alto grado de repetición en obras tales como hoteles, hospitales, viviendas tipo, etc...

Así entonces y tomando en cuenta básicamente los puntos mencionados, se tratará de justificar el uso de la cimbra túnel para una obra particular, en este caso, la construcción de la nueva torre del Hotel Camino Real Puerto Vallarta, el cual a la fecha está en proceso de edificación.

En el procedimiento constructivo de una obra de concreto existe un factor de gran importancia que incide directamente en los resultados finales. Debido a la naturaleza plástica del concreto, éste se presta a una variedad considerable de formas y texturas en los acabados superficiales pudiéndose usar en la construcción de elementos masivos como presas de gravedad o, por el contrario, para elementos esbeltos presforzados, como los empleados en las cubiertas de estadios, auditorios y espacios de

grandes claros; dicho factor íntimamente ligado con la utilización de ese material es la cimbra.

I.2 ¿ QUE ES UNA CIMBRA ?

Se entiende por cimbra al sistema integrado - por elementos de madera, metal ó cualquier otro material y sus soportes, cuya función es la de contener el concreto y darle las formas requeridas por el diseño hasta que alcance su fraguado final y, como consecuencia, la resistencia necesaria para autosostenerse. Así entonces, aunque la cimbra sólo se usa - temporalmente, tiene un efecto permanente sobre la estructura.

La tecnología del concreto así como su manejo, colocación y compactación son todos ellos aspectos - críticos ya que rigen la durabilidad de la estructura, y en muchas ocasiones su apariencia final. Otros aspectos a considerar son la colocación y recubrimiento correcto del acero de refuerzo, así como las características de la estructura que alojará, dando forma y soporte al concreto además de inducirlas durante su colocación y fraguado, por lo que una adecuada selección de los materiales para la cimbra, su adecuada construcción, y el ajuste de todos sus elementos serán, sin duda alguna, aspectos que tendrán un gran impacto en la estructura resultante.

La cimbra es el molde dentro del cual se coloca

el concreto y es ahí donde se le compacta a través de diversos medios, de manera que el acero quede completamente recubierto y protegido. Dicha compactación - debe ser tal que asegure un material denso y libre de vacíos, con lo que se logrará alcanzar la resistencia del proyecto para soportar los esfuerzos de trabajo. Dicho molde debe contener la masa de concreto sin que se presenten filtraciones y sin que se tengan distorsiones mayores que las admisibles de acuerdo al tamaño del elemento. Además de soportar las presiones -- que se ejercen en el proceso de colocación y las cargas presentes durante la construcción, la cimbra debe también protegerlo durante el curado y cargar su peso hasta que éste adquiera suficiente resistencia para ser autosoportable. Una vez que se está en ésta etapa, el molde debe ser de tales características que permita ser removido para usarse posteriormente.

I.3 COMPOSICION DE UNA CIMBRA.

En términos generales, una cimbra consta de dos partes fundamentales.

I.3.1. CIMBRA DE CONTACTO:

Es aquella parte de la cimbra que se encuentra en contacto directo con el concreto y cuyas funciones principales son las de contener a éste hasta alcanzar su fraguado final y la de configurarlo según el diseño de la estructura.

I.3.2. OBRA FALSA :

Es aquella parte de la cimbra cuyos elementos tienen la función de soportar estructuralmente a la cimbra de contacto; dichos elementos son principalmente contravientos, vigas mdrinas, puntales, largueros, etc.

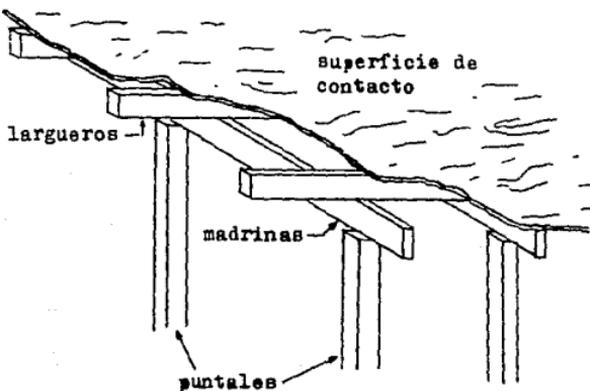


Figura I.1

Cimbra típica de losa.

I.4. PROPIEDADES QUE DEBE TENER UNA CIMBRA.

Una estructura de este tipo, ya sea de madera, metal o de cualquier otro material debe reunir ciertas cualidades para cumplir sus objetivos, los cuales son a grandes rasgos los siguientes:

I.4.1. EVITAR LA PERDIDA DE LECHADA : esto es, debe de ser lo más hermética posible y carecer de huecos, juntas o fisuras por donde pueda encontrar salida parte de la revoltura que es vertida en ella.

I.4.2. RESISTENCIA : Su construcción debe estar precedida de un análisis de cargas a las que será sometida y un apropiado diseño para que no presente deformaciones mayores a las toleradas.

I.4.3. TENER LA GEOMETRIA DE PROYECTO : La cimbra debe adoptar las formas que tendrá el concreto una vez fraguado para así cumplir con las necesidades y exigen--cias que marque el diseño de la estructura. Cabe mencionar que para cumplir este objetivo resulta mucho - más rápido y económico utilizar cimbras de madera que cimbras metálicas por la relativa facilidad que implica el corte y manejo en general que tiene la primera.

I.4.4. FACILIDAD DE LLENADO : Es importante que se deje el espacio libre suficiente para que el molde sea llenado con la revoltura y por ahí mismo tener la facilidad de compactar y vibrar el concreto.

Armado a estas cualidades, toda cimbra deberá tener:

- Durabilidad
- Indeformabilidad
- Textura adecuada al acabado
- Facilidad de armado y descimbrado
- Facilidad de limpieza
- Seguridad
- Ser económica.

Debido a que el costo de una cimbra representa un porcentaje importante del total de una obra, su diseño y construcción requieren de una adecuada planeación para así poder garantizar su economía sin dejar de ser segura.

C A P I T U L O I I

TIPOS DE CIMBRA PARA DIFERENTES OBRAS.

CAPITULO II

II.1 RESUMEN .

El desarrollo de este capítulo tiene como propósito describir brevemente los diferentes materiales que pueden ser empleados para la fabricación de cimbras, aún cuando algunos de éstos no sean muy comunes debido a su reducida manejabilidad, alto costo y escasa disponibilidad.

La selección de materiales para la fabricación de una cimbra debe estar basada en una máxima economía para el contratista, así como proporcionar la seguridad y calidad requerida por el proyecto. Tradicionalmente los materiales que se emplean para construirla son tablas, polines, largueros, madrinas, clavos, algún tipo de lubricante, alambre y/o alambre para los amarres, de manera que su uso no deja de ser muy limitado, aún cuando esta práctica es común en áreas donde los costos de mano de obra son bajos y la tecnología no ha presentado grandes avances. Sin embargo, el incremento en dichos costos y la necesidad de encontrar mejores métodos sin descuidar la economía han cambiado radicalmente esta realidad en años recientes.

Las cimbras prefabricadas y los paneles se han convertido en elementos básicos de todo equipo de construcción. Nuevos materiales han sido adoptados además de nuevos métodos para utilizar la cimbra convencional.

CAPITULO II

II.1 RESUMEN .

El desarrollo de este capítulo tiene como propósito describir brevemente los diferentes materiales que pueden ser empleados para la fabricación de cimbras, aún cuando algunos de éstos no sean muy comunes debido a su reducida manejabilidad, alto costo y escasa disponibilidad.

La selección de materiales para la fabricación de una cimbra debe estar basada en una máxima economía para el contratista, así como proporcionar la seguridad y calidad requerida por el proyecto. Tradicionalmente los materiales que se emplean para construirla son tablas, polines, largueros, madrinas, clavos, algún tipo de lubricante, alambre y/o alambρόn para los amrras, de manera que su uso no deja de ser muy limitado, aún cuando esta práctica es común en áreas donde los costos de mano de obra son bajos y la tecnología no ha presentado grandes avances. Sin embargo, el incremento en dichos costos y la necesidad de encontrar mejores métodos sin descuidar la economía han cambiado radicalmente esta realidad en años recientes.

Las cimbras prefabricadas y los paneles se han convertido en elementos básicos de todo equipo de construcción. Nuevos materiales han sido adoptados además de nuevos métodos para utilizar la cimbra convencional.

Así entonces el plástico, la fibra de vidrio y el acero utilizados como cimbras prefabricadas han simplificado el moldeo del concreto para resolver convenientemente las demandas de la arquitectura contemporánea.

II.2 MADERA .

Debido a que la madera es muy manejable, es decir, que se puede cortar y darle forma con relativa facilidad, se ha convertido en uno de los materiales más valiosos y más usados por la industria de la construcción.

Existen dos tipos de maderas según su procedencia : Maderas blandas y maderas duras. Las primeras son usualmente más ligeras y más fáciles de trabajar, provienen de árboles conocidos como coníferas, tales como el abeto, pino y cedro.

Las maderas duras proporcionan mayor resistencia a las construcciones aún cuando son más utilizadas en la fabricación de muebles. Estas provienen de árboles caducos tales como el roble, el nogal, la caoba, el arce, etc.

La madera que mediante cortes es utilizada como cimbra recibe el nombre de madera aserrada, la cual se divide a su vez en tres grupos :

- 1.- De patio, la cual se clasifica a su vez como selecta, de primera, de segunda y de tercera.

- 2.- De taller, que se usa en la fabricación de artículos diversos.
- 3.- Vigas, las cuales refuerzan los sitios donde se tienen mayores cargas, variando sus medidas desde la de 4" x 4", que es la más usual.

Es muy frecuente que la madera aserrada presente defectos que alteran su resistencia y durabilidad, de los que los más comunes son las rajaduras, las reventaduras, la putrefacción, el descantillado, los nudos y las bolsas de resina, todos ellos debidos a su naturaleza. Para superar estos inconvenientes, la tecnología moderna ha desarrollado nuevas formas para emplearla, de ahí que dos logros relativamente recientes sean el triplay y la madera ensamblada por encolado.

El triplay se obtiene cortando madera ablandada por maceración en capas delgadas que después se unen a presión con algún aglutinante. Las capas, generalmente de tres a cinco en número, se pegan de tal manera que las fibras de cada una de ellas se orienten normalmente con respecto a las de las capas contiguas. En esta forma se obtienen placas con un espesor que suele variar entre 1/4" y 5/8" fácilmente manejables, de gran resistencia y buena apariencia. Al combinar así las sucesivas capas se obtiene un material con características análogas en las direcciones longitudinal y transversal.

Los elementos ensamblados están formados por tablas de longitudes reducidas encoladas, con sus fibras en la misma dirección, variando en espesor de $5/8"$ a $1\ 3/4"$. Para obtener piezas de dimensiones importantes las tablas de cada capa se pueden unir a tope. Como el pegamento que se utiliza en las juntas es por lo menos tan fuerte como la madera misma, el comportamiento de estas piezas es semejante al de las macizas. (Fig. 2.1)

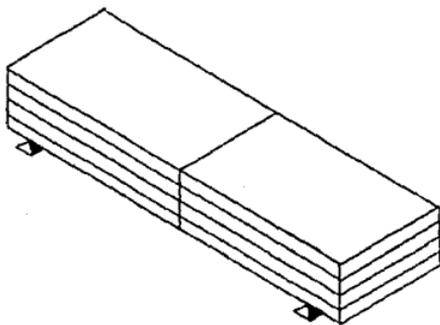


Figura 2.1

Vigas de madera laminada.

II.3 FIBRA DE VIDRIO PLASTICA - REFORZADA

Las cimbras de fibra de vidrio plástica-reforzada son conocidas generalmente como cimbras plásticas o de fibra de vidrio, pero ninguno de estos términos es completamente correcto, ya que ambas son una combinación de materiales cuya tercera parte o más es fibra de vidrio. Tales cimbras han experimentado un incremento en su uso sobre todo en construcciones con concreto arquitectónico ya que dan por resultado una excelente superficie minimizando así los costos en acabados y reparaciones, requiriéndose sólo de una ligera aplicación de aceite o aditivo desmoldante, aunque se han presentado casos en los cuales se ha logrado un acabado excelente sin la utilización de dichos lubricantes. Con el uso de esta cimbra es posible obtener superficies, sin importar su tamaño o forma, con menos imperfecciones.

Para formas complejas hechas en pequeñas cantidades, la cimbra se construye mediante el método convencional utilizado para otros plásticos reforzados. Primero se elabora un molde maestro de yeso, madera o acero con las dimensiones necesarias. Esta pieza es entonces encerada, pulida e impregnada con un aditivo para prevenir que se le pegue la resina. Después se coloca una lámina de vidrio dentro del molde y cuidadosamente se satura con una capa a base de resina de polietileno. Cuando ésta se ha asentado y enfriado,

se adhiere otra lámina de vidrio y resina de poliestireno, repitiéndose el proceso hasta obtener el espesor adecuado.

II.4 METALES LIGEROS .

Algunos metales ligeros como el aluminio y el magnesio pueden ser utilizados en la fabricación de cimbra para concreto, aún cuando su uso no es muy extendido; no obstante, su ligereza y su favorable proporción fuerza-peso la hacen susceptible de ser más ampliamente utilizada en diversas aplicaciones dentro de la construcción. El alto costo de estos materiales puede ser compensado por la reducción de costos de manejo y envío de los mismos, así como por su larga vida útil.

Cuando se aumenta el equipo de carga y el peso de los componentes se convierte en factor importante, el aluminio tiene mucho que ofrecer al diseñador de cimbbras. Su fórmula estructural lo hace muy parecido en cuanto a resistencia al acero dulce. Como un dato interesante, cabe mencionar que en los Estados Unidos el aluminio es muy usado para construir cimbbras de plataformas.

Al utilizar el aluminio como cimbra de contacto es posible que surjan problemas debido a la reacción con el concreto fresco causada por la presencia de humedad y álcalis.

El aluminio se usa para moldes de tubería, pa-

ra tarimas de azulejo en los procesos de extrusión y para colados de moldes con relieves complicados en los que el detalle fino impide el uso de madera. Los aditivos desmoldantes pueden usarse junto con el aluminio, y para mantener la corrosión de éste dentro de niveles aceptables se aconseja remover del molde la pasta de cemento y los finos antes de almacenarlos. Con el uso de tornillos o pernos galvanizados se mejoran las uniones con otros materiales.

II.5 YESO.

El yeso es un material que puede ser utilizado unicamente para la fabricación de moldes y nunca, por razones obvias, como una cimbra completa que trabaje estructuralmente. Los moldes de yeso pueden construirse sobre una armadura de lámina o de malla obteniéndose así una alta calidad en los acabados. Para ciertas peculiaridades y detalles arquitectónicos como nichos, pequeños domos, etc. el yeso puede superponerse al perfil usando plantillas de zinc reforzadas con marcos de acero y madera. La superficie de un molde de yeso puede endurecerse cubriéndola con laca y el uso de un aditivo desmoldante asegura un desprendimiento impecable.

II.6 HULE .

El hule especialmente preparado para vaciados se derrite dos veces y en su estado líquido se vacía en patrones o matrices hechos de distintos materiales. Los moldes de hule se emplean normalmente cuando se -

han de colar formas complicadas y cuando se tienen que reproducir esculturas o detalles clásicos. Debido al alto costo inicial del material, se suele usar en combinación con algún mortero u otro material secundario de moldeo en forma de recipiente, que resulte apropiado.

II.7 ACERO .

El uso del acero en la fabricación de cimbras se debe a alguna especificación o particularidad de la estructura de concreto. Además de los sistemas de cimbras de acero patentados, se escoge el acero porque:

- Se puede obtener de la cimbra resultante una gran cantidad de usos.
- Se pueden especificar tolerancias especialmente restringidas para el acabado del concreto.
- Intervienen esfuerzos muy grandes.
- Hay requerimientos especiales en lo que respecta a las condiciones de uso, zonas de marcas, etc.
- Puede mecanizarse hasta cierto punto el sistema de cimbras.

El acero se usa generalmente en secciones y - placas estándar, por lo que es esencial especificar cuidadosamente el material laminado que se va a usar en recubrimientos. La fabricación de elementos de acero concierne al soldador, especialmente cuando se usa una gran cantidad de soldadura. La habilidad para

mantener la calidad y para corregir las distorsiones - que se producen con la soldadura, es específica en - ciertas áreas de la industria de la construcción.

Así como una lámina de acero de 6.3 mm de espesor generalmente produce superficies de concreto de buena calidad, las placas de mayor espesor pueden presentar defectos locales o problemas de corrosión. Las placas (conocidas también como laminadas en frío y de capas) a pesar de que aumentan el costo general, aseguran una mejor calidad de superficies, por lo que es recomendable hacer una selección adecuada de dichas placas y láminas para que aquellas que presentan defectos que puedan afectar las superficies del concreto sean empleadas en la subestructura y en los refuerzos.

Cuando las cimbras de este material se usan periódicamente, conviene galvanizarlas para evitar la oxidación que ocurre después de cada uso. Aún cuando el costo del galvanizado no es muy alto, el proceso implica el uso de un chorro de arena, por lo cual debe considerarse en el costo total junto con los beneficios que se obtendrán en obra.

En la fabricación de cimbras, los espesores del acero utilizado tienen un aislamiento térmico 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. Sin

embargo, cuando se hace un colado de concreto en lugares expuestos, es conveniente introducir algún tipo de aislamiento para evitar pérdidas de calor debidas a la radiación. Los elementos de acero frecuentemente 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, proporcionan durabilidad, estabilidad y extraordinaria exactitud cuando se requiere un alto grado de precisión en colados sucesivos. El acero se usa para reforzar juntas y conexiones entre placas de acero y otros materiales de la cimbra, y colocados como tornos en la madera producen superficies que experimentan poco desgaste en los usos repetidos.

Uno de los principales problemas en la fabricación de cimbras de acero es el de obtener un anclaje adecuado para el equipo de vibrado, lo cual puede resolverse fácilmente mediante el uso de contravientos soldados directamente a los principales elementos estructurales de la cimbra. Es importante evitar la colocación de vibradores externos, sobre todo si la cimbra es de superficies laminadas ya que las vibraciones que se producen en tales superficies pueden causar problemas en el acabado de la superficie del concreto, ocasionando el sangrado y la aparición del agregado.

Una ventaja de las cimbras y los moldes de acero es su gran resistencia, sobre todo cuando los miembros están soldados y constituyen parte integrante de la cimbra. Otra ventaja es que las cimbras totalmente ensambladas, con sus refuerzos de acero ya colocados, pueden instalarse en el lugar de la obra. Las cimbras de acero pueden diseñarse de manera que sea posible - incorporar cámaras de curado en caliente, utilizando agua, aceite o vapor, y es posible diseñar en tal forma que permitan el presforzado de los elementos colados, como son las losas para construcciones industrializadas, tuberías y postes estándar.

Con frecuencia las cimbras especiales de acero son pesadas, pero esto no representa un gran problema si se usan malacates o grúas viajeras. El uso del - acero generalmente reduce el número de puntales necesarios para soportar una determinada masa de concreto, esto puede inclusive, convertirse en factor a considerar en la selección de materiales.

La cimbra túnel es una modalidad de las metálicas, de acero principalmente, y surgió como consecuencia del uso generalizado de equipo pesado en la edificación, así como de la demanda de nuevas y más altas estructuras.

La cimbra túnel se puede definir de una manera práctica, como el conjunto de elementos y moldes metálicos que mediante su ensamblaje rápido y sencillo, - permiten el colado del concreto para muros y losas - simultáneamente.

Aunque las dimensiones y distribución de los diversos elementos de la cimbra túnel pueden variar para cada fabricante y proyectos específicos, la esencia del sistema es la misma en todos los casos.

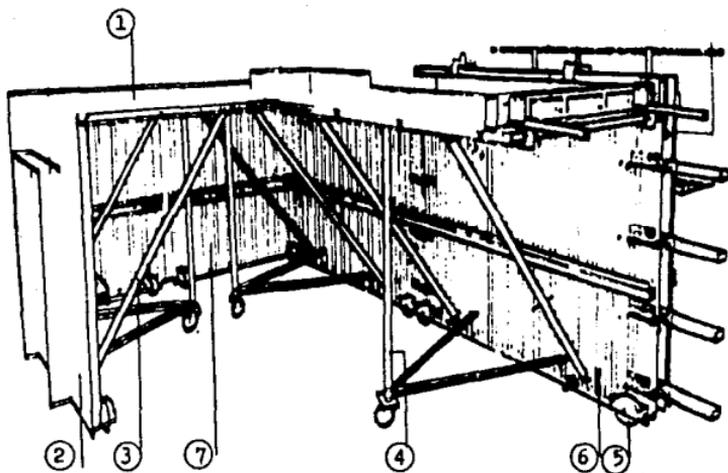
PARTES DEL SISTEMA CIMBRA TUNEL

Los componentes del sistema cimbra túnel se pueden agrupar de la siguiente manera:

- A).- TUNELES . Es el conjunto de tableros metálicos - dispuestos de tal forma que asemejan - una "caja de zapatos invertida", permitiendo realizar el cimbrado simultáneo de muros y losas de entrepiso.
- B).- FORMAS PARA MUROS. Conjuntos de tableros metálicos utilizados para el cimbrado de muros independientes o como complemento de los túneles.
- C).- PLATAFORMA DE DESCIMBRADO. Son estructuras tubulares con un forro horizontal de madera, que se ensamblan en el nivel inferior al que se encuentra en proceso de cimbrado y que proporciona una superficie de deslizamiento para el descimbrado, y a la vez permiten la circulación del personal de obra.

D).- PLATAFORMAS DE APOYO. Son estructuras similares a las anteriores aunque de menor tamaño y cuya función es la de proporcionar una superficie de apoyo a las formas para muros independientes.

E).- ACCESORIOS. Entre los más importantes se encuentran los puntales y gatos que permiten la sencilla nivelación del conjunto de túneles y formas para muros; las ruedas que se utilizan en las maniobras de cimbrado y descimbrado; el elemento de soporte y de balance que permite maniobrar con los elementos de túnel al equipo de izaje con que se cuenta; los separadores cónicos que mantienen una separación uniforme en los muros; los malacates manuales que facilitan la extracción de las formas de túnel en la maniobra de descimbrado; los ángulos metálicos que nos permiten colar junto con la losa el desplante de los muros del nivel inmediato superior.



- 1 Panel horizontal
- 2 Panel vertical
- 3 Contraflecha
- 4 Puntal de estabilidad
- 5 Rueda de desplazamiento
- 6 Perno nivelador
- 7 Panel de fondo.

Figura 2.2

CIMBRA TUNEL

La naturaleza de este procedimiento constructivo exige la utilización de algún tipo de maquinaria - de izaje que debe seleccionarse en función del tipo - de proyecto a realizar. En el caso de un edificio de gran altura es recomendable utilizar una torre grúa, ya sea fija, trepadora o móvil, que se deslice sobre rieles para aquellas estructuras cuya longitud así lo exija. Tratándose de un proyecto habitacional de tipo horizontal es mucho más recomendable utilizar una grúa hidráulica montada sobre neumáticos o una draga montada sobre orugas.

El equipo adicional utilizado en cualquier obra de edificación consiste en una bomba portátil de asperción para la aplicación rápida y uniforme del aditivo desmoldante; un juego de espátulas de mango largo para la limpieza diaria de los moldes, una pulidora de mano para la limpieza de aquellas zonas donde el concreto quede fuertemente adherido, y un grupo de calentadores de aire para acelerar el fraguado del concreto. Es recomendable contar con una planta de soldar para llevar a cabo ciertas reparaciones de los moldes, cuando estas se requieran.

En las obras de edificación la mano de obra representa el porcentaje más alto de los costos directos, razón por la cual adquiere mayor importancia la utilización del sistema cimbra-túnel, ya que una de sus características consiste en la notable reducción de

éste concepto debido a que disminuye el personal de campo necesario.

Este ahorro en la fuerza de trabajo queda ejemplificado con la integración de la siguiente cuadrilla de personal:

- Cimbrado y descimbrado: Un cabo, ocho oficiales y cuatro ayudantes.
- Habilitado del acero de refuerzo: Dos oficiales y dos ayudantes.
- Colocación del acero de refuerzo: Dos oficiales y dos ayudantes.
- Preparación de instalaciones: Un cabo, cuatro oficiales y cuatro ayudantes.
- Colados y montajes de elementos prefabricados: Dos maniobristas, tres oficiales y dos vibradoristas.
- Operadores: Un operador de grúa.

Lo anterior arroja un total de menos de cincuenta trabajadores; número muy reducido en comparación al que exigiría cualquiera de los procedimientos de construcción que emplean el sistema de cimbrado tradicional.

APLICACION DEL SISTEMA CIMBRA-TUNEL A OBRAS DE EDIFICACION

Para obtener el mayor provecho del sistema -- cimbra túnel es indispensable que el proyecto arquitectónico, el estructural y el de instalaciones se elaboren tomando en cuenta las limitaciones y posibilidades que el empleo de dicho procedimiento establecen.

En lo que respecta al proyecto arquitectónico es indispensable observar las siguientes limitaciones:

- La altura de entrepiso debe ser la misma a través - de todo el edificio.
- Se deben evitar variaciones en el espesor de la losa.
- La unidad básica por construir debe permanecer abierta por uno de sus lados.

Así como las siguientes recomendaciones:

- Debe evitarse al máximo la variación en el claro de dicha unidad.
- Las trabes en voladizo se deben evitar, o en su defecto, éstas deberán ser prefabricadas y ahogadas - en la losa, o bien, colocadas una vez habiendo descimbrado.

El proyecto estructural se deberá concebir de manera que:

- Los armados sean repetitivos para permitir el habilitado previo en gran escala.
- La colocación del armado se realice rápidamente.

- La separación entre varillas permita el fácil colado del concreto en los muros.
- Se considere una resistencia de proyecto del concreto uniforme para muros y losas.

Las instalaciones se deberán proyectar de tal forma que permitan el habilitado en gran escala, así como su rápida colocación. Deben evitarse hasta donde sea posible las instalaciones ahogadas en muros y -- otros elementos a fin de facilitar el colado del concreto.

Un factor muy importante para que el empleo -- del sistema resulte costeable, es que es indispensable que el proyecto conste de un alto grado de repetición.

EL CONCRETO COMO MATERIAL BASICO EN LA UTILIZACION DEL SISTEMA CIMBRA-TUNEL

En lo que respecta al concreto, éste debe diseñarse de tal forma que asegure una buena trabajabilidad, así como un tamaño máximo de agregados de acuerdo a la separación del acero de refuerzo y del espesor de los elementos estructurales.

Bajo ciertas condiciones puede ser conveniente el uso de algún aditivo que acelere el fraguado con -- la finalidad de trabajar bajo un ciclo diario.

Por otro lado, el sistema de colocación de concreto que se utilice se debe escoger teniendo en cuenta que se van a manejar volúmenes considerables de concreto en tiempos cortos. Los dos sistemas más aconsejables son el bombeo y la utilización de cubetas para concreto transportadas por la maquinaria de izaje. El vibrado resulta de gran importancia para poder obtener el acabado espejo que es capaz de proporcionar el uso de moldes metálicos, por lo que se recomienda el uso de vibradores de pared que se fijan a la parte exterior de la cimbra y vibradores de chicote con cabezal de diámetro pequeño.

Para lograr en la losa una superficie que nos permita el deslizamiento de los túneles en el nivel superior, es aconsejable el uso de reglas vibratorias.

El curado del concreto se lleva a cabo con el empleo de calentadores de aire colocados en el interior de los túneles, cerrando estos últimos con lonas para disminuir la pérdida de calor y con la aplicación de una membrana de curado.

C I C L O

El procedimiento constructivo cimbra-túnel tiene como característica principal lo que se conoce como ciclo diario de trabajo. Las etapas de dicho ciclo son:

A).- Descimbrado. Comprende la extracción de los tornillos que unen los moldes a través de los muros, el ajuste de los gatos hasta lograr que las ruedas se apoyen en la losa, el deslizamiento de los túneles hacia las plataformas de descimbrado, en donde se lleva a cabo su limpieza y la aplicación del aditivo desmoldante, necesario para el siguiente ciclo.

B).- Cimbrado. Consiste en la ubicación de los túneles en su nueva posición, incluyendo su nivelación y la colocación de los diversos accesorios que los componen.

C).- Acero de refuerzo e instalaciones. La colocación del acero de refuerzo y de las instalaciones ahogadas en los muros se debe realizar simultáneamente a las actividades anteriores, por lo que se hace imperativa la prefabricación.

D).- Colado y curado. El procedimiento que se utiliza en el colado de la revoltura debe ser tal, que nos permita contar con un periodo mínimo de curado del concreto.

C A P I T U L O I I I
DISEÑO ESTRUCTURAL DE
UNA CIMBRA

C A P I T U L O III

III.1 RESUMEN.

El objetivo primordial para el diseño de una cimbra es el de lograr un método satisfactorio para que ésta pueda contener y dar forma al concreto de tal manera que las deformaciones que sufra estén dentro de las tolerancias especificadas, economizando mano de obra y materiales. En este capítulo se tratarán superficialmente los criterios que deben de ser tomados en cuenta para el diseño de una cimbra, tanto de madera como para la cimbra túnel.

III.2 DISEÑO DE CIMBRAS DE MADERA.

III.2.1 GENERALIDADES.

El diseño de una cimbra de madera se hará sobre la base de esfuerzos permisibles en condiciones de servicio.

A causa de los defectos y variaciones inherentes a la madera, es imposible asignarle esfuerzos unitarios de trabajo con la precisión requerida, pues la madera presenta problemas más complejos y variados que muchos otros materiales estructurales; la determinación de los esfuerzos permisibles puede basarse en diferentes criterios que estén fundamentados en la información de las características de la madera que se empleará para cimbra.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO
DE LA MADERA.

La resistencia y el comportamiento de la madera bajo diversas acciones mecánicas es muy variable. A continuación se describen los principales factores que afectan las propiedades resistentes de la madera.

1) Densidad.- Uno de los factores que más influye en la resistencia de la madera es su densidad o peso volumétrico. Por esta razón a veces se toma la densidad como un índice confiable de la resistencia. Para efectos comparativos la densidad suele determinarse para un contenido estándar de humedad.

2) Contenido de humedad.- El contenido de humedad se define como el peso de agua expresado como un porcentaje del peso de la madera secada en horno. En el árbol vivo puede llegar a ser del orden del 200%. Una gran parte del contenido de humedad de la madera verde en el árbol vivo corresponde a agua libre en las cavidades de las células, la que se pierde en parte por evaporación al ser cortado el árbol. Las paredes de las células, sin embargo, siguen reteniendo una cantidad bastante importante de humedad. La condición en que toda el agua libre ha sido eliminada mientras que las paredes de las células aun están saturadas se llama punto de saturación de las fibras. El contenido de humedad -

correspondiente a esta condición varía entre 25% y 30%. Para contenidos de humedad superiores al del punto de saturación, la resistencia permanece constante. Sin embargo, cuando por medio del secado se reduce el contenido de humedad a un nivel inferior al correspondiente al punto de saturación - de las fibras, la mayoría de las propiedades resistentes de la madera mejoran. Esto se debe principalmente a dos causas: a) el fortalecimiento de la estructura y, b) el incremento en la cantidad de material por unidad de volumen debido a la contracción originada por el secado. Puesto que la madera es un material higroscópico, es decir, que es capaz de absorber y expulsar agua, su contenido de humedad depende del medio ambiente en que se encuentre. Así una pieza de madera absorbe o desprende agua hasta que su contenido de humedad se encuentra en equilibrio con el de la atmósfera. El contenido de humedad correspondiente a esta condición se llama contenido de humedad de equilibrio, el cual es siempre proporcional al peso de la madera secada en horno.

- 3) Inclinación del grano.- La resistencia disminuye cuanto mayor es la inclinación del grano con respecto a la dirección longitudinal a la pieza.
- 4) Nudos.- Los nudos tienen su origen en la formación de las ramas en el tronco del árbol. Disminuyen la resistencia porque producen discontinuidades en unas fibras y alteran la orientación de otras.
- 5) Alabeo.- Las piezas de madera aserrada pueden estar alabeadas, lo que puede afectar su resistencia en forma desfavorable.
- 6) Rajaduras.- Son separaciones longitudinales entre

las fibras y afectan de manera particular la resistencia a esfuerzos rasantes. Son especialmente perjudiciales cuando se presentan en la zona de esfuerzos cortantes máximos de vigas y en los detalles de conexión de los extremos de elementos sujetos a tensión.

7) Temperatura.- La resistencia de la madera disminuye en forma aproximadamente lineal al aumentar la temperatura. No es recomendable que la madera se encuentre en condiciones de servicio a temperaturas superiores a unos 50°C puesto que se pueden ocasionar daños permanentes.

8) Duración de la carga.- La resistencia de la madera disminuye considerablemente con la duración de la carga. Cuanto mayor es la duración de la aplicación de una carga, menor será el valor que debe alcanzar ésta para producir la falla. Todavía no se ha comprobado si existe un límite de duración tal que una pieza sujeta a carga ya no se rompa. Bajo carga sostenida la deformación de la madera sigue aumentando durante cierto tiempo hasta que se estabiliza o se rompe el espécimen.

COMPORTAMIENTO DE LA MADERA ANTE CARGAS AXIALES.

Para obtener información sobre el comportamiento y la resistencia de la madera se recurre a dos tipos de ensayo.

En el tipo más común se utilizan probetas de sección pequeña (2 cm. x 2cm. ó 2 pulgadas x 2 pulgadas) de madera escogida de tal forma que no tenga nudos ni rajaduras y que el grano sea recto,

es decir, que se cuente con un espécimen hecho a base de maderas "limpias". Las pruebas se hacen en condiciones estándar de temperatura, contenido de humedad y duración de carga. Puesto que las propiedades de la madera varían según el sentido de sus fibras, se considera que para conocer el comportamiento ante tensión o compresión es necesario hacer ensayos aplicando la carga axial tanto paralela como perpendicularmente a las fibras.

COMPORTAMIENTO BAJO TENSION.

La máxima resistencia a tensión de la madera se presenta en sentido paralelo a las fibras. En el sentido transversal a las fibras dicha resistencia es mucho menor debido a la naturaleza tubular de las células y a la facilidad con que se despegan las cadenas de moléculas; cuando se sujeta a las fibras a esfuerzos transversales la resistencia del elemento puede ser hasta cuarenta veces menor que la que tendrá bajo tensión longitudinal. En la figura 3.1 se muestra una curva esfuerzo-deformación típica para tensión en sentido paralelo. Se observa que el comportamiento es elástico hasta esfuerzos relativamente altos. El módulo de elasticidad en el sentido transversal es de $1/12$ a $1/20$ del módulo en sentido longitudinal.

COMPORTAMIENTO BAJO COMPRESION.

Con excepción de algunas maderas duras en las que la resistencia en compresión y en tensión

son del mismo orden, la resistencia a compresión de las maderas en dirección paralela a la fibra varía aproximadamente de la mitad a la tercera parte de su resistencia a tensión en el mismo sentido. En la figura 3.1 se aprecia una curva esfuerzo-deformación típica de la madera sujeta a compresión longitudinal. Se observa que el comportamiento en compresión es fundamentalmente elástico, como en el caso de la tensión, y que el módulo de elasticidad es el mismo para los dos tipos de esfuerzos. Sin embargo puede comprobarse que el comportamiento en compresión es algo más dúctil que en tensión, siendo mayor la diferencia entre las deformaciones unitarias correspondientes al límite de proporcionalidad y al esfuerzo último.

La resistencia última a compresión en sentido transversal es semejante a su resistencia en sentido longitudinal. Sin embargo, para poder desarrollar la resistencia última es necesario aplastar las células hasta que desaparezcan los huecos. Estas deformaciones altas impiden el aprovechamiento estructural de la resistencia última teóricamente disponible. Por este motivo, para efectos prácticos suele considerarse que la resistencia a compresión en sentido transversal es de solo un 20% aproximadamente de la resistencia longitudinal. Dada la gran deformabilidad bajo compresión transversal el módulo de elasticidad correspondiente es muy bajo, el cual puede llegar a ser del orden de una centésima parte del módulo en sentido longitudinal.

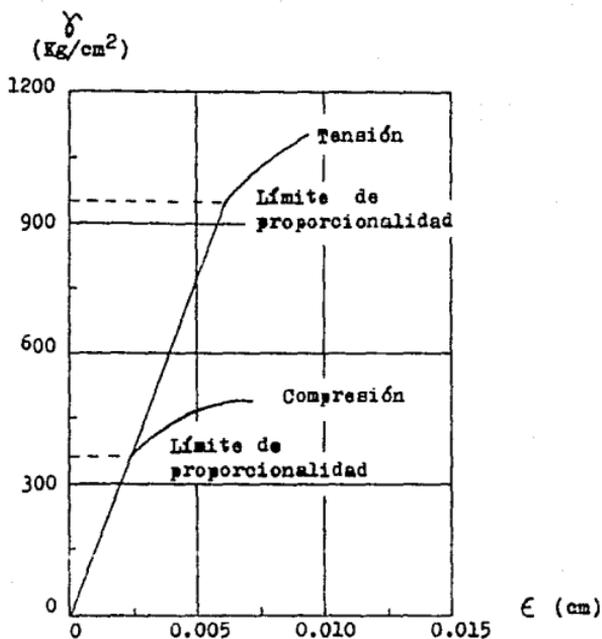


Fig. 3.1 Curvas típicas esfuerzo-deformación en tensión y compresión paralelos a las fibras, obtenidas de ensayos de probetas pequeñas "limpias".

La elección del criterio para determinar los esfuerzos permisibles será entonces particular para las condiciones de cada obra.

Se admiten los sig. esfuerzos de trabajo y - módulos de elasticidad en función de la densidad - aparente de la madera seca y para madera de primera. De no determinarse experimentalmente el valor de γ se supondrá de 0.4, obteniéndose los valores consignados en la última columna de la tabla 3.1

Concepto	Para cualquier γ	Valor en Kg/cm ² Para $\gamma = 0.4$
Esfuerzo en flexión o tensión simple	150 γ	60
Módulo de elasticidad en flexión o tensión simple	196,000 γ^2	79,000
Esfuerzo en compresión paralela a la fibra	143.5 γ	57
Esfuerzo en compresión perpendicular a la fibra	54.2 γ	7
Módulo de elasticidad en compresión	238,000 γ^2	95,000
Esfuerzo cortante	35 γ	10

TABLA 3.1

Para maderas selectas se pueden incrementar en un 30% los valores anteriores.

Para maderas de segunda se tomará el 70% de los valores anteriores.

Para maderas de tercera se tomará el 50%.

CLASIFICACION DE LA MADERA Y ESPECIFICACIONES.

Para conocer con exactitud que tipo de madera emplearemos para la fabricación de cimbras, así como sus especificaciones, utilizaremos la norma C-18-1946 de la Dirección General de Normas para tablas y tablones de ocote.

A.- Clasificación : En la presente Norma, las tablas y tablones comprendan cinco grados de calidad.

- Grado A .- Selecta
- Grado B .- De primera
- Grado C .- De segunda
- Grado D .- De tercera
- Grado E .- De desecho

B.- Especificaciones :

1.- Grado A, Tablas y tablones selectos; Para que se consideren en este grado, deberán ser totalmente limpios debiendo reunir los siguientes requisitos;

- a) No tener nudos de ninguna clase ni huellas de los mismos.
- b) Su color será uniforme sin manchas de ninguna naturaleza, ni vetas o listas de resina.
- c) No tendrán grietas, rajaduras, partes podridas ni bolsas de resina.
- d) Su manufactura deberá ser enteramente correcta y al trabajarlas en las máquinas no deberán sacar ningún defecto.
- e) Sus dimensiones serán las normales, o las acordadas entre el comprador y el vendedor pero sin tolerancia alguna.

f) Su humedad no será mayor del 10% del peso total.

2.- Grado B, Tablas y tablonces de primera:

- a) Serán en lo general limpias.
- b) Se admiten, en forma apenas perceptible, nudos de cabeza de alfiler, vetas o listas de resina, cambios de color y grietas que no excedan de 10 cm. de largo cada una de ellas.
- c) En cuanto a su manufactura, pueden admitirse defectos de grano rasposo y grano desgarrado ligero.
- d) Su humedad será del 15% cuando más del peso total.

3.- Grado C, Tablas y tablonces de segunda:

- a) Se admiten manchas de resinas que cubran una superficie en cada cara no mayor de un doceavo del ancho por un dieciseisavo de la longitud de la cara, una bolsa de resina que no exceda de 5mm. de ancho y de 150mm. de largo, y un cambio de color ligero en cada cara.
- b) Se admiten agujeros de cabeza de alfiler y agujeros de 5mm. en número tal que la suma de sus diámetros no sea mayor de dos veces del diámetro del nudo máximo permisible.
- c) Se admiten rajaduras en los extremos hasta de 250mm. de largo y 8mm. de ancho y grietas finas de 10mm. de profundidad como máximo.
- d) En su manufactura se admite el grano rasposo, levantado, y desgarrado ligero y mediano, no permitiéndole torceduras.
- e) En su corte se admiten discrepancias de 2.5 y 5 cm. en el espesor y 1cm. en el ancho, en ambos cantos.

- f) Se admiten nudos sanos, con o sin agujero, nudos encajados, nudos de tamaño normal y nudos de clavo. La suma de los diámetros de los nudos en una cara no deben exceder del doble del diámetro del nudo máximo admisible, según las secciones de las piezas. (ver tabla 3.2)
- g) Su humedad será hasta del 20% del peso total.

DIAMETRO MAXIMO DE LOS NUDOS ADMISIBLES,
EN LAS TABLAS Y TABLONES MAS USADOS.

Sección de la Tabla o Tablón. Grueso en mm.		Ancho mm.	Diámetro del nudo en mm.
12.7	x	152	50.8
12.7	x	203	63.5
12.7	x	254	63.5
12.7	x	304	76.2
19.0	x	154	50.8
19.0	x	203	63.5
19.0	x	254	63.5
19.0	x	304	76.2
25.4	x	152	50.8
25.4	x	203	63.5
25.4	x	254	63.5
25.4	x	304	76.2
50.8	x	152	63.5
50.8	x	203	76.2
50.8	x	254	76.2
50.8	x	304	88.9
76.2	x	152	63.5
76.2	x	203	76.2
76.2	x	254	76.9
76.2	x	304	88.9

TABLA 3.2

4.- Grado D, Tablas y tablones de tercera:
En este grado de calidad quedan comprendidas
las tablas y tablones que tengan los defectos

siguientes:

- a) Vetas de resina grandes, pero cuya superficie total en una cara no pase de un cuarto de la superficie de la misma cara.
- b) Bolsas de resina grandes, siempre que su anchura no pase de 10mm. y su longitud de 300mm.
- c) Agujeros de polilla, de gorgojo, agujeros de cabeza de alfiler en número tal, que la suma de sus diámetros no sea mayor que dos veces el diámetro del nudo máximo admisible. (tabla 3.2)
- d) Se admitan cambios de color que cubran aproximadamente la cuarta parte de la superficie de la cara en que se encuentran.
- e) Se admiten partes podridas en superficies no mayores de un sexto de la anchura por un sexto de longitud, pero solamente en los extremos.
- f) Se admiten rajaduras de 252mm. de largo ya sea en los extremos o en el centro de las mismas, aun cuando atraviesen la tabla.
- g) En cuanto a su manufactura, puede admitirse el grano levantado, el desgarrado, las oquedades y las quemaduras siempre que las áreas que cubran no pasen de una cuarta parte de la superficie de la cara, lo mismo que estrías y cortes imperfectos.
- h) Las torceduras permisibles serán de hasta 19mm.
- i) En cuanto a los nudos sanos, se admiten las mismas dimensiones dadas para las tablas y tablonos de segunda, pero en este grado pueden tolerarse varios nudos siempre que la suma de sus diámetros no exceda del ancho de la cara.

5.- Grado E, Tablas y tablonas de desecho:
 Son los que no cumplen las especificaciones que permiten clasificarse como de tercera.

TABLONES COMERCIALES MAS COMUNES

Grueso en mm.	Ancho en mm.	Largo en m.
50	152,203 y 304	2.52,3.12,3.73,4.33,4.94 y 5.54
76	152,203 y 304	" " " " " "
101	355	" " " " " "

TABLA 3.3

TABLAS COMERCIALES MAS COMUNES

Grueso en mm.	Ancho en mm.	Largo en m.
13	152,203,254 y 304	2.52,3.12,3.73,4.33,4.94, y 5.54
19	152.203,254 y 304	" " " " " "
25	152,203,254 y 304	" " " " " "
38	152,203,254 y 304	" " " " " "

TABLA 3.4

III.3 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

III.3.1 SOLICITACIONES.

La cimbra para concreto deberá soportar todas las cargas que actúen sobre ella, tanto verticales como horizontales hasta que la estructura de concreto esté lo suficientemente capacitada para soportarlas por sí misma. Cuando se hace referencia a las cargas que actúan en una cimbra se debe incluir el peso del acero de refuerzo, así como también el peso del concreto fresco, el peso de los moldes y la carga viva que actúa durante el proceso de construcción. El vaciado del concreto, el movimiento del equipo de construcción y la acción del viento le pueden producir fuerzas laterales que deberán ser resistidas por la cimbra para evitar así la falla de la misma.

Al diseñar la cimbra se deben tratar de alcanzar los siguientes objetivos generales, que tienden a lograr una solución económica.

- 1) Aprovechamiento óptimo de las escuadrías disponibles en el mercado.
- 2) Aprovechamiento óptimo de la resistencia de los distintos elementos de la cimbra. (Diseño balanceado).
- 3) Modulación de los elementos de cimbra.
- 4) Fácil uso múltiple.
- 5) Mano de obra mínima.
- 6) Facilidad de descimbrado.
- 7) Sencillez constructiva.

El grado de precisión con que se dimensiona una estructura debe de ser congruente con las incertidumbres de las características de los materiales y las magnitudes de las cargas. En las cimbras estas incertidumbres son considerables de manera que, por lo general, no se justifica un gran refinamiento en el cálculo, ya que esto se lleva a cabo con acciones que se consideran conservadoras.

CARGAS QUE DEBEN SER TOMADAS EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE UNA CIMBRA.

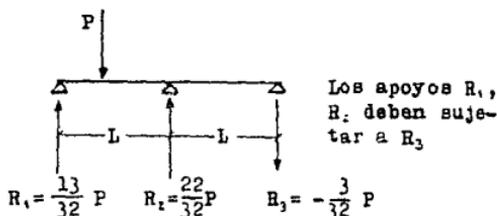
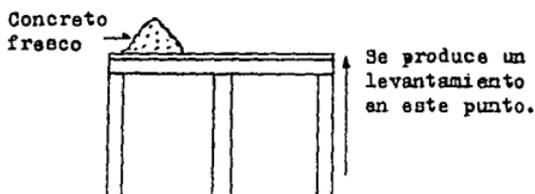
PESO PROPIO: La cimbra de madera generalmente pesa de 50 a 75 kg/m². Cuando este peso es pequeño en comparación con el peso del concreto más la carga viva, puede despreciarse.

CARGAS VIVAS: El A.C.I. recomienda una carga viva uniforme de 250 kg/cm² previniendo de esta manera el peso de los trabajadores, el del equipo, y los deslizamientos e impactos. En condiciones por demás extraordinarias, se puede justificar una tolerancia a ésta, pero la mayoría de los diseñadores utiliza 370 kg/cm² o más, para la construcción donde se use equipo motorizado para el transporte del concreto, el Scaffolding and Shoring Institute, recomienda que debe utilizarse una combinación de carga viva y carga muerta, la que se usará para el diseño del apuntalamiento y que a su vez nunca deberá ser menor de 500kg/cm², independientemente del ancho de la losa.

Según otro criterio, la carga viva puede suponerse equivalente a una acción uniforme de 100kg/cm^2 más una carga concentrada de 700 kg aplicada en cualquier punto de la cimbra.

La acumulación o la descarga de grandes cantidades de material sobre la cimbra, debe ser prohibida por especificación.

ALTERNANCIA DE CARGAS: Cuando los miembros que forman el molde de una losa son continuos, el vaciado del concreto sobre un claro puede causar levantamiento en los puntales que sirven como apoyo de los claros adyacentes. La cimbra deberá estar diseñada para evitar esta situación, y si los miembros de la cimbra que se diseñan no pueden asegurarse para evitar esto, será mejor calcularlos no en forma continua, sino simplemente apoyados. (Figs. 3.2 y 3.3)



En losas muy inclinadas, aunque a no más de 45°, la tendencia del concreto fresco es deslizarse hacia abajo del molde, por lo tanto, la losa debe de estar rígidamente sujeta a sus apoyos, y la componente horizontal de la fuerza que produce el concreto deberá ser resistida por tirantes y contravientos. (Fig. 3.4)

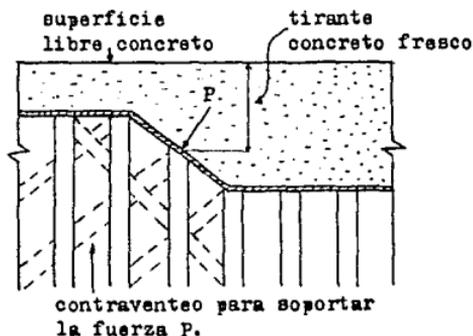


Fig. 3.4

CARGAS LATERALES: Las cimbras y obras falsas - deben soportar todas las cargas laterales debidas a viento, cables de tensión, soportes inclinados, vaciado del concreto y movimientos horizontales del equipo. Normalmente es difícil tener información suficiente para calcular estas cargas con exactitud. El Comité 622 del A.C.I. recomienda las sig. cargas mínimas laterales:

- A) En losas: 150 kg/m de borde de losa, o 2% de la carga muerta sobre la cimbra, (distribuido como una carga por metro de losa), el que sea mayor.

B) En muros: Carga de viento de 50 kg/m² o mayor si así lo exigen los códigos locales, en ningún caso menor de 150 Kg/m de borde de muro, aplicada en la parte alta de la cimbra.

III.3.2 OBTENCION DE PRESION LATERAL EN MUROS.

Para concreto estructural, donde la velocidad de colado es controlada, el Comité 347 del A.C.I. ha desarrollado fórmulas para calcular la presión lateral en los moldes, tomando en cuenta las condiciones de temperatura, velocidad de colado y vibrado. Estas fórmulas de diseño se basan en experiencias de laboratorio y se pueden usar con seguridad, aunque no son muy exactas.

- Para muros donde la rapidez de colado no sea mayor de 2.2 m/hr.

$$P = 732 + \frac{4500 R}{0.056 t + 1} \quad (1)$$

- Para muros donde la velocidad de colado sea mayor de 2.2 m/hr.

$$P = 732 + 1406 \frac{(4.71 + R)}{(0.056 t + 1)} \quad (2)$$

donde: P= máxima presión lateral (Kg/m²)

R= rapidez de colado (m/hr)

t= temperatura del concreto
en los moldes (°C)

Las fórmulas (1) y (2) dan muy buen resultado - cuando el concreto es vibrado internamente y tiene una densidad normal así como cuando es colado con una rapidez de 3 m/hr. ó menos, y con un revenimiento no mayor de 10 cm.

La profundidad de vibrado se limita a 1.2 m. - abajo de la superficie libre de concreto y el vibrado se utilizará para incrementar su densidad, pero no para inducirle movimientos laterales.

III.3.3 OBTENCION DE PRESION LATERAL EN COLUMNAS.

En muchos tipos de construcción, las cimbras - para columnas pequeñas (queriendo decir con ésto de que al vaciar el concreto se hace en un tiempo relativamente pequeño), cuando se vibra, estas vibraciones se extienden a lo larga de toda la pieza y da como resultado presiones laterales mucho más grandes - que las que ocurran en cimbras para muros.

Si toda la longitud de la columna es colada en menos tiempo que el que requiere el concreto para rigidizarse completamente, la presión será esencialmente hidrostática.

La siguiente fórmula fué desarrollada por el - Comité 347 del A.C.I. la cual indica la máxima presión lateral para cimbras de columna, pesando el concreto aproximadamente 2.4 Ton/m³.

$$P = 732 + \frac{4500 R}{0.056t + 1} \quad (3)$$

ó 2400 h (la que sea menor)

- donde P = máxima presión lateral (kg/m²)
 R = rapidez de colado (m/hr)
 t = temperatura del concreto
 en los moldes (°C)
 ó h = altura de la columna.

Esta fórmula se recomienda para el diseño de cimbras para columnas donde la altura no exceda los 5.50 m, además esta ecuación deberá ser usada para determinados análisis de presiones, donde la máxima longitud horizontal no exceda 1.8 m; para cualquier otra situación se aplicarán las fórmulas para diseño de cimbras para muros.

III.3.4. DIMENSIONAMIENTO DE MIEMBROS SUJETOS A COMPRESION.

1) Notación:

- A : Area de la sección transversal del miembro (cm²)
 c : Esfuerzo permisible en la columna por compresión paralela a la fibra (Kg/cm²) corregida por esbeltez.
 d : Mínima dimensión transversal del miembro o de cada una de las piezas que constituyen una columna espaciada (cm).
 E : Módulo de elasticidad a compresión (Kg/cm²).
 L : Longitud de extremo a extremo de las columnas de un solo tramo, ya sean simples o espaciadas, o bien, la distancia de centro a centro de los apoyos laterales en columnas continuas (cm).
 P : Carga axial (Kg).
 fc : Esfuerzo permisible en compresión paralela a la

fibra (Kg/cm²).

- 2) Clasificación: Las columnas a que pueden aplicarse estas especificaciones se clasifican en simples, compuestas y espaciadas.
- Las columnas simples están formadas por una sola pieza.
 - Las columnas compuestas están formadas por dos ó más miembros, con ejes longitudinales paralelos y ligados a sus extremos por empaques y pernos ó conectores que resistan la fuerza cortante que existe en las columnas, debida a su deformación.
- 3) Columnas simples: El esfuerzo permisible en columnas simples de madera de sección rectangular, se valorará de conformidad con la siguiente expresión:

$$\frac{P}{A} = \frac{0.3 E}{(L/d)^2} \quad (4)$$

Es normal que una columna de madera se use en lugar seco y que cuando menos se haya curado superficialmente antes de aplicarle la carga máxima.

- 4) Columnas espaciadas: Todas las piezas que constituyen una columna espaciada tendrán la misma dimensión mínima. El espesor de los empaques será también igual a dicha dimensión.
- 5) Columnas compuestas: La capacidad de una columna compuesta se calculará con las fórmulas para columnas simples pero reduciendo las capacidades

así obtenidas de acuerdo con la siguiente tabla.(3.5)

L/d	Capacidad reducida, % de la calculada
2	88
6	82
10	77
14	71
18	65
22	74
26	82
30	91
34	99

TABLA 3.5

Para valores intermedios de L/d debe interpolarse linealmente.

III.3.5. EFECTOS DE ESBELTEZ EN MIEMBROS SUJETOS A COMPRESION.

Cuando un miembro de madera sometido a compresión es relativamente corto el efecto de esbeltez es poco significativo, la falla es por aplastamiento y se desarrolla practicamente toda la resistencia a compresión. El Reglamento DDF-76, teniendo esto en cuenta, permite despreciar el efecto de esbeltez para valores de:

$$\frac{K L}{d} \leq \sqrt{\frac{0.3 E}{f_{cp}}} \quad (5)$$

donde: L = longitud libre de pandeo en columnas,
ó longitud entre soportes laterales -
de vigas.

K = valor que define la longitud efectiva de un elemento en compresión (tabla 3.6)

d = dimensión transversal de la columna paralela al plano de flexión.

E = Módulo de elasticidad

f_{cp} = Esfuerzo permisible en compresión paralela a las fibras. (tabla 3.1)

VALORES DE K

CONDICIONES DE APOYO EN LOS EXTREMOS DEL ELEMENTO	K
Los dos fijos, sin desplazamiento lateral	0.65
Uno fijo y uno articulado, sin desplazamiento lateral	0.80
Los dos fijos, con desplazamiento lateral	1.20
Los dos articulados, sin desplazamiento lateral	1.00
Uno fijo y otro libre	2.00

TABLA 3.6

Para tener en cuenta los efectos de esbeltez, se presenta a continuación las recomendaciones del Reglamento D.D.F.

Se debe revisar que en la sección crítica de una pieza maciza se cumpla que:

$$\frac{P}{A_n} + \frac{P}{f_{bd} \cdot C_f} \cdot \frac{6 \alpha \beta}{d_e} \leq 1 \quad (6)$$

donde: f_{cd} = esfuerzo de diseño en compresión paralela a las fibras, dado por:

$$f_{cd} = \frac{0.3 E}{(KL/b)^2} \leq f_{cp} \quad (7)$$

Además :

P = fuerza normal de compresión en condiciones de servicio.

A_n = Area neta de la sección transversal final del elemento.

KL/b = relación máxima de esbeltez

b = dimensión transversal normal al plano de flexión considerado del elemento.

$$\phi = 1 \quad \text{cuando } KL/b \leq \sqrt{\frac{0.3 E}{f_{cp}}} \quad (8)$$

$$\phi = 1.25 \quad \text{cuando } KL/b > \sqrt{\frac{0.3 E}{f_{cp}}} \quad (9)$$

e = excentricidad de la carga P ; $e_{min} = 0.1$ para (b ó d)

d_e = dimensión de la sección transversal en dirección de la excentricidad e .

$$C_f = 0.81 \frac{d^2 + 922}{d^2 + 568} ; d \text{ en cm. } C_f = 1 \text{ para } d \leq 30 \text{ cm.} \quad (10)$$

$$f_{bd} = f_{bp} , \quad \text{cuando } C_B \leq 10; C_B = 1.4 \sqrt{\frac{d}{b^2}} \quad (11)$$

f_{bd} = esfuerzo de diseño en flexión

$$f_{bd} = f_{bp} \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{C_B}{C_k} \right)^4 \right] \quad (12)$$

$$\text{cuando } 10 < C_B \leq C_k , C_k = \sqrt{\frac{3 E}{5 f_{bp}}} \quad (13)$$

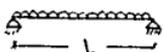
$$f_{bd} = \frac{0.40 E}{C_B^2} , \quad \text{cuando } C_k < C_B \leq 50. \quad (14)$$

L = longitud entre soportes que evitan el pandeo.

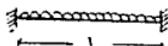
f_{bp} = esfuerzo permisible en flexión (tabla 3.1)

III.3.6. DISEÑO DE PIEZAS EN FLEXION.

Para el caso de una cimbra, las condiciones de apoyo determinan el valor del momento flexionante - para los siguientes casos:



$$M_{\max} = \frac{w L^2}{8} \quad (15)$$



$$M_{\max} = \frac{w L^2}{12} \quad (16)$$

Por lo tanto es apropiado diseñar para una condición promedio

$$M_{\max} = \frac{w L^2}{10} \quad (17)$$

Despues de obtener el momento máximo, podremos dimensionar nuestro elemento a travez de la fórmula de la escuadría :

$$\frac{M}{f_m} = \frac{I}{y} \quad (18)$$

donde: M = momento flexionante.

f_m = Esfuerzo permisible a flexión.

I = Momento de inercia.

y = Distancia del eje neutro a la fibra más alejada.

Por lo cual se tomará en cuenta las siguientes condiciones :

- Se supone que una viga de sección circular tiene el mismo momento resistente que una viga de sección cuadrada de igual área.
- Si el peralte de una viga de sección rectangular excede de 30 cm. se debe introducir el siguiente factor de ajuste F que multiplique al momento de inercia.

$$F = 0.81 \frac{h^2 + 922}{h^2 + 568} \quad (19)$$

donde h es el peralte del miembro en cm.

III.3.7. COMBINACION DE FLEXION Y CARGA AXIAL.

Los miembros sujetos a flexotensión deberán dimensionarse en forma tal que:

$$\frac{P}{A} + \frac{M}{S} \leq f_m \quad (20)$$

y los miembros sujetos a flexocompresión:

$$\frac{P}{A} + \frac{M}{f_m S \left(1 - \frac{PL^2}{2EI} \right)} \leq 1 \quad (21)$$

donde: A = Área de la sección transversal de la pieza (cm^2).

E = Módulo de elasticidad (Kg/cm^2).

f_m = Esfuerzo permisible a la flexión (Kg/cm^2).

I = Momento de inercia (cm^4).

M = Momento flexionante (Kg.cm)

S = Módulo de sección (cm^3)

En columnas espaciadas estas fórmulas sólo se aplican si la flexión actúa en dirección paralela a la mayor dimensión de los miembros individuales.

III.3.8. DIMENSIONAMIENTO DE MIEMBROS SUJETOS A TENSION

La tensión de trabajo que puede soportar un miembro de madera se calcula por medio de la ecuación :

$$T = A_n \cdot f_{tp} \quad (22)$$

donde: T = Tensión que puede soportar el miembro en condiciones de servicio.

A_n = Área neta o efectiva de la sección con siderada.

f_{tp} = Esfuerzo de tensión permisible paralelo a las fibras.

El área neta se define como la sección total menos las reducciones debidas a ranuras o agujeros para pernos o tornillos. La capacidad del miembro estará regida por la capacidad de la sección que tenga el área neta mínima.

III.3.9. ESFUERZO CORTANTE.

Para el cálculo del esfuerzo cortante deben emplear se las fórmulas convencionales de resistencia de materiales. Considerando la tendencia de una viga a fallar cayendo entre los apoyos, esto es, a moverse verticalmente con respecto a una parte adyacente, se llama - fuerza cortante vertical, y los esfuerzos internos que resisten esta tendencia a fallar son esfuerzos cortantes.

La magnitud de la fuerza cortante en cualquier sección de una viga es la suma algebraica de las fuerzas verticales que hay a la izquierda o a la derecha de la sección. Una forma conveniente de expresar esta proporción es: "la fuerza cortante vertical en cualquier sección de una viga es igual a la reacción menos las cargas". La letra V se usa para representar la fuerza cortante.

El criterio puede generalizarse para todos aquellos elementos de una estructura sujeta a esfuerzo cortante.

El esfuerzo cortante debido a una carga concentrada distante menos de un peralte del apoyo, puede reducirse a dicho tramo a los $2/3$ de su valor calculado.

El esfuerzo cortante se revisará con la expresión:

$$\frac{3 V}{2bd_1} \cdot \frac{d}{d_1} \leq V_p \quad (23)$$

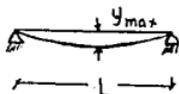
donde: d_1 = peralte efectivo.

III.3.10. FLECHA

A la deformación máxima provocada por la flexión se le denomina comunmente flecha máxima y su valor depende principalmente del claro "L".

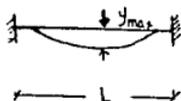
Los casos más comunes para determinar la flecha según las condiciones de apoyo son:

Caso 1



$$y_{\max} = \frac{5 w L^4}{384 EI} \quad (24)$$

Caso 2



$$y_{\max} = \frac{w L^4}{384 EI} \quad (25)$$

Por lo que se acostumbra diseñar para la condición:

$$y = \frac{3 w L^4}{384 EI} \quad (26)$$

donde: y = Flecha máxima (cm).

w = carga actuante por metro lineal (Kg/cm)

E = Módulo de elasticidad (Kg/cm²).

I = Momento de inercia (cm⁴).

L = Claro total del elemento (cm).

Existen dos criterios para determinar los límites de "y" para elementos de madera; el americano que recomienda $y_{\max} = 1/360$ del claro, y el europeo que indica $y_{\max} = 1/500$ del claro.

Si aceptamos estos límites, tendremos dos fórmulas que aplicadas a una sección y a una carga por - por metro dadas nos permiten determinar "L".

Criterio americano:

$$L = \sqrt[3]{0.355 \frac{E I}{w}} \quad (27)$$

Criterio europeo:

$$L = \sqrt[3]{0.256 \frac{E I}{w}} \quad (28)$$

III.3.11. PANDEO LATERAL

En todos los casos se tomará en cuenta la posibilidad de pandeo lateral. Para evitarlo, las piezas de berán quedar correctamente contraventeadas.

III.3.12. ELEMENTOS DE UNIÓN.

a) Generalidades: Para determinar la capacidad de los distintos elementos de unión tales como los clavos, pernos, conectores, pijas y otros, la madera se dividirá en tres grupos;

- Coníferas livianas $\gamma \leq 0.5$
- Coníferas densas $\gamma > 0.5$
- Estructurales densas de hoja caduca (cedro, álamo, y similares).

b) Clavos: Sólo se permiten para uso estructural los clavos comunes de alambre de acero estirado en frío. Para determinar su capacidad de carga lateral se empleará la fórmula :

$$P = K D^{3/2} \quad (29)$$

donde : P = Carga de trabajo en kilogramos por clavo.
 K = Constante consignada en la tabla 3.7
 D = Diámetro del clavo en mm.

GRUPO	K
Coníferas livianas	3.50
Coníferas densas	4.30
Estructurales densas de hoja caduca	5.00

TABLA 3.7

Para que la fórmula anterior sea válida se requiere reunir las siguientes condiciones mínimas:

- que el clavo penetre cuando menos 2/3 de su longitud en la pieza principal.
- que las separaciones entre clavos sean como sigue:

Paralelas a la carga:

12 D del borde cargado

5 D del borde no cargado

10 D entre clavos de una hilera.

Normales a la carga:

5 D entre hileras.

- c) Tornillos: Se aplicarán estas normas a tornillos de acero para madera, de cualquier tipo de cabeza.

La capacidad lateral estará dada por la siguiente expresión:

$$P = K D^2 \quad (30)$$

donde: P = Carga de trabajo en kg. por tornillo.

K = Constante consignada en la tabla 3.8

D = Diámetro del tornillo en mm.

GRUPO	K
Coníferas livianas	1.80
Coníferas densas	2.30
Estructurales densas de hoja caduca	2.50

TABLA 3.8

Estas piezas deben insertarse en agujeros previamente hechos con un diámetro de 0.875 del diámetro - del tornillo en la zona de rosca. La penetración en el miembro que contenga la punta será cuando menos 7 veces el diámetro del tornillo

Las separaciones serán como sigue:

Paralelas a la carga:
 8D del borde cargado
 4D del borde no cargado
 6D entre tornillos

Normales a la carga
 4D entre hileras.

- d) Pernos: Se entiende que se trata de pernos de acero con cabeza en un extremo o con dos extremos roscados y usando rondanas bajo cabeza y tuerca. La capacidad de un perno estará dada por las sig. expresiones para los dos casos siguientes:

I.- Carga aplicada paralela a la fibra.

$$P = 0.50 f_c t D K \quad (31)$$

donde; P = Carga de trabajo en kg. por perno.

f_c = Esfuerzo de compresión paralelo a la fibra.

D = Diámetro del perno en cm.

t = Espesor menor o suma de espesores de los miembros que transmiten los esfuerzos en cm, para juntas a tope, δ

t = Doble del espesor de la pieza más delgada (en cm) para juntas traslapadas.

K = Constante consignada en la tabla 3.9

t/d	K
3	1.00
4	0.99
5	0.95
6	0.85
7	0.73
8	0.64
9	0.57
10	0.51
13	0.39

TABLA 3.9

Para valores intermedios de t/d deberá interpolarse linealmente.

Quando se tengan "cachetes de placa de acero:

$$P = 0.66 f_c t D K \quad (32)$$

II.- Carga aplicada normal a la fibra

$$P = 0.66 f_c t D K_1 K_2 \quad (33)$$

donde K_1 y K_2 = Constantes consignadas en la tabla 3.10

f_c = Esfuerzo normal a la fibra.

t/D	K	D	K
Hasta 9	1.00	3/8"	2.50
10	0.94	1/2"	1.95
11	0.85	5/8"	1.68
12	0.76	3/4"	1.52
12	0.68	7/8"	1.41
13	0.62	1"	1.33
		1 1/4"	1.27
		3" ó más	1.03

TABLA 3.10

- e) Conectores; La capacidad de carga de estos elementos se determinará de acuerdo con los datos proporcionados por los fabricantes de los mismos.

PROPIEDADES MAS IMPORTANTES DEL TRIPLAY

Hoja de triplay milímetros.	Espesor medio. de las capas.	Espesor de las capas (nominal)			1 cr. de ancho con la veta visible paralela al eje.			1 cr. de ancho con la veta visible perpendicular al eje.			Peso Aproximado (Kg)	
		Exteriores	Interiores	Central (para 3 y 7 capas)	Área de la sección = transversal. cm^2	Momento de inercia. cm^4	Módulo de sección. cm^3	Área de la sección transversal. cm^2	Momento de inercia. cm^4	Módulo de sección. cm^3	Hoja de 1.22 x 2.44	100 m ²
3.20	3	1.60	1.50		0.16	0.0023	0.0145	0.1573	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	9.080	305.00
6.35	3	2.82	2.82		0.35	0.0144	0.0612	0.2793	0.0019	0.0132	11.750	341.00
8.90	3	3.20	4.80		0.47	0.0226	0.1321	0.4725	0.0049	0.0378	16.344	549.00
9.50	5	2.54	2.12	2 2.12	0.53	0.0312	0.1079	0.4200	0.0204	0.0644	16.344	549.00
12.70	5	3.20	3.20	2 2.54	0.78	0.1259	0.1987	0.5040	0.0460	0.1071	22.246	747.00
15.90	5	3.20	4.80	2 3.20	0.95	0.2271	0.2867	0.4300	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	0.2323	0.3265	32.234	1083.00
19.00	7	3.20	2 2.12	3 3.20	0.95	0.3889	0.4097	0.9450	0.1840	0.2701	32.234	1083.00
22.20	7	3.20	2 4.00	3 3.20	1.27	0.5407	0.5241	0.9450	0.3303	0.3746	37.682	1266.00
25.40	7	3.20	2 3.20	3 4.80	1.11	0.7344	0.3796	1.4175	0.6256	0.6073	43.544	1454.00
28.60	7	3.20	2 4.80	3 4.80	1.42	1.0455	0.7362	1.4175	0.8841	0.7491	48.578	1622.00

TABLA 3.11

III.3.13. APLICACION

- DISEÑO DE CIMBRA PARA MURO.

Tomando en cuenta las solicitudes de proyecto y a manera de comparación entre los dos distintos métodos de cimbrado que estamos estudiando, se hará primeramente el diseño de una cimbra de madera para un elemento existente en la estructura que se tomó como caso práctico para la realización de este estudio comparativo, escogeremos el muro por ser este elemento muy representativo en la estructura, ya que ésta se compone por muros de carga y losas coladas monolíticamente.

-Solicitaciones:

altura del muro = 3.60 m.

vel. de colado = 0.9 m/hr.

temperatura = 27°C

se usarán hojas de triplay de 3/4" (1.9 cm.) de espesor, $\gamma = 0.6$ de 1.20m. x 1.40 m. y tensores de 2800 Kg. de capacidad; la cimbra se usará una sola vez.

Para largueros verticales usaremos madera cuya γ sea de 0.4 .

- Solución:

a) Determinación de la presión lateral máxima.

$$P = 732 + \frac{4500 R}{0.056 t + 1} = 732 + \frac{4500 \times 0.9}{(0.056 \times 27) + 1}$$

$$P = 2344 \text{ Kg./m}^2$$

De la tabla 3.1, tendremos que: $f = 196 \gamma$

$\gamma = 0.6$ (por ser triplay)

el esfuerzo admisible será;

$$f = (196)(0.6) = 117.6 \text{ Kg/cm}^2$$

como la cimbra se usará una sola vez, el esfuerzo admisible se incrementa un 25%.

$$f_{ad} = (117.6)(1.25) = 147 \text{ Kg/cm}^2$$

considerando S para un metro de ancho, de la tabla 3.11 obtendremos el módulo de sección;

$$S = (100)(0.3598) = 35.98 \text{ cm}^3$$

finalmente:

$$L = 0.32 \sqrt{\frac{(147)(35.98)}{2344}} = 0.48 \text{ m (L}_{\text{max}} \text{ por flexión)}$$

- 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.

Revisión por flexión:

$$M_{\text{max}} = \frac{w L^2}{10}$$

Para obtener M en Kg · cm

$$M_{\text{max}} = \frac{w L^2}{10} \times 100 = 10 w L^2$$

Momento resistente :

$$M_r = f_{ad} \cdot S$$

Igualando momentos:

$$f_{ad} \cdot S = 10 w L^2$$

Por lo tanto:

$$L = 0.32 \sqrt{\frac{f_{ad} \cdot S}{w}}$$

Revisión por flecha:

considerando $y_{max} = \frac{3 w L^4}{384 EI} \times 10\ 000$;

así como $y_{ad} = \frac{L}{360}$

Igualando flechas

$$\frac{L}{360} = \frac{3 w L^4}{384 EI} \times 10\ 000$$

$$L = \sqrt[3]{0.0000355 \frac{EI}{w}}$$

De la tabla 3.1, encontramos que el módulo de elasticidad en flexión ó tensión simple es $E = 196\ 000 \gamma$

$$E = (196\ 000)(0.6) = 117\ 600 \text{ Kg/cm}^2.$$

De la tabla 3.11, el momento de inercia es :

$I = 0.3413 \text{ cm}^4$, para un cm. de ancho con la veta - visible paralela al claro.

Considerando 1 m. de ancho:

$$I = (100)(0.3413) = 34.13 \text{ cm}^4$$

Sustituyendo los valores anteriores tenemos que:

$$L = \sqrt[3]{0.0000355 \frac{(117\ 600)(34.13)}{2344}} = \underline{\underline{0.39 \text{ m}}}$$

Usar espaciamentos de 0.40m. para largueros verticales.

- c) Dimensionamiento de largueros verticales y espaciamiento de vigas mdrinas.- Se fijará la sección de los largueros para calcular el claro máximo admisible que será el espaciamiento de las vigas mdrinas.

Utilizaremos largueros de 2"x4".

Revisión por flexión:

$$l_{\max} = 0.32 \sqrt{\frac{f_{ad} \cdot S}{w}}$$

El ancho efectivo de los largueros de 2" x 4" es de 1 5/8" = 4.13 cm.

Momento de inercia de la sección:

$$I = \frac{1}{12} (4.13)(10.16)^3 = 360.95 \text{ cm}^4$$

Módulo de sección:

$$S = \frac{I}{h/2} = \frac{360.95}{10.16/2} = 71.05 \text{ cm}^3$$

De la tabla 3.1, obtenemos el esfuerzo admisible en tensión simple:

$$f = 196 \gamma, \quad \gamma = 0.4 \text{ por ser madera diferente al triplay.}$$

$$f_{adm} = (196)(0.4) = 78.4 \text{ Kg/cm}^2$$

Se aumentará un 25% el esfuerzo admisible porque la madera se utilizará una sola vez.

$$f_{adm} = (78.4)(1.25) = 98 \text{ Kg/cm}^2$$

Carga en largueros:

$$w = (2344)(0.4) = 938 \text{ Kg/m}$$

$$L_{\max} = 0.32 \sqrt{\frac{f_{adm} \cdot S}{w}}$$

Sustituyendo:

$$L_{\max} = 0.32 \sqrt{\frac{(98)(71.05)}{938}} = \underline{\underline{0.87 \text{ m.}}}$$

Revisión por flecha:

$$L_{\max} = \sqrt[3]{\frac{384 E I}{(30\ 000)(360)w}}$$

$$L_{\max} = \sqrt[3]{\frac{(384)(78\ 400)(360.95)}{(30\ 000)(360)(938)}} = \underline{\underline{1.02 \text{ m.}}}$$

Revisión por corte:

$$v = \frac{3 V}{2 b h}$$

donde ; $V = 0.6 w \cdot L$ (viga continua con tres ó más claros).

$$v = \frac{(3)(0.6 wL)}{2 b h}$$

De la tabla 3.1 , el esfuerzo de corte admisible es:

$$f_{adm} = 35 \gamma^{\wedge}, \quad f_{adm} = (35)(0.4) = 14 \text{ Kg/cm}^2$$

Igualando:

$$\frac{(3)(0.6 wL)}{2 b h} = 14$$

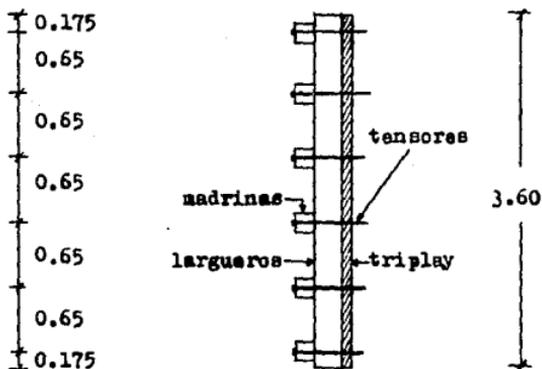
Despejando L:

$$L = \frac{(14)(2bh)}{(0.6)(3) w} = 15.55 \frac{b h}{w}$$

Sustituyendo:

$$L = 15.55 \frac{(4.13)(10.16)}{938} = \underline{\underline{0.695 \text{ m.}}}$$

Como se puede observar, por flexión tenemos que el espaciamiento de las vigas mdrinas es máximo de 0.87m., por flecha es de 1.02 m. y por cortante es de 0.69 m. por lo tanto las vigas mdrinas se espaciaron a cada 0.65 m. y se usará la siguiente distribución.



d) Espaciamientos de tensores y dimensionamiento de vigas mdrinas.

Carga en mdrinas:

$$w = (2344)(0.65) = 1524 \text{ Kg/m}$$

Espaciamiento de tensores:

$$c = \frac{2800 \text{ Kg}}{1524 \text{ Kg/m}} = 1.84 \text{ m.}$$

Se usarán tensores a cada 1.80m. y éste será el claro de las vigas mdrinas.

Se acostumbra colocar las vigas mdrinas en pares para evitar la perforación de los tensores.

- Revisión por corte:

$$v = \frac{3 V}{2bh} ; \quad bh = \frac{3 V}{2 v}$$

Sabemos que $V = 0.6 w L$, y a su vez que de la tabla 3.1 el esfuerzo cortante admisible es $v = 35 \gamma$, donde $\gamma = 0.6$

Por lo tanto tenemos que:

$$bh = \frac{3 (0.6wL)}{2 v} = \frac{1.8 w L}{2 v} =$$

Sustituyendo:

$$bh = \frac{(1.8)(1524)(1.8)}{2 (21)} = 117.57 \text{ cm}^2$$

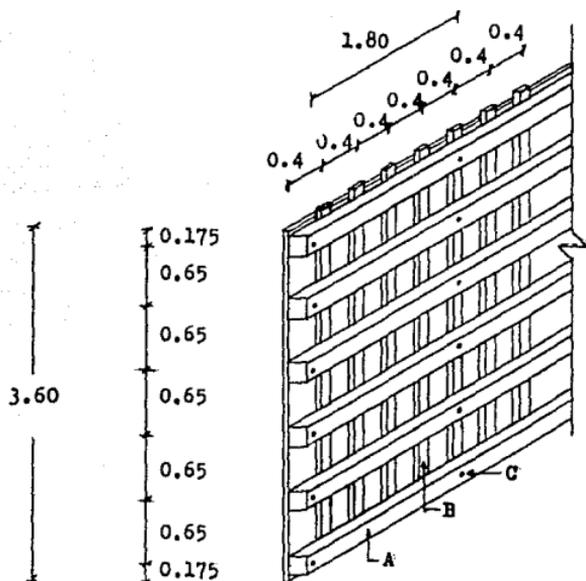
Si colocamos dos vigas de 4" x 4", el ancho efectivo es de $3 \frac{5}{8}" = 9.20 \text{ cm}$.

Por lo tanto:

$$bh = 2 \times 9.2 \times 9.2 \text{ cm} = 169.28 \text{ cm}^2 > 117.57 \text{ cm}^2$$

Como se puede observar, la sección propuesta pasa por corte.

La cimbra para muro que ha sido diseñada quedará de la siguiente manera:



Notación:

- A) vigas mdrinas, 2 de 4" x 4" @ 65cm
- B) largueros verticales de 2" x 4" @ 40cm
- C) tensores en vigas mdrinas @ 1.80 m.

III.3.14 DISEÑO CIMBRA TUNEL

GENERALIDADES: El diseño de la cimbra túnel, en comparación con el de una cimbra convencional, se reduce solamente a calcular el espaciamiento que deberán tener los atiesadores (cuya sección propuesta veremos más adelante) para que las deformaciones que sufra la placa de acero que está en contacto directo con el concreto y que recibirá el empuje de ésta, no sean mayores que las permisibles, tomando en cuenta que las propiedades del acero a utilizar, en este caso coinciden con la especificación A-36

Un atiesador es un elemento estructural que se coloca en el sentido longitudinal de la placa de acero que servirá como cimbra de contacto y que va soldado a ésta, y su función principal es la de rigidizar dicha placa.

Para determinar la distancia a que irán los atiesadores, tomaremos como elemento estructural para su análisis y posteriormente su diseño, un panel de muro de la cimbra por ser éste más desfavorable que el panel de losa.

Las condiciones de apoyo del panel de muro se pueden considerar de la siguiente manera: El panel está sujeto por medio de tornillos o tensores en sus extremos inferior y superior, por lo tanto funciona esencialmente como una viga simplemente apoyada.

(Fig. 3.5)

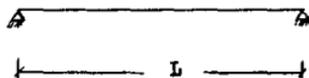


FIG. 3.5

donde L = altura total del muro

La carga que estará actuando será el empuje que proporcione el concreto recién vaciado, éste se comporta como un fluido y el valor de dicho empuje estará dado por la siguiente expresión:

$$P = \gamma_c \cdot A_p \cdot h \cdot h/2 \quad (34)$$

donde: P = Empuje del concreto sobre el panel

γ_c = Peso específico del concreto (2400kg/m³)

A_p = Ancho de la placa

h = Altura de la placa

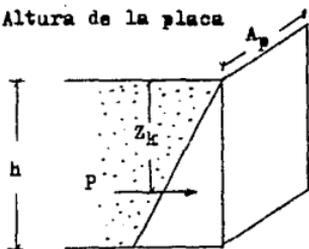


FIG. 3.6

La profundidad del centro de presiones (z_k) - según las características de la figura 3.6, tiene el siguiente valor:

$$z_k = \frac{2}{12} \frac{h^2}{h} + \frac{h}{2} = \frac{2}{3} h \quad (35)$$

Lo anterior quiere decir que el empuje producido por el concreto recién vertido se localizará a $\frac{2}{3}$ de la altura efectiva de la sección a estudiar, medida a partir del extremo superior.

La deformación admisible para un elemento de acero es de aproximadamente $\frac{1}{240}$ a $\frac{1}{200}$ del claro; para este caso tomaremos la altura total del muro que es de 3.60 m. por lo cual aceptaremos una flecha que esté dentro del siguiente rango:

$$y_{\max} \leq 1.5 \text{ cm. } \text{ ó } y_{\max} \leq 1.8 \text{ cm.}$$

Considerando el panel de muro como una viga simplemente apoyada en sus extremos, tendremos el siguiente diagrama de cuerpo libre:

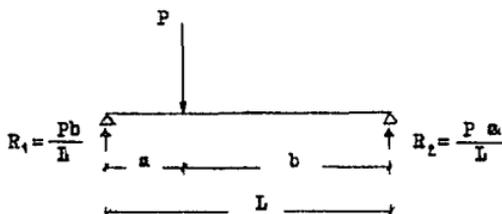


Fig. 3.7

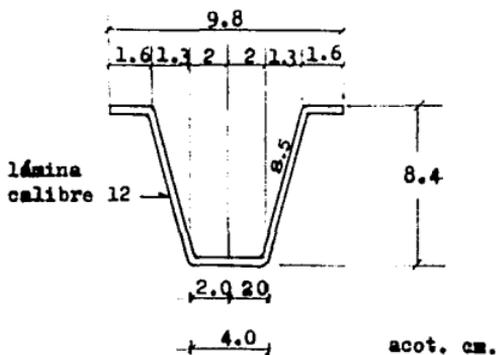
Utilizando el método de la doble integración, obtenemos las expresiones que nos determinarán el valor de la flecha en cualquier punto x .

$$E I y = \frac{Pb}{6L} \left[x^3 - (L^2 - b^2)x \right] \quad \text{para } 0 \leq x \leq a \quad (36)$$

$$E I y = \frac{Pb}{6L} \left[x^3 - \frac{L}{b} (x - a)^3 - (L^2 - b^2)x \right] \quad \text{para } a \leq x \leq L \quad (37)$$

Hay que observar que las flechas indicadas por las ecuaciones 36 y 37 son válidas para cualquier punto de aplicación de la carga P, es decir, independientemente de si P está a la derecha o a la izquierda del centro de la viga.

Tomando en cuenta que el ancho de una escuadra de la cimbra túnel por razones de proyecto es de 2.40 m. y la sección propuesta de los atiesadores es la siguiente:



para que los atiesadores queden equidistantes a lo largo de todo el claro, (en este caso el ancho del panel) y que exista una separación razonable entre las cejas de estos, se colocarán a cada múltiplo de 16 cm y así poder determinar si la rigidez que proporcionan a la placa o lámina de acero es suficiente para que ésta no se deforme más del valor admisible.

Cabe hacer notar que colocando los atiesadores a cada 12 cm. tambien quedarían equidistantes y la separación entre sus cajas es tambien razonable, pero esto implicaría colocar 20 piezas a lo largo del claro en lugar de 14 piezas utilizandolos a cada 16 cm.

Suponiendo primeramente una separación de atiesadores de 16 cm (de eje a eje), determinaremos el momento de inercia de la sección. Para la cimbra de contacto se utilizará lámina calibre 10 y los atiesadores serán fabricados con lámina calibre 12.

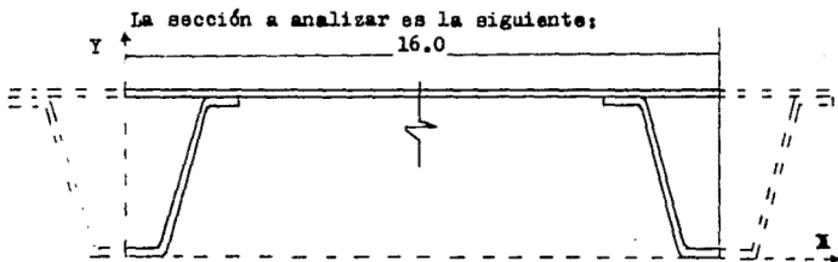


Fig. 3.9

Para simplificar los cálculos, podemos tomar la siguiente sección, que es totalmente equivalente a la anterior.

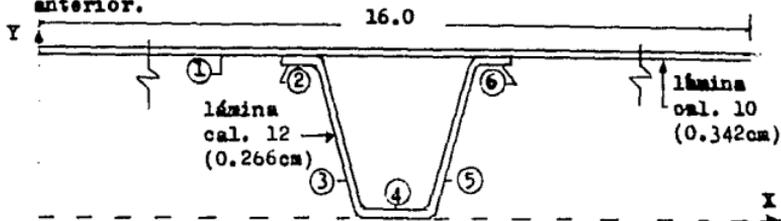


Fig. 3.10

La sección propuesta (Fig. 3.10) ha sido dividida en secciones más pequeñas para así poder determinar las propiedades de cada una de éstas siguiendo la secuencia de cálculo como se indica a continuación. Cabe mencionar que las partes en que fué dividida la sección se considerarán rectangulares debido a que son muy pequeñas, por lo tanto esto no influirá de manera determinante en los resultados que se obtengan.

Sección	Área cm ²	\bar{x} cm	\bar{y} cm	\bar{x}^2 cm ²	\bar{y}^2 cm ²	$A\bar{y}^2$ cm ⁴	I_x cm ⁴
①	5.47	8.00	8.571	64.00	73.46	401.83	0.0533
②	0.43	3.90	8.267	15.21	68.34	29.39	0.0025
③	2.26	5.35	4.200	28.62	17.64	39.87	13.61
④	1.06	8.00	0.133	64.00	0.018	0.02	0.0063
⑤	2.26	10.65	4.200	113.42	17.64	39.87	13.61
⑥	0.43	12.10	8.267	146.41	68.34	29.39	0.0025
Σ	11.91					540.37	27.28

TABLA 3.12

Utilizando el teorema de los ejes paralelos que nos dice que: "El momento de inercia de un área con respecto a un eje cualquiera es igual al momento de inercia de la misma con respecto a un eje paralelo al primero y que pasa por su centroide, más el producto del área y el cuadrado de la distancia entre los dos ejes", tenemos lo siguiente:

$$I_{xx} = \Sigma I_x + \Sigma A\bar{y}^2 = 27.28\text{cm}^4 + 540.37\text{cm}^4 =$$

$$I_{xx} = \underline{\underline{567.65 \text{ cm}^4}}$$

Por otro lado, sabemos que el módulo de elasticidad del acero vale:

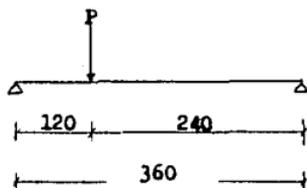
$$E = 2.039 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2.$$

Retomando la figura 3.7 y para nuestras condiciones particulares tendremos que:

$$L = 360 \text{ cm (altura total del muro)}$$

$$a = 120 \text{ cm}$$

$$b = 240 \text{ cm}$$



De la ecuación (34), el empuje del concreto será:

$$P = (0.0024 \text{ Kg/cm}^3)(16\text{cm})(360\text{cm})(180\text{cm})=$$

$$P = \underline{\underline{2488.32 \text{ Kg.}}}$$

Debido a que $a < b$, es evidente que la flecha máxima se producirá a la derecha de la carga P , y tiene lugar en el punto en que la pendiente de la viga es nula.

Diferenciando la ecuación (37), la pendiente en esta zona está dada por:

$$EI \frac{dy}{dx} = \frac{Pb}{6L} \left\{ 3x^2 - \frac{L}{b} (3x^2 - 6ax + 3a^2) - (L^2 - b^2) \right\}$$

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Igualando a cero la pendiente tendremos que:

$$3x^2 - \frac{L}{b} (3x^2 - 6ax + 3a^2) - (L^2 - b^2) = 0$$

Reduciendo la expresión:

$$-\frac{L}{b} x^2 + \frac{6aL}{b} x - \frac{3La^2}{b} - (L^2 - b^2) = 0$$

Tenemos una ecuación de segundo grado, por lo que para encontrar sus raíces utilizaremos la sig. expresión:

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

donde $a = -\frac{L}{b}$

$$b = \frac{6aL}{b}$$

$$c = \frac{-3La^2}{b} - L^2 + b^2$$

Sustituyendo a, b, c

$$X_{1,2} = \frac{\frac{-6aL}{b} \pm \sqrt{\left(\frac{-6aL}{b}\right)^2 - 4\left(-\frac{L}{b}\right)\left(\frac{-3La^2}{b} - L^2 + b^2\right)}}{2\left(-\frac{L}{b}\right)}$$

Para nuestro caso;

$$a = 120 \text{ cm}$$

$$b = 240 \text{ cm}$$

$$L = 360 \text{ cm}$$

Después de sustituir los valores anteriores, obtenemos que $X_1 = 164.04$ cm y $X_2 = 555.96$ cm. Obviamente la flecha máxima se presenta a 164 cm. ya que la otra raíz está fuera del claro.

Sustituyendo $x = 164$ cm, así como I , E , P , calculados anteriormente, en la expresión (37), obtendremos el valor de la flecha máxima.

$$EI y_{\max} = \frac{(2488.32)(240)}{6(360)} \left[164^3 - \frac{360}{240}(164-120)^3 - (360^2 - 240^2)164 \right]$$

$$y_{\max} = \frac{-2.085 \times 10^9}{EI} = \frac{-2.085 \times 10^9}{1.1574 \times 10^9} = \underline{\underline{-1.7975 \text{ cm.}}}$$

Como se puede apreciar, la flecha máxima obtenida está dentro del rango establecido para deformaciones permisibles, ya que la más desfavorable acepta 1.8cm. por lo que es válido utilizar lámina calibre 10 como cimbra de contacto y rigidizarla con atiesadores fabricados con lámina calibre 12 espaciados a cada 16cm.

Por razones de economía, haremos un nuevo análisis pero ahora colocando los atiesadores a cada 32cm para ver la posibilidad de ahorrar material.

La sección a estudiar ahora será la sig:

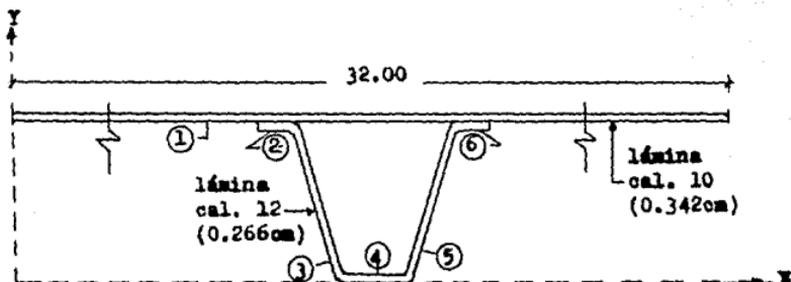


Fig. 3.11

Para obtener el momento de inercia de la sección, seguiremos la misma secuencia en los cálculos.

Sección	Área cm ²	y cm	y ² cm ²	A y ² cm ⁴	I _x cm ⁴
①	10.94	8.571	73.46	803.65	0.107
②	0.43	8.267	68.34	29.39	0.0025
③	2.26	4.200	17.64	39.87	13.61
④	1.06	0.133	0.018	0.02	0.0063
⑤	2.26	4.200	17.64	39.87	13.61
⑥	0.43	8.267	68.34	29.39	0.0025
Σ	17.38			942.19	27.34

TABLA 3.13

Utilizando el teorema de los ejes paralelos:

$$I_{xx} = \sum I_x + \sum A y^2$$

$$I_{xx} = 27.34 + 942.19 = \underline{\underline{969.53 \text{ cm}^4}}$$

De la ecuación (34), el empuje del concreto será:

$$P = (0.0024 \text{ Kg/cm}^3)(32 \text{ cm})(360 \text{ cm})(180 \text{ cm}) =$$

$$P = \underline{\underline{4\ 976.64 \text{ Kg.}}}$$

Debido a que L, a, b, permanecen constantes, la flecha máxima se presentará en $x = 164 \text{ cm}$, y sustituyendo este valor en la ecuación (37), al igual que I, E, P, que ya son conocidas, hallaremos su magnitud.

$$\text{El } y_{\max} = \frac{(4976.64)(240)}{6(360)} \left[164^3 - \frac{360}{240}(164-120)^3 - (360^2 - 240^2)164 \right]$$

$$y_{\max} = \frac{-4.1609 \times 10^9}{E I} = \frac{-4.1609 \times 10^9}{1.9769 \times 10^9} = \underline{\underline{-2.1048 \text{ cm.}}}$$

Como se puede observar, colocando los atiesadores a cada 32 cm. la flecha máxima que se presenta tiene un valor mayor que el admisible, por lo tanto se utilizarán a cada 16 cm.

C A P I T U L O I V
PROCESO CONSTRUCTIVO
DE LA CIMBRA TUNEL

CAPITULO IV

IV.1 RESUMEN .

El desarrollo de este capítulo tiene como propósito fundamental el describir brevemente el proceso que se siguió para la elaboración de la cimbra túnel_ que fué utilizada para la construcción de la nueva torre del Hotel Camino Real Puerto Vallarta, así como ilustrar el terminado de dicha cimbra y los detalles_ más relevantes de la misma.

La cimbra túnel fué fabricada en los talleres - CEMSA en la ciudad de Toluca y como toda estructura - especial estuvo precedida de un análisis de cargas y un diseño estructural que pretenden dar como resultado una cimbra exacta que se apege a las necesidades_ del proyecto tomando en cuenta las especificaciones _ del A.C.I. que son en las que se basa la construcción de los moldes y que a su vez determinan las tolerancias que debe cumplir el equipo, y las características específicas del mismo como son el tipo de concreto a utilizar, los aditivos, la velocidad de colado, el acabado requerido, la posición y recubrimiento del acero de refuerzo y los medios para manejar la cimbra.

Los materiales más utilizados en la fabricación de la cimbra fueron los siguientes:

- Lámina calibre 10 : Escencialmente para recubrimientos de los paneles de muro y - que hacen la función de cimbra de contacto.
- Lámina calibre 11 : Utilizada para recubrimiento de los paneles de losa.
- Lámina calibre 12 : Empleada para la elaboración de los atiesadores.
- Tubo galvanizado cédula 40 de 2" y 2 1/2" de diámetro; Utilizados para la fabricación de las contraflechas y de los puntales o bequillas de estabilidad.

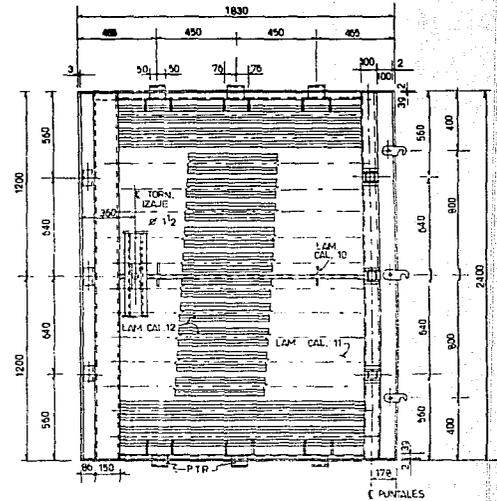
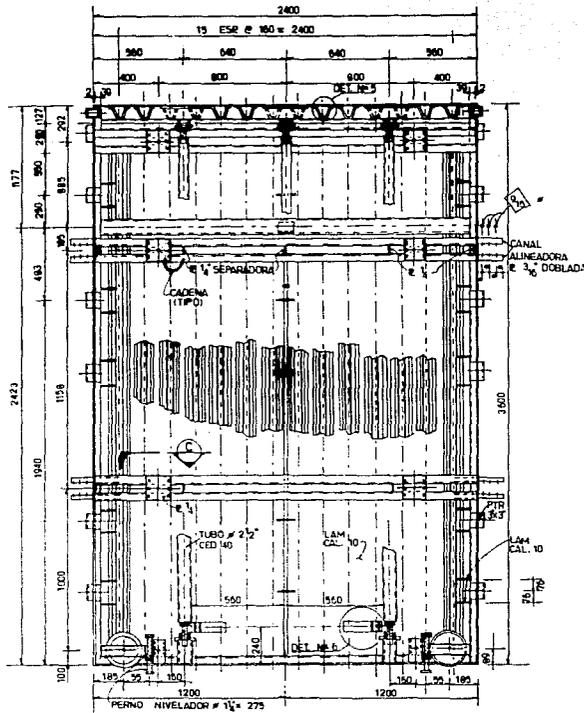
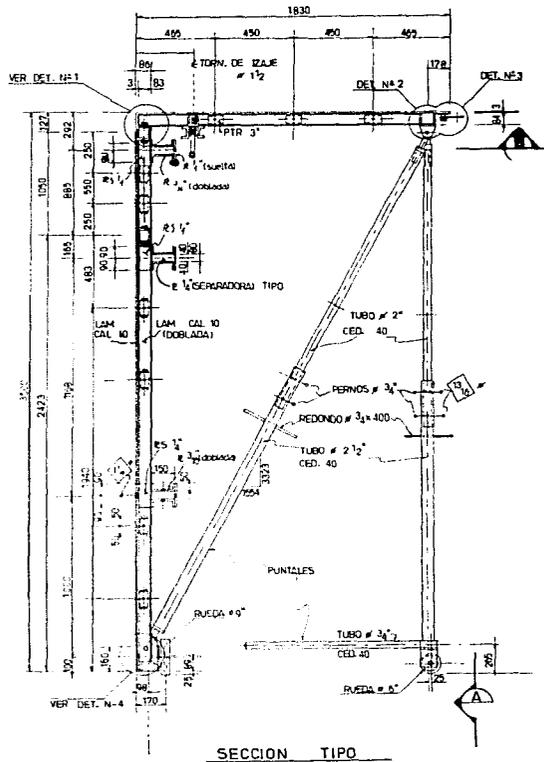
Cada uno de los elementos que conforman la cimbra son cortados de acuerdo a las dimensiones que el diseño indica y esmerilados, por separado para después ser pintados con "primer" y evitar la corrosión. Una vez realizado lo anterior comienza el proceso de soldadura, de esta manera se van formando los paneles de losa y de muro que conforman una escuadra.

Cada panel de muro tiene cuatro niveles de anclaje y consta de las siguientes partes:

- Cara de contacto
- Atiesadores
- Madrinas de carga o canales alineadores.



Escuadra típica, armada y lista para ser utilizada.



U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
RAUL OROZCO MONTERO	
TESIS PROFESIONAL	
ESCALERA TIPICA (2400) TUNEL ELEWACIONES	
ECL	MAREO 600

CAPITULO V
FACTIBILIDAD ECONOMICA

CAPITULO V

V.1 RESUMEN :

El desarrollo de este capítulo consta de dos partes esenciales. La primera es una comparación en cuanto a volúmenes y costos entre los dos sistemas de cimbrado que se están estudiando y la segunda es la de formular un criterio en base a los resultados obtenidos de dicha comparación para decidir el tipo de cimbra a utilizar.

Es necesario mencionar que para la utilización de cimbra convencional se tiene un diseño estructural que consta básicamente de columnas, trabes, dallas y contraventeos (fig. 5.1), y que es totalmente distinto al diseño empleando la cimbra túnel. (fig. 5.2)

V.2 CUANTIFICACION DE VOLUMENES

+ Metros cuadrados de construcción. (Sólo elementos - colados utilizando cimbra túnel). (Fig 5.2)

1 Módulo :

muros ejes 1 y 2

$$(8.86 \times 2 \times 3.60) + (5.86 \times 2 \times 3.60) = \underline{\underline{105.98 \text{ m}^2}}$$

muro eje B

$$5.46 \times 2 \times 3.60 = \underline{\underline{39.31 \text{ m}^2}}$$

Estructuración correspondiente a la opción de utilizar cimbra convencional.

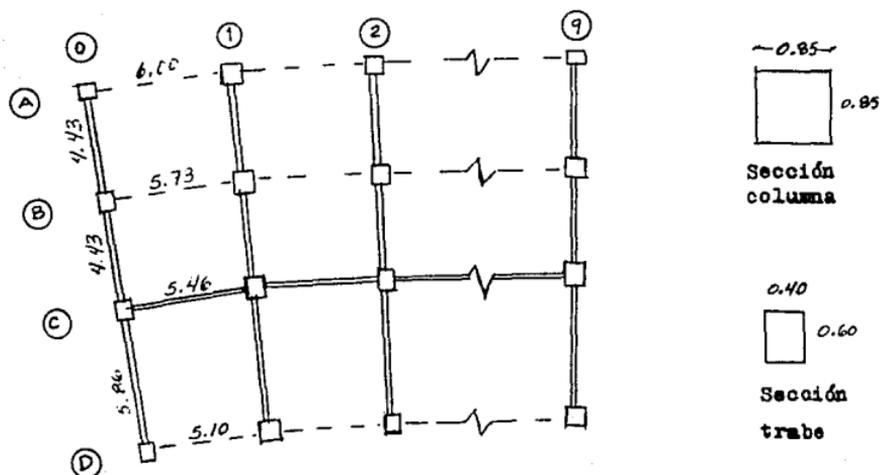
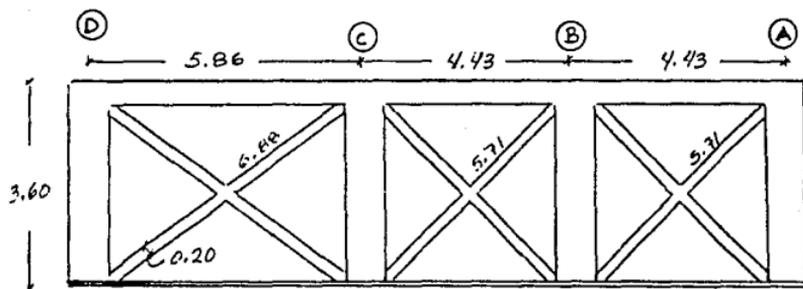
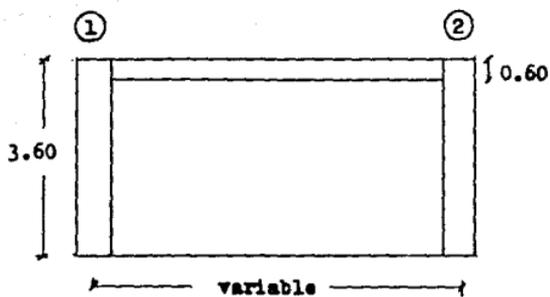


FIG. 5.1



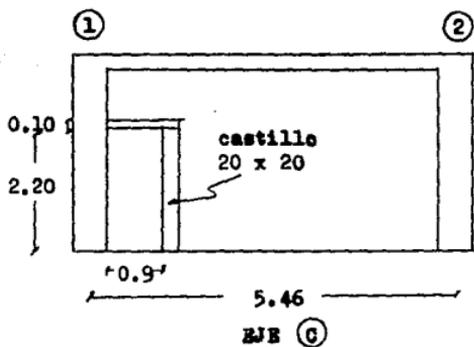
EJES 0 9

FIG. 5.1.1.



EJS (A) (B) (D)

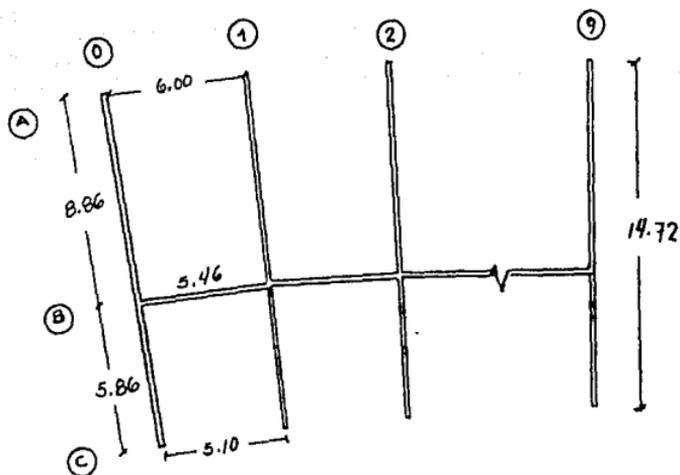
FIG. 5.1.2.



EJS (C)

FIG. 5.1.3.

Estructuración correspondiente a la alternativa de utilizar la cimbra-túnel.



Espesor de muros ejes ① al ⑨:	0.18 m
Espesor de muro eje ②:	0.20 m
Altura de muros:	3.60 m

FIG. 5.2

Losas

$$\frac{(6.00+5.46)8.86}{2} + \frac{(5.46+5.10)5.86}{2} = \underline{\underline{81.71 \text{ m}^2}}$$

Muros + losas :

$$145.29 \text{ m}^2 + 81.71 \text{ m}^2 = \underline{\underline{227.00 \text{ m}^2}}$$

9 módulos por nivel

$$227.00 \times 9 = \underline{\underline{2\ 043 \text{ m}^2}}$$

Caras externas

$$(8.86+5.86) \times 2 \times 3.60 = \underline{\underline{105.98 \text{ m}^2}}$$

Superficie total por nivel

$$2\ 043 + 105.98 = \underline{\underline{2\ 148.98 \text{ m}^2}}$$

10 niveles:

$$2\ 148.98 \times 10 = \underline{\underline{\underline{21\ 489.80 \text{ m}^2}}}$$

+ Volumen de concreto por módulo. (utilizando cimbra convencional). (Fig. 5.1)

Columnas:

$$0.425 \times 0.85 \times 3.60 \times 8 \text{ pzs.} = \underline{10.40 \text{ m}^3}$$

Trabes:

$$0.60 \times 0.40 (6.00 + 5.73 + 5.46 + 5.10 + 29.44) = \underline{12.42 \text{ m}^3}$$

Castillos y cerramientos:

$$(0.20 \times 0.20 \times 2.20) + (1.10 \times 0.10 \times 0.20) = \underline{0.11 \text{ m}^3}$$

Contravanteos:

$$6.88 \times 0.20 \times 0.09 \times 4 = \underline{0.495 \text{ m}^3}$$

$$5.71 \times 0.20 \times 0.09 \times 8 = \underline{0.822 \text{ m}^3}$$

Dalas :

$$29.44 \times 0.05 \times 0.09 = \underline{0.132 \text{ m}^3}$$

$$5.46 \times 0.05 \times 0.20 = \underline{0.055 \text{ m}^3}$$

Total de concreto por módulo = 24.43 m³

9 módulos por nivel;

$$24.43 \times 9 = \underline{219.87 \text{ m}^3}$$

10 niveles ;

$$219.87 \times 10 = \underline{\underline{2198.70 \text{ m}^3}}$$

+ Volúmen de concreto por módulo. (Utilizando cimbratónnel). (Fig. 5.2).

Muros ejes 1, 2 :

$$14.72 \times 0.09 \times 3.60 \times 2 = \underline{9.54 \text{ m}^3}$$

Muro eje B :

$$5.46 \times 0.20 \times 3.60 = \underline{3.93 \text{ m}^3}$$

Total de concreto por módulo = 13.17 m³

9 módulos por nivel :

$$13.17 \times 9 = \underline{118.53 \text{ m}^3}$$

10 niveles :

$$118.53 \times 10 = \underline{\underline{1\ 185.30 \text{ m}^3}}$$

+ Aplanados de yeso:

1 módulo :	muros	145.27 m ²
	plafones	<u>81.71 m²</u>
		227.00 m ²

9 módulos por nivel :

$$227.00 \times 9 = \underline{2\ 043.00 \text{ m}^2}$$

10 niveles :

$$2\ 043.00 \times 10 = \underline{\underline{20\ 430.00 \text{ m}^2}}$$

V.3 COSTOS

+ Cálculo del costo de mano de obra de cimbra-túnel.
 Para las actividades de cimbra y descimbra se utilizará la siguiente cuadrilla, y su rendimiento es tará dado por la superficie cimbrada durante un ci clo de trabajo.

1 Cabo
 8 Oficiales
 4 Ayudantes.

+ Metros cuadrados cimbrados por ciclo.

$$\text{muros : } 8.86 \times 3.60 \times 6 = 191.38 \text{ m}^2$$

$$5.86 \times 3.60 \times 6 = 126.58 \text{ m}^2$$

$$5.46 \times 3.60 \times 4 = 78.62 \text{ m}^2$$

$$\text{losas : } (50.77 + 30.94) \times 2 = 163.42 \text{ m}^2$$

$$\text{Total} = \underline{\underline{560.00 \text{ m}^2}}$$

+ Cimbrado y descimbrado; el tiempo para realizar estas actividades por ciclo es de dos días, y junto con - los salarios del personal a emplear, obtendremos el costo por concepto de mano de obra para cimbrar los 560 m² obtenidos anteriormente.

$$\text{Cabo : } \$27\ 845.00 \times 2 \text{ días} = \$ 55\ 690.00$$

$$\text{Oficial: } \$31\ 720.00 \times 2 \text{ días} \times 8 \text{ of.} = \$ 507\ 520.00$$

$$\text{Ayudante: } \$18\ 143.00 \times 2 \text{ días} \times 4 \text{ ayu.} = \underline{\underline{\$ 145\ 144.00}}$$

$$\text{TOTAL} \quad \$ 708\ 354.00$$

Si se cimbran y descimbran en un ciclo 560 m² y eso nos representa un costo por concepto de mano de obra de \$ 708 354.00, entonces el costo de mano de obra por metro cuadrado de cimbra será de \$ 1 265.00

+ Costo por m² de cimbra tunel. (Incluye equipo y mano de obra)

Costo neto del equipo : \$ 120'000 000.00

Costo de mano de obra

total por concepto de

cimbra y descimbra,

\$ 1 265/m² x 21 489.8 m² = \$ 27'184 597.00

\$ 147'184 597.00

Dividiendo el último resultado obtenido entre la superficie total a cimbrar, obtendremos el costo por metro cuadrado de cimbrado utilizando el sistema túnel.

$$\frac{\$ 147'184 597.00}{21 489.80 \text{ m}^2} = \underline{\underline{\$ 6 849/\text{m}^2}}$$

+ Cuantificación de cimbra de madera. (Fig. 5.1) por mod.

Columnas :

$$(0.85 + 0.85) \times 3.60 \times 8 = \underline{48.96 \text{ m}^2}$$

Trabes :

$$51.73 \times 0.60 = \underline{31.04 \text{ m}^2}$$

Contraventeos :

$$(6.88 \times 0.20) \times 2 = \underline{2.75 \text{ m}^2}$$

$$5.71 \times 0.20 \times 8 = \underline{9.14 \text{ m}^2}$$

Castillos y cerramientos:

$$(0.20 \times 2.20 \times 2) + (1.10 \times 0.10 \times 2) = \underline{1.1 \text{ m}^2}$$

Dalas :

$$29.44 \times 0.05 = \underline{1.47 \text{ m}^2}$$

$$5.46 \times 0.05 \times 2 = \underline{0.55 \text{ m}^2}$$

Losas:

$$\underline{81.71 \text{ m}^2}$$

Total de cimbra de madera por módulo = 176.72 m²

+ Superficie total a cimbrar con madera :

$$90 \text{ módulos} \times 176.72 \text{ m}^2/\text{módulo} = \underline{\underline{15\ 904.80 \text{ m}^2}}$$

PRECIOS UNITARIOS .

- Cimbra común de madera en columnas, 4 usos.

	Unid.	Cant.	Precio	Importe
Madera para cimbra de columnas.	m2	0.8333	9497.67	7899.41
Cuadrilla carpintero+ ayudante + 1/5 cabo. (rend. 7.5m2/J)	Jor	0.1333	54140.90	7216.98
Herramienta menor.	%	3.0000	7216.98	<u>216.51</u>
			COSTO DIRECTO	<u>15 332.90</u>

- Cimbra común de madera en dallas, castillos y contravientos, 4 usos.

Madera para cimbra de dallas, castillos y contravientos.	m2	0.8333	9479.67	7899.41
Cuadrilla carpintero+ayudante+1/5 cabo (rend.6m2/Jor.)	Jor	0.1666	54140.90	9019.87
Herramienta menor	%	3.0000	9019.87	<u>270.60</u>
			COSTO DIRECTO	<u>17 189.88</u>

- Cimbra de madera en traves de estructura, 4 usos.

	Unid.	Cant.	Precio	Importe
Madera para cimbra de traves de estructura.	m2	0.8333	19671.99	16392.67
Alambre recocido	kg	0.1500	1696.00	254.40
Cuadrilla carpintero+ayudante+1/5 cabo (rend.11m2/Jor)	Jor	0.0910	54140.90	4926.82
Herramienta menor	%	3.0000	4926.82	<u>147.80</u>
			COSTO DIRECTO	<u><u>21 721.69</u></u>

- Cimbra de madera en losas planas, 4 usos, hasta una altura de 6 m.

Madera para cimbra de losas, inc. puntales de apoyo.	m2	0.8333	19671.99	16392.67
Cuadrilla carpintero+ayudante+1/5 cabo (rend.14.9 m2/J)	Jor	0.0671	54140.90	3632.85
Herramienta menor y andamios.	%	5.0000	3632.85	<u>181.64</u>
			COSTO DIRECTO	<u><u>20 207.16</u></u>

+ Importes de cimbra de madera por módulo:

	Cant.	C.D	Importe
Columnas	48.96	15 332.90	750 699.00
Trabes	31.04	21 721.69	674 241.00
Castillos, daldas y con traventeos	15.01	17 189.88	258 020.00
Losas	81.71	20 207.16	<u>1'651 127.00</u>
		TOTAL	<u><u>3'334 087.00</u></u>

Debido a que la cimbra de madera se usará cuatro veces, se colarán cuatro módulos con la misma cimbra antes de ser desechada y será necesario fabricar veintidos de éstas para cimbrar la totalidad de los elementos estructurales del edificio.

Por lo tanto, el costo por concepto de cimbra de madera será de:

$$22 \times 3'334\ 087 = \$ 73'349\ 914.00$$

+ Costo por metro cuadrado de cimbrado utilizando madera :

$$\frac{\$ 73'349\ 914.00}{15\ 904.80\ m^2} = \underline{\underline{\$ 4\ 612 / m^2}}$$

Para una mejor visualización de los resultados obtenidos, éstos se presentan en la siguiente tabla :

CIMBRA CONVENCIONAL	CIMBRA TUNEL
<ul style="list-style-type: none"> • VOLUMENES DE MATERIALES Concreto : Columnas Trabes Castillos y cerramientos Contravantesos Dalias } 2 198.70m³ Aplanados : 20 430.00m² • EQUIPO + MANO DE OBRA Cimbra losas Cimbra col. Cimbra trabes Cimbra dalias Cimbra cast. y cerramientos } \$ 4 612/m² • Num. de colados 1 • Instalaciones: ranurado y colocación de tubería eléctrica e hidráulica. • Emboquillados • Chambranas (colocación) 	<ul style="list-style-type: none"> VOLUMENES DE MAT. Concreto : } Muros de concreto (1 185.30 m³) Desaparece • EQUIPO + MANO DE OBRA Cimbra losa } \$ 6 849/m² Cimbra muros } 1 colado Embebido Desaparece Embebido

TABLA 5.1.

V.4 ASPECTOS VARIOS

TIEMPO DE EJECUCION.

El factor tiempo fué fundamental en la decisión de utilizar el sistema túnel para el proceso de cimbrado aún cuando el costo por m² de cimbra convencional haya resultado menor.

Con el sistema túnel y siguiendo el principio - del ciclo diario de trabajo la estructura estará lista en seis meses, en cambio, si utilizamos el procedimiento convencional de cimbrado a base de madera, requeriremos de veinte a veinticuatro meses para cimbrar el edificio en su totalidad, esto es debido a la gran cantidad de detalles que implica la fabricación de cimbra de madera para elementos tales como - columnas, traveses, dadas y cerramientos

NUMERO DE COLADOS :

El número de colados incide directamente en el tiempo de ejecución de la obra, ya que con la utilización de la cimbra túnel se requiere de un solo colado acelerando así el proceso constructivo, mientras que con el empleo de cimbra convencional se requiere de un alto número de colados debido a que no se puede realizar esta actividad en todos los elementos estructurales de una misma parte del edificio al mismo tiempo.

INSTALACIONES :

Por lo que respecta a las instalaciones eléctricas e hidráulicas, con el empleo de la cimbra convencional será necesario ranurar muros, lo que representaría un costo sumamente alto por concepto de mano de obra, en cambio, utilizando la cimbra-túnel, dichas instalaciones quedan ahogadas en muros y losas y la única actividad por realizar será el descubrir los registros que ya se tienen perfectamente localizados.

Por lo expuesto anteriormente resulta factible la utilización del sistema túnel para la realización del cimbrado de la obra motivo de este estudio, tomando en cuenta tanto el número de usos que se le darán a dicha cimbra en un futuro como el corto tiempo para la ejecución de los trabajos.

C A P I T U L O VI

APLICACION DE LA CIMBRA TUNEL
PARA LA CONSTRUCCION DEL HOTEL
CAMINO REAL PUERTO VALLARTA

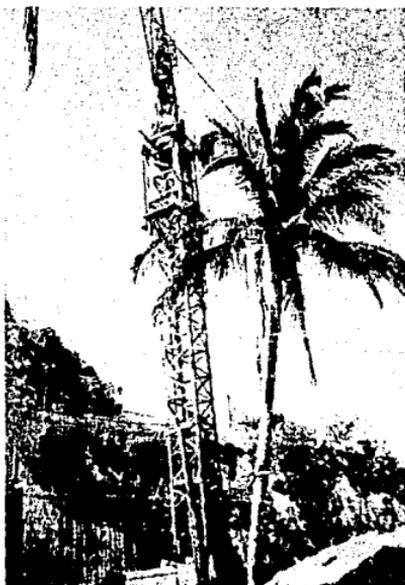
C A P I T U L O V I

VI.1 RESUMEN.

La nueva torre del hotel Camino Real Puerto - Vallarta que será cimbrada con el sistema "túnel" es una estructura que consta de ~~tres~~ niveles los cuales tienen la misma altura de entrepiso y no presentan variaciones en el espesor de la losa ni en los muros - por lo que se puede afirmar que dicha estructura tiene un alto grado de repetición en cuanto a la dimensión y disposición de sus elementos. En lo que respecta al proyecto estructural se consideró una resistencia uniforme del concreto tanto para losas como para muros, lo cual nos permite realizar el colado de dichos elementos con una mayor rapidez y continuidad, por lo que se acelera el proceso constructivo y en un tiempo relativamente corto se tendrá lista la obra negra para que se realicen en ella los trabajos finales.

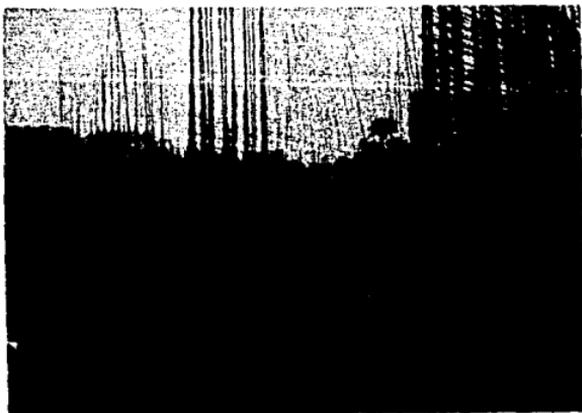
Primeramente fué necesario construir a un lado y a lo largo del lugar en donde quedará el hotel dos bloques de concreto enterrados cuya función es la de soportar el peso que transmite al terreno la grda viajera que realiza el izaje de los módulos de la cimbra túnel, así como de los diversos equipos y materiales que se utilicen.

Dicha grúa está montada sobre rieles y puede desplazarse sobre los mismos aproximadamente treinta metros. La capacidad de éste equipo es de tres toneladas en la punta y conforme va avanzando la construcción, cada tres o cuatro niveles es necesario hacer crecer la grúa, lo que se logra colocando unos aumentos para que alcance la altura necesaria.



Grúa viajera

Por lo que se refiere a los muros, la primera actividad que se realiza antes de colocar la cimbra, es el habilitado y armado de refuerzo así como la colocación de las instalaciones que quedarán ahogadas - en los mismos.



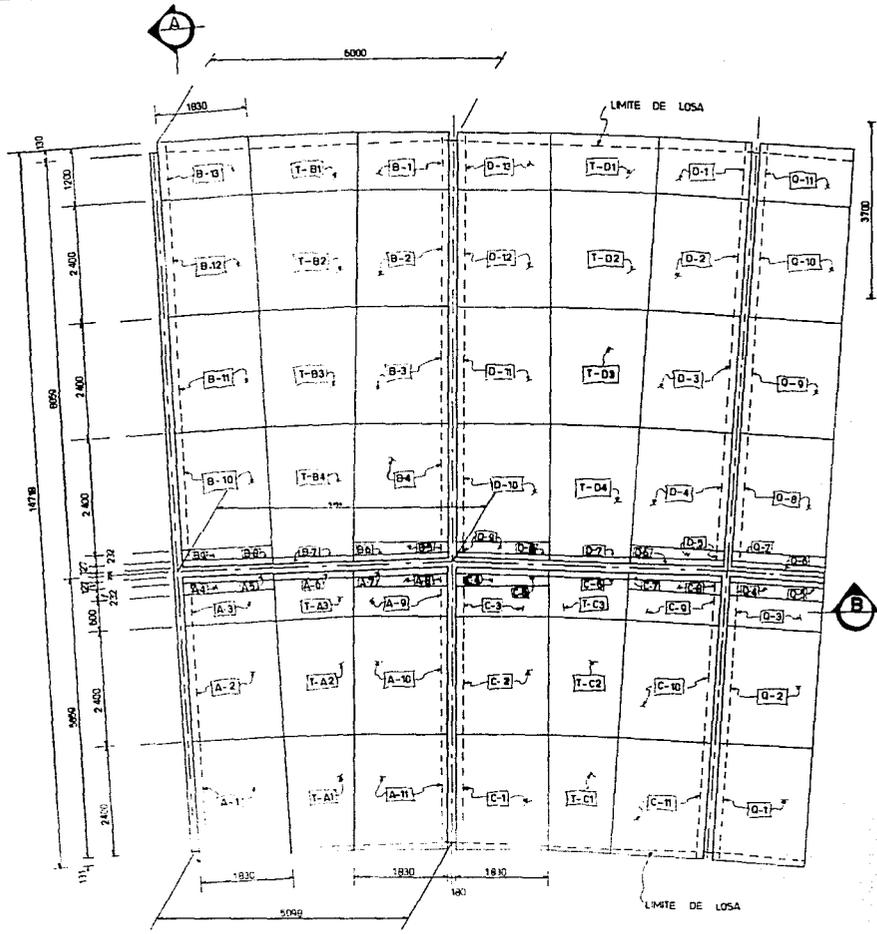
Armado del acero de refuerzo en muros.

Una vez listo el armado, la cimbra es izada por módulos hasta el lugar requerido para su colocación; previamente la cimbra de contacto es impregnada con un aditivo desmoldante.

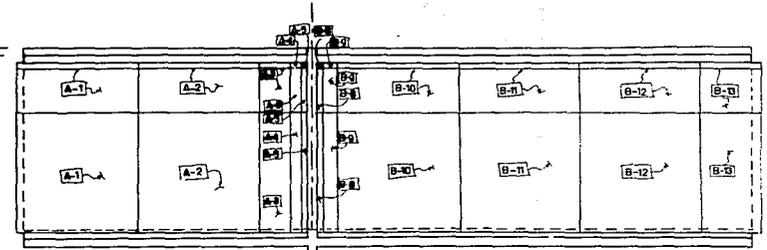
Los paneles verticales o de muro son fijados - por su parte inferior mediante el nivel de anclaje inferior, el cual hace la función de madrina de carga o larguero, para posteriormente ser nivelados con los llamados pernos niveladores.

Después de colocados los paneles de esquina se coloca el central para así completar la escuadra. Una vez armada completamente ésta se procede a nivelar la contraflecha o puntal de ajuste, la cual tiene una función estructural, así como la bequilla de estabilidad (esta última no carga). Cabe mencionar que se deben colocar simultáneamente los paneles de esquina de las escuadras adyacentes para poder colar los muros. Los paneles de muro de una y otra escuadra o sección se fijan mediante tornillos pasados de una pulgada de diámetro y 50 cm. de largo, dichos tornillos reciben el nombre de tornillos de sujeción o simplemente tensores y su función es la de sujetar la cimbra para evitar que se abra al momento de recibir el empuje del concreto recién vertido. El espesor de los muros está dado por unos aditamentos que van soldados en la cara exterior de la cimbra de contacto y que tienen una longitud igual al espesor del muro, de ésta manera solo se colocan los paneles de muro a tope uno con otro; dichos aditamentos reciben el nombre de separadores cónicos.

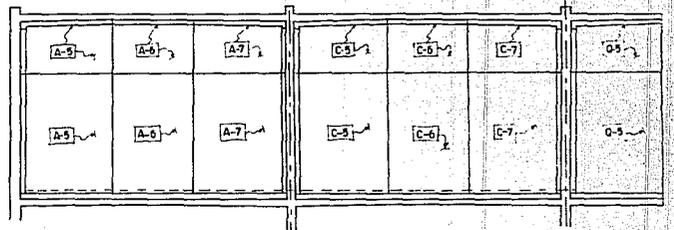
El montaje de la cimbra debe seguir cierta secuencia, la cual se muestra en la figura VI.1 .



PLANTA SECUENCIA MONTAJE



SECCION A



SECCION B

U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
RAUL OROZCO MONTERO	
TESIS PROFESIONAL	
SECUENCIA DE MONTAJE	
m/m	MARZO 1990



Fijación de paneles
de muro mediante tor_
nillos de sujeción.

Aspecto de una
escuadra armada
y nivelada.



Una vez montada, sujeta y nivelada la cimbra, se procede al armado de la losa y a la colocación de las instalaciones que quedarán ahogadas en la misma, para así comenzar a colar el concreto; de esta manera se cuelean losas y muros simultáneamente lo que da como resultado una estructura monolítica.

El colado se realiza por las tardes para curar el concreto por las noches, el cual es de alta resistencia (300 Kg/cm^2) con un aditivo acelerante. El vibrado se realiza con vibradores de pared que se fijan en la parte exterior de la cimbra, a diferencia de otros que se introducen directamente en la revolutura recién vertida. Para efectuar el curado del concreto, la parte expuesta al exterior del túnel se cubre con una lona y se introduce un calentador de aire para así, aumentar considerablemente la temperatura.



Pruebas de un calentador de aire que será utilizado para el curado del concreto.

Todas las actividades anteriores en conjunto — se engloban dentro de lo que se conoce como un ciclo. El ciclo de esta obra en particular dura cuatro días y comprende los siguientes tiempos:

• Armado y ajuste de cimbrá	1.5 días
• Armado de acero de refuerzo y colocación de instalaciones (en muros y losas).	1.5 días
• Colado y curado	0.5 días
• Descimbrado	0.5 días.
TOTAL	4.0 días

Después de transcurridos los cuatro días que — dura el ciclo, la cimbra está lista para ser retirada y colocada en el sitio donde se va a reutilizar.

Cuando se quita la cimbra se colocan a lo ancho del claro de la losa tres o cuatro puntales de madera como simple medida preventiva para que éstos ayuden a soportar el peso de la cimbra, del acero de refuerzo — y de la revoltura del nivel inmediato superior, al tiempo que se localizan y descubren los registros que quedaron ahogados.

Es necesario mencionar que con la utilización de la cimbra túnel, solo se cuelan muros de carga, los muros divisorios se hacen de tabique y se levantan una vez retirada ésta.

Como se puede ver, al utilizar la cimbra túnel, el proceso constructivo de una obra, con las características que justifican su uso, se vuelve muy ágil y hasta cierto punto repetitivo, lo que representa un considerable ahorro de tiempo y por consiguiente, de dinero.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

C A P I T U L O V I I

Como se pudo apreciar durante el desarrollo - de éste trabajo, es importante que para una selección adecuada de uno u otro sistema de cimbrado, se tomen en cuenta las características de la obra a desarro - llar, así como las necesidades de la parte contratan te, ya que no siempre se busca la opción que garanti ce una mayor economía sino, como en el caso estudia - do, se le dió más importancia al tiempo de ejecución de la obra lo cual repercutirá a mediano plazo en la recuperación de la inversión por concepto de la cim - bra-túnel.

Si al corto tiempo de realización de la obra, le agregamos que el cliente, en este caso la empresa Camino Real, volverá a utilizar la cimbra túnel para la construcción de un hotel similar en Cancún, pode mos asegurar que la adquisición de equipo de este ti po es a mediano y largo plazo una buena opción para abatir los costos de construcción por concepto de - cimbra.

Debido a que uno de los factores que hacen a la cimbra-túnel un equipo de construcción sumamente rentable es el número de usos que se le den.

A continuación se presenta una comparación de los costos entre el sistema convencional y el procedimiento cimbra-túnel. Para tal efecto se consideró una obra habitacional de tipo horizontal con muros y losas de concreto, estableciendo el tiempo de ejecución para ambos procedimientos en función del rendimiento de un equipo de cimbra túnel.

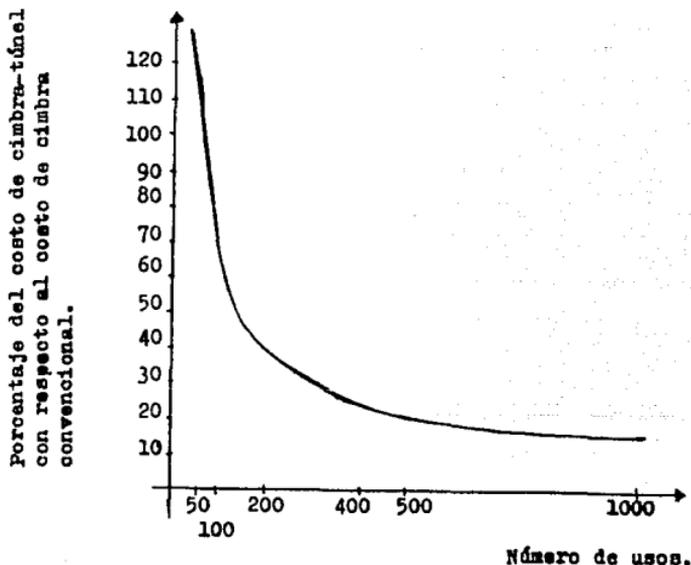


FIG. 7.1.

La gráfica anterior es aplicable también para cualquier elemento constitutivo de una cimbra túnel, aun cuando dicho elemento sea utilizado por separado.

Es importante mencionar que tomando en cuenta las características de la cimbra túnel, se le diera un mayor auge por parte del gobierno para la realización de obras de edificación y así aliviar un poco - el grave problema que existe en nuestro país de escasas de vivienda.

B I B L I O G R A F I A

1. CIMBRAS,apuntes sobre su diseño y construcción.
IMCYG.
2. CIMBRAS, diseño.
IMCYG. Tomo 1
3. CIMBRAS,materiales, montaje y accesorios.
IMCYG. Tomo 2
4. CIMBRAS, juntas, aditamentos, colado y acabados.
IMCYG. Tomo 3
5. CIMBRAS,fallas, seguridad de la cimbra y descimbrado.
IMCYG. Tomo 4
6. CIMBRAS Y MOLDES,guía práctica para su construcción
y uso.
IMCYG.
7. RESISTENCIA DE MATERIALES
William A. Nash
Serie Schaum
Editorial McGraw Hill.
8. APUNTES DE MECANICA DE MATERIALES (Primer curso)
Francisco Robles F.V.
Oscar M. Gonzalez C.
Roberto Meli P.
Edit. Facultad de Ingenieria. U.N.A.M.
9. APUNTES DE DISEÑO DE CIMBRAS DE MADERA
Federico Alcaraz Lozano
Edit. Facultad de Ingenieria. U.N.A.M.