

FASCICULO:
ENCOFRADOS CONVENCIONALES

CONSTRUCCION IV
PLAN 2002
Versión: MAYO 2009
CATEDRA DE CONSTRUCCION III - IV

CUERPO DOCENTE – Mayo 2009

DOCENTES	Prof. Titular Arq. Duilio Amándola Adjuntos Arq. Abel Miños Arq. Ariel Ruchansky Arq. Fernando Tomeo Cravero Asistentes Arq. Eduardo Siuciak Arq. Fernando Tomeo Suarez
AYUDANTES	Arq. Miguel Arrospide Arq. Jorge Bruzzese Bach. Fernando França Arq. Pier Nogara Bach. Bruno Gonnet Bach. Irene Battaglino Bach. Jimena Sellanes Bach. Ignacio Masena
ASESORES	Acondicionamiento Térmico: Arq. Alicia Mimbacas
COLABORADORES HONORARIOS	Bach. Valeria Esteves Bach. Andres Alonzo Bach
APOYO TÉCNICO EN CALCULOS	Arq. José Fontana

ACTUALIZACION DE LA PRESENTE FICHA A CARGO DE:

PROF. TITULAR Gº 5
Arq. Duilio Amándola

PROF. AGREGADO Gº 4
Arq. Fernando Tomeo Cravero

AYUDANTE Gº 1
Arq. Fernando França

Revisión de cálculos
Arq. José Fontana

Apoyo en grafica y diagramación
Bach. Jenny Orihuela

Mayo de 2009

ENCOFRADOS CONVENCIONALES

Indice:

1. **CONDICIONANTES FORMALES**
2. **CONDICIONANTES CONSTRUCTIVAS**
3. **CONDICIONANTES TECNOLOGICAS**
4. **CONDICIONANTES ECONOMICAS**
5. **PUESTA EN OBRA**
6. **ENCOFRADO DE PILARES**
7. **ENCOFRADO DE VIGAS**
8. **ENCONFRADO DE LOSAS**
9. **CASOS ESPECIALES DE ENCOFRADOS**

- Encofrado racionalizado para losa
- Encofrado para viga de cimentación
- Encofrado para muro de contención
- Encofrado para escalera

10. CALCULOS

- Determinación de la separación entre marcos
- Dimensionado de prensas para pilares
- Dimensionado de encofrado para losas
- Puntales

11. BIBLIOGRAFIA

ENCOFRADOS CONVENCIONALES

Encaramos el tema del encofrado * como la resolución de una estructura auxiliar donde verter una masa plástica, el hormigón fresco, hasta obtener su endurecimiento.

Pretendemos obtener este sólido posicionado, con forma, dimensiones y textura prefijadas.

Este molde va a estar sometido a esfuerzos muy diferentes, no sólo por el peso propio del hormigón, su forma de vertido y compactación, sino que también por sobrecargas fijas y móviles; siendo ejemplo de las primeras: tanques de agua, maquinaria de elevación, tablonas, etc.; y de las segundas: personas, transporte de materiales, presión del viento, etc..

El conformar, dar estabilidad y consistencia a una construcción de estas dimensiones y sometida a tal diversidad e importancia de esfuerzos, nos enfrenta a la resolución de un sistema estructural en si mismo.

El diseño de este sistema tendrá condicionantes: formales, tecnológicas, constructivas y económicas.*

1. CONDICIONANTES FORMALES

El primer aspecto es el formal, que implica la reproducción fiel del proyecto arquitectónico, con mayores exigencias dimensionales para el caso de hormigón visto. La resolución que implica considerar la terminación proyectada para la pieza: revocada, revestida o vista. Si la pieza va a ser revocada, la adherencia se hace decisiva. Si bien todos los hormigones para ser revocados deben recibir un tratamiento previo (azotada de arena y portland), es deseable que no se obtengan demasiado lisos. Recordemos que los encofrados impermeables dejan un polvillo que dificulta la adherencia. El uso de desencofrantes debe ser cuidadoso porque al crear condiciones de no adherencia con el molde, le conferirá efectos negativos para el tratamiento posterior. No se debe olvidar que en los tratamientos de curado por la aplicación de filmes selladores, esta película no permite a posteriori la unión de los revoques. Los encofrados deben ser estancos para evitar pérdidas y lavado del material, en especial el portland que es lo primero que arrastra el agua, rebajando la calidad del hormigón y del llenado provocando disminución de resistencia y aparición de coqueas, rebarras y defectos superficiales.

En el caso de **hormigones vistos**, a lo anterior debemos sumarle la condiciones de acabado superficial y la importancia de tener una masa superficial rica para mejorar la protección de las armaduras a los ataques del medio ambiente.

El hormigón visto amerita un diseño complementario del material:

1. Prever el sistema de compactado para lograr la consistencia apropiada.
2. El tamaño y forma del árido para facilitar el recubrimiento de las armaduras.
3. Obtener un color constante, para lo que debemos asegurar a lo largo de toda la obra:
 - a) La uniformidad en el tipo de portland utilizado.
 - b) La uniformidad (dimensional y de color) del árido.
 - c) Una dosificación muy precisa.

El mejorar la terminación del hormigón implica mejorar el molde, ya sea usando otro tipo de material (metal, fibra de vidrio, etc.) o las condiciones de la madera por su especie y calidad, también su tratamiento: cepillada, escuadrada, canteada y calibrada; en algunos casos machihembrada.

(*) Nos referimos en especial al encofrado tradicional, no tratando aquí la ejecución de moldes para prefabricado, encofrados racionalizados, deslizantes, etc.

Debemos tomar en cuenta el sistema de llenado y de compactación para evitar deformaciones y prever también las inevitables interrupciones.

A su vez, en los elementos de gran sección (pantallas, vigas de gran altura, etc.) los tableros se vinculan entre sí, para evitar las deformaciones, por medio de zunchos y calibres. Estas dos situaciones que dejarán señales en el hormigón visto se resuelven usando elementos que les confieran un aspecto prolijo y planificando los lugares donde se producirán para integrarlas al diseño de la pieza. Para ello se utilizan molduras de madera para conformar rehundidos en el lugar de los cortes de llenado, y bujes de plástico o similar que cumplen con la doble función de operar como separadores de los tableros y de pasaje de los elementos de zunchado para poder retirarlos con facilidad.

Para el hormigón visto cobra especial importancia el recubrimiento, ya que ésta será la única protección que tengan las armaduras, además de su incidencia en el aspecto final de la superficie. Se utilizan al respecto piezas especiales de plástico o pequeños prismas prefabricados de arena y portland que se atan a los hierros perimetrales.

El diseño de la textura de hormigón visto, que resulta de la lectura del encofrado usado, obliga a un posicionado o corte especial de las tablas. En algunos casos se trata la madera para resaltar la veta que quedará impresa en la superficie. El desencofrado de este tipo de hormigones debe ser especialmente cuidadoso para no afectar el acabado. Los ángulos salientes son en general muy frágiles, siendo saludable evitarlos colocando listones de sección triangular en las esquinas de los encofrados.

El uso de desencofrantes para facilitar el retiro de los moldes debe ser practicado dentro de un severo control, no sólo de las características y calidad, sino en la forma y cantidad a aplicar, para que no manchen las superficies.

2. CONDICIONANTES CONSTRUCTIVAS

Como problema constructivo debemos resolver un molde que posea:

- 2.2. Exactitud dimensional y acabado adecuado a lo proyectado.
- 2.3. Rigidez para que esa forma no sufra modificaciones durante el proceso de ejecución total del desencofrado, ni en el proceso de llenado y endurecimiento.
- 2.4. Estabilidad que sumada a la rigidez nos asegure que no va a sufrir ningún movimiento y menos aún colapsar, bajo ningún tipo de esfuerzo a los que pueda someterse:
 - 2.4.1. Cargas
 - a) peso propio
 - b) peso del hormigón
 - c) peso de las armaduras
 - d) peso de las instalaciones incluidas (p.ej.: losa radiante)
 - e) peso de los encofrados y losas a llenar en las siguientes etapas.
 - 2.4.2. Sobrecargas
 - a) fijas: tanque con agua tableros para el pasaje elementos de elevación, etc.
 - b) móviles : personas carretillas
 - c) impactos de descarga
 - d) golpes
 - e) vibraciones
 - 2.4.3. Esfuerzos por condiciones climáticas
 - a) viento
 - b) deformaciones por lluvia (hinchado) o sol (contracción).
 - 2.4.4. Condiciones de apoyo

- 2.5. Desencofrabilidad para que nos permita el desarmado y retiro secuencial, acorde a cada pieza, de la manera más fácil y con el menor deterioro posible.
- 2.6. Seguridad en la ejecución, utilización y desmontado.

3. CONDICIONES TECNOLOGICAS

Dentro de este grupo tenemos las *propiedades del hormigón*, los *materiales para encofrar*, la *capacitación de la mano de obra* y el *equipo*.

3.1. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN

3.3.1. Comportamiento del hormigón

Cuando se amasa el hormigón, las propiedades que lo caracterizan están situadas entre las de las sustancias líquidas y las de las sólidas, por lo que normalmente se define como un material plástico. A medida que pasa el tiempo, el hormigón pierde su plasticidad y gana en solidez.

El cambio del estado semi líquido o plástico al sólido parece ser el resultado de dos procesos diferentes que se desarrollan en la masa del hormigón. El primer proceso es el fraguado, que suele empezar en los primeros treinta minutos a partir del momento del amasado, especialmente si se ha realizado en condiciones favorables como las de temperatura templada, y puede continuar durante varias horas, tanto más cuanto más baja sea la temperatura. El segundo proceso consiste en el desarrollo de fricciones internas entre las partículas del hormigón impidiéndoles moverse libremente. La magnitud con que se desarrollan estas fricciones internas depende de la cantidad de agua contenida en la masa del hormigón, siendo mayor en los hormigones secos que en los húmedos y aumentando con la pérdida de agua.

La rapidez con que el hormigón pasa del estado plástico al sólido tiene un efecto considerable sobre la presión lateral que actúa en los encofrados donde se lo deposita.

Presión. Fuerza ejercida perpendicularmente a una superficie por unidad de ésta .

$$P = \frac{F}{A}$$

Presión hidrostática. En un líquido en reposo no sometido a acciones gravitatorias, la presión es la misma en todos los puntos.

Si actúa la gravedad, la presión aumenta con la profundidad, según la ley

$$p = p_0 + d.g.h$$

p = presión en el punto considerado

p₀ = presión en la superficie libre del líquido

d = densidad del líquido

g = aceleración de la gravedad

h = profundidad del punto considerado.

La densidad del hormigón depende principalmente de la densidad del árido utilizado. Los hormigones empleados generalmente en la construcción suelen pesar unos 2.400 Kgs./m³.

3.3.2. Presión sobre los encofrados

Son muchos los factores que afectan el valor de la presión desarrollada por el hormigón:

a) Influencia de la velocidad de llenado

De todos los valores que afectan a la presión que desarrolla el hormigón sobre los encofrados es, sin duda, la velocidad de llenado la más importante. Si el hormigón fuera un líquido perfecto cuando se coloca en los encofrados y permaneciera en ese estado durante el tiempo de llenado, bastaría una simple operación para determinar la presión ejercida sobre cualquier superficie del encofrado. Esta vendría dada por el producto de la densidad del hormigón y la altura o profundidad de dicha superficie en el encofrado.

Aunque generalmente se procede de esta forma para hallar la presión en los encofrados de pilares, es decir aplicando la presión equivalente a la columna hidrostática, lo que está justificado por la rapidez con que tiene lugar el llenado de estas piezas, no puede procederse de la misma manera cuando la puesta en obra del hormigón dura varias horas, como es el caso de los muros y demás elementos estructurales.

Cuanto mayor es la velocidad de llenado, la presión ejercida sobre el encofrado, se aproxima más al valor teórico que corresponde a un líquido.

b) Influencia de la temperatura

Cuando el hormigón se vierte en los encofrados se encuentra en estado semi líquido o plástico, a medida que pasa el tiempo el cemento empieza a fraguar, continuando este proceso hasta que el hormigón se transforma en una masa sólida capaz de conservar su forma sin ejercer presión alguna sobre el encofrado.

Suponiendo los encofrados llenos y con suficiente altura de hormigón, la presión sobre un punto determinado aumentará gradualmente hasta un máximo a medida que aumenta la columna de hormigón sobre ella y a continuación disminuirá, debido al comienzo del fraguado, hasta anularse.

Como el tiempo necesario para la iniciación y terminación del fraguado depende de la temperatura, la presión máxima estará directamente relacionada con ella. Las bajas temperaturas retrasan el proceso del fraguado, mientras que las altas aceleran su comienzo y terminación.

En consecuencia, suponiendo constantes los demás factores que afectan la presión, el hormigonado a bajas temperaturas producirá mayores presiones sobre los encofrados que el hormigonado a temperaturas altas.

c) Influencia de la dosificación del hormigón

Un hormigón de mezcla rica, en el que la cantidad de cemento es grande con respecto al volumen de árido, está más próximo al estado líquido que un hormigón pobre. Además, un hormigón de dosificación rica permanecerá más tiempo en estado semi líquido que un hormigón de dosificación normal o pobre. Por estas razones los hormigones de dosificación rica producen presiones más elevadas que los de dosificación pobre.

d) Influencia de la consistencia del hormigón

La presión desarrollada por el hormigón sobre los encofrados es más elevada cuanto mayor es el grado de asentamiento, suponiendo constantes los demás factores. A los hormigones con elevado contenido de agua les corresponden presiones más altas que aquellos de más bajo contenido.

e) Influencia del sistema de compactado del hormigón

Si bien no existen formulaciones totalmente aceptadas en los valores que resultan de la compactación por la aplicación de vibrado, todos los investigadores coinciden en que aumenta la presión en los encofrados por esa práctica. Se estima una presión adicional por vibrado de 1.465 kgs/m².

f) Influencia del efecto del impacto

Cuando se vierte el hormigón en los encofrados de muros el efecto del impacto sobre el fondo es relativamente pequeño. Sin embargo, no ocurre lo mismo si el hormigón se vierte libremente desde la superficie superior de encofrados de gran altura.

Si aumentamos la velocidad de llenado, la presión debida al impacto aumentará, por tanto, deberá incrementarse la resistencia de aquellos encofrados en los que el hormigón se deposite a altas velocidades.

g) Influencia de la forma y dimensiones de los encofrados

A igualdad de los demás factores, el rozamiento interno es mayor en los elementos estructurales delgados que en los gruesos, y en superficies de encofrado rugosa que en las lisas. En consecuencia, la presión sobre los encofrados será menor en los elementos delgados que en los gruesos. Sin embargo, la compactación mediante vibradores internos tiende a reducir o eliminar el efecto del rozamiento.

h) Influencia de las armaduras

El efecto de las armaduras es incrementar el rozamiento en el interior de la masa de hormigón y por tanto, reducir la presión sobre los encofrados.

i) Influencia del peso del hormigón

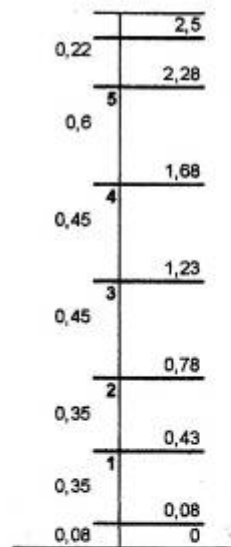
Si un hormigón con un peso específico determinado produce una cierta presión en un punto del encofrado, otro, en las mismas condiciones, producirá una presión directamente proporcional a la relación de pesos.

j) Influencia de la altura del hormigón

Cuando la altura de hormigón sobre la superficie en estudio aumenta uniformemente, lo mismo ocurrirá con la presión, pero no en forma indefinida ya que a partir de un cierto valor, éste se mantendrá constante durante un tiempo y luego comenzará a decrecer, aún cuando continúe el vertido del hormigón.

SEPARACION MÁXIMA ENTRE PRENSAS DE PILARES

Altura de Horm. m.	Separación adm. (e=2,54cm.)	Presión máxim. K/m2
0,60	0,75	1.450
0,90	0,61	2.150
1,20	0,53	2.875
1,50	0,46	3.600
1,80	0,43	4.325
2,10	0,40	5.050
2,40	0,37	5.750
2,70	0,35	6.475
3,00	0,33	7.200
3,60	0,30	8.650
4,20	0,28	10.075

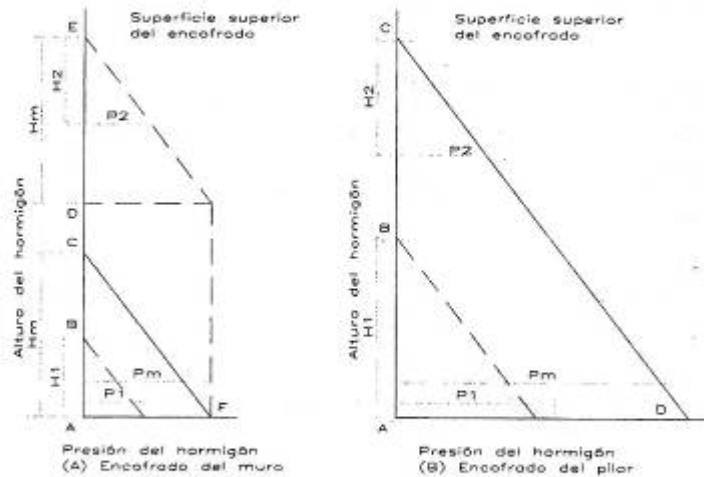


Pm = D x Hmax

Densidad = **D** = 2400 kg/m³ (se toma 1765 kg/m³ por el rozamiento)

Hmax = Velocidad de llenado.

Distancia entre marcos = **I** = $\frac{235 \times h}{V \times Hmax}$, siendo h = 2.5 cm (esp. tabla)



3.2. MATERIALES PARA ENCOFRAR

Si bien podemos encontrar diversidad de materiales en la ejecución de encofrados (metales, poliuretanos, fibras, etc.), el material por excelencia es la madera. La madera la podemos encontrar de diferentes características, formatos y procesamientos.

- **Pino Nacional (y pino chileno)**

Presentación:

Tablas - espesor 1" = 2,5 cm.
- ancho 6" a 4" = 15 cm. a 10 cm.
- largo 11' = 3,30 m.

Tirantes - lado 3" a 5" (y sus combinaciones)
- largo 11' = 3,30 m.

Tablones - espesor 2" = 5 cm.
- ancho 12" = 30 cm.
- largo 11' = 3,30 m.

Calidad: Sana, sin grietas, sin nudos pasantes, espesor uniforme (nunca menor a 2,3cm.); regularidad dimensional.

Comercialización: $pie^2 = 1' \times 1' \times 1" = 30 \times 30 \times 2,5 \text{ cms.}$
 $1m^2 \times 1" = 11 \text{ pies.}$

- **Eucaliptus**

Presentación:

Puntales - diámetro aprox. 10cm., nunca menor de 8 cm.
- largo: máximo 5 mts.

Calidad: Madera sana, lo más recto posible; no a la medidas irregulares; evitar los diámetros exagerados porque su peso los hace intrabajables. Verdes si tienen que trabajar a la flexión.

Comercialización: por metro lineal, sin fracción.

- **Contrachapados**

Tableros formados por varias capas finas de madera, encoladas de modo que sus fibras queden entrecruzadas.

Presentación:

Chapones - ancho: 1,10 a 1,22 mts.
- largo: 2,15 a 2,20 mts.
- espesor: 12 a 18 mms.

Terminación: Film fenólico de protección para prolongar su vida útil y disminuir la adherencia.

Calidad: Definida en especial por el adhesivo y el tratamiento de protección.

Comercialización: Venta por unidad, precio por mt^2 .

- **Pino Brasil**

Presentación:

Tablas, tablones y tirantes.

- ancho: normal hasta 30 cms.
- largo: hasta 5,50 mts.
- espesor: a partir de $\frac{1}{2}$ " .

Calidad: Sin nudos ni hongos, uniformidad dimensional y formal.

Comercialización: Precio por pie = $1' \times 1' \times 1"$

Materiales complementarios.

- Clavos (puntas) de hierro de 2" ,2½" y 3". Comercialización por Kg.
- Alambre negro recocido N°14 y N°18. Comercialización por kg.
- Hierro común ϕ 6
- Morsetas.
- Bulones con tubos y tapones plásticos.
- Separadores de armaduras.

3.3. CAPACITACION DE LA MANO DE OBRA

Al no existir para la industria de la construcción centros de formación del personal , éste se va capacitando por el ejercicio del trabajo dentro de las propias obras. En el decurso del tiempo el operario va a poder realizar tareas más complejas y de mayor responsabilidad.

Las características de las tareas a realizar hacen que en general no sea operativo ejecutarlas en forma individual. El organizar a los obreros formando equipos donde se complementen en sus capacidades, optimiza el rendimiento de la mano de obra. La mayor capacitación del obrero implica una remuneración diferencial. El salario mínimo a pagar está fijado por laudo del M.T.S.S. en acuerdo entre el S.U.N.C.A. y las organizaciones empresariales para las diferentes categorías. Hay entonces un criterio aceptado en la evaluación de las tareas, que es la definición de tareas que debe

desempeñar cada uno de los trabajadores según la categoría laboral que desempeñe, así como también están obligados a cumplirla.

Vemos a continuación algunas categorías laborales, como selección del texto elaborado por O.I.T., Cámara de la Construcción y S.U.N.C.A.

3.3.1. Categorías laborales

Nombre del cargo: PEON PRACTICO

Descripción de la tarea:

A partir de indicaciones precisas del Capataz y del Oficial Armador madera u Oficial Armador hierro, según corresponda, corta tablas, puntales, ayuda al armado y colocación de encofrado, apuntalamiento, desencofrado, corta varillas de hierro, colaborando en el doblado y atado de los mismos .

Según instrucciones precisas (proporciones, cantidad) del capataz u oficiales albañiles, prepara mezclas de materiales a ser usados en la obra como ser:

- Morteros de arena
- Mezclas gruesas y finas
- Mezclas adicionadas de hidrófugos.
- Hormigones
- Colabora en la ejecución de contrapisos, amure de marcos, llenado de hormigón, cava pozos y zanjas.
- Realiza otras tareas similares que se le indiquen .

Otras tareas que realiza a veces:

- Carga, descarga y acarrea los materiales, equipos, etc., usados en la obra.
- Ejecuta tareas de limpieza y ordenamiento en la obra, limpia y ordena equipos, materiales y herramientas usadas.

Nombre del cargo: MEDIO OFICIAL ARMADOR DE MADERA

Descripción de la tarea:

Trátase de una tarea en la cual predomina el aprendizaje; es el período de formación necesario del peón para alcanzar la categoría del oficial; realiza o va realizando paulatinamente las tareas del oficial albañil, pero sin tener la responsabilidad de éste por la producción realizada.

Junto al oficial carpintero y bajo la supervisión de éste, realiza las siguientes tareas:

- Acarreo de tablas, tablones y puntales hasta el lugar de trabajo.
- Corta tablas o puntales (según medidas) con sierra o serrucho.
- Ayuda en el armado de tableros para encofrados de planchas, pilares, vigas y colocación de los mismos (aplomado, apuntalamiento).
- Hace desapuntalamientos y desencofrados.

Otras tareas que desempeña a veces:

- Ayuda a armar andamios y apuntalamientos de pozos.

Nombre del cargo: OFICIAL ARMADOR MADERA

Descripción de la tarea:

A partir de un croquis detallado que le da el Capataz, (donde consta: medidas de los encofrados, andamios y ubicación) hace separar la madera que el peón le alcanzará, marcando, escuadrando, y cortando con la sierra eléctrica o el serrucho, con la cual arma moldes de encofrados comunes para pilares, vigas, pórticos, losas, etc..

- Ata con alambre, en general de moldes, andamios de todo tipo, como así también desencofra (desarma los moldes una vez fraguado el hormigón).
- Por indicación del Capataz, coloca barandas y redes de protección contra accidentes.
- Tira niveles y marca el espesor de la losa en el encofrado.

Otras tareas que desempeña a veces:

- Cepilla tablas para hormigón visto.
- Ejecuta escaleras sencillas.

Nombre del cargo: OFICIAL ESCALERISTA EN MADERA

Descripción de la tarea:

A partir de croquis y planos sencillos suministrados por el supervisor (Capataz o Encargado), donde constan medidas, detalles, ubicación, hace separar por el peón (o separa él) la madera a usar, marcando, escuadrando y cortando con sierra eléctrica o serrucho, con la cual arma moldes de encofrado de regular complejidad y/o que exijan una precisión superior a la normal (escaleras, detalles complicados en el armado, etc.).

Los procedimientos de trabajo empleados son similares al del oficial armador de madera, diferenciándose de éste por:

- Mayor exigencia en el conocimiento
- Mayor complejidad en el trabajo
- Exigencia de mayor precisión

Hace replanteos a pedido del Supervisor. Prepara andamios para él y para otros trabajadores. Trabaja generalmente secundado por un oficial o medio oficial y peones, a quienes coordina e instruye.

Nombre del cargo: ENCARGADO ENCOFRADOS

Descripción de la tarea:

Trátase de una tarea en la cual predomina el aprendizaje; es el período de formación necesario al Oficial para alcanzar la categoría de Capataz pero sin tener la responsabilidad de éste por la producción realizada.

- A partir de indicaciones del Capataz, es responsable por la construcción de encofrados y andamios, llenado y posterior desencofrado.
- En base a los planos y/o indicaciones recibidas, distribuye las tareas entre el personal a su cargo, encomendando la construcción de encofrados para vigas, losas, pantallas, pilares, patines y otros.
- Supervisa la correcta ejecución de los mismos, el aprovechamiento y conservación del material, la construcción y/o colocación de andamios y redes de seguridad, la realización de apuntalamientos, rendimiento y disciplina del personal y otros, impartiendo las indicaciones necesarias.
- Controla la producción de hormigón, de acuerdo a las dosificaciones que se le indican, y supervisa las tareas de llenado.
- Controla los tiempos de desencofrado, indicando y verificando los apuntalamientos necesarios.
- Puede colaborar en la realización de los trabajos, en caso necesario.

- Realiza otras tareas equivalentes.

Nombre del cargo: CAPATAZ ESPECIALIZADO EN HORMIGON ARMADO

Descripción de la tarea:

Tiene a su cargo la ejecución de la estructura de hormigón armado de la obra. Está supervisado por: el Técnico de la empresa (Arquitecto o Ingeniero), y/o el Capataz General de Obra y/o el Inspector General de Obras, y/o el Arquitecto o Ingeniero de la obra.

Recibe del supervisor el plano completo, planillas, etc. de la estructura a realizar, incluyendo: armaduras de hierro, con detalles de armado, medidas de hierro, etc y medidas de los encofrados.

Distribuye el trabajo a los encargados y oficiales armadores en hierro o madera, a los cuales suministra croquis, planillas y listas con especificaciones de trabajo (detalle de armaduras, medidas, etc.).

De acuerdo al andamio de la obra, hace provisiones de materiales, equipos y mano de obra; realiza los pedidos correspondientes a su supervisor o directamente a las fuentes proveedoras, dependiendo de las instrucciones de la empresa; controla materiales o equipos usados en su rama, su almacenamiento, su cuidado y su uso.

Instruye y evacua consultas del personal a sus órdenes, relativas al trabajo. Resuelve problemas de relaciones entre el personal, controla el rendimiento de la mano de obra.

Realiza otras tareas equivalentes.

3.4. EQUIPAMIENTO

El equipamiento físico de la Empresa consiste en maquinaria y herramientas.

La maquinaria para el movimiento de los materiales y elementos consiste en: grúas, guinches, etc.

Ya que las herramientas que usan con carácter personal los oficiales y medio oficiales son de su propiedad, la empresa debe proporcionar las restantes: sierra de disco, trozador, sargentos, uñas para desencofrar, materiales para armar los bancos de trabajo (tablones y caballetes), nivel de manguera.

Los oficiales y medio oficiales reciben una compensación (estipulada por convenio) por desgaste de sus herramientas, las cuales son también una tarjeta de presentación en obra. Como enumeración no taxativa tenemos: clavera, martillo (con uña para extraer clavos), tenaza, serrucho (común de hoja trapezoidal), metro plegadizo (de madera o fibra), plomadas de carpintero, plomada de punto, hachuela, uña, escuadra, lápiz (de mina ovalada), hilo, berbiquí, serrucho de punta, serrucho de costilla, sargentos, nivel de burbuja, escofina, maceta, retorcedor, etc.

Si bien el disponer de la cantidad suficiente y apropiada de equipamiento material para el tipo de obra a presupuestar es condicionante para la empresa, la optimización de los rendimientos pasa indefectiblemente por contar con mano de obra capacitada y organizada.

4. CONDICIONANTES ECONOMICAS

El costo de los encofrados utilizados en la realización de las obras de hormigón armado llegan a valores muy altos, comparables con el propio hormigón o acero, superando en casos especiales la suma de ambos.

La dificultad de reducir los valores del hormigón y del hierro hacen imprescindible el estudio del encofrado como forma de abatir el costo de la estructura. El mejorar el costo del encofrado no pasa necesariamente por utilizar materiales de menor precio, sino por la

inversión final, por facilidad operativa, duración, reusos en esa construcción e inclusive la posibilidad y viabilidad de utilización posterior.

Recordemos que los materiales utilizados en general tienen tamaños estandar y su uso dentro de esas dimensiones es lo menos costoso. Consideremos en especial la madera para construcción y también los contrachapados.

Otro aspecto importante es la mano de obra, la incidencia relativa según el sistema y la posibilidad de conseguirla con la calificación apropiada.

Por otra parte debemos definir si contamos con los equipos necesarios y que costo implican, para que sea viable el uso del sistema de encofrado.

El estudio económico debe comenzar con el proyecto en el diseño de la estructura considerando al adecuada elección de los materiales de encofrar, con su cálculo y colocación en obra, con la planificación del encofrado y los reusos, si fueran posibles; también las condiciones de recuperación de los materiales utilizados.

Señalo a continuación los **puntos más importantes** a tener en cuenta **en el proyecto** de edificios **para reducir los costos de encofrado** :

1. Estudiar simultáneamente los proyectos de arquitectura y estructura.
2. Durante el proyecto de estructura se deberán considerar los materiales y métodos necesarios para su construcción, su colocación y su desencofrado.
3. Utilizar la misma sección de pilares en toda la altura del edificio, y, si no es posible, conservar la misma sección en varias plantas. Definir la sección inicial para el aprovechamiento racional del material y la mano de obra de encofrado. Evaluando cuánto economizamos de hormigón en los cambios dimensionales con respecto a lo aumentado para compensar en albañilería; considerando además que variamos también las dimensiones de las vigas que llegan a ellos con su consiguiente aumento de costo.
4. La separación entre pilares, siempre que sea posible y práctico, deberá ser uniforme en todo el edificio. En caso contrario, intentar que esta condición se verifique de una planta a la otra. Ya se hizo notar en el ítem anterior la importancia con respecto a las vigas, agregamos aquí lo similar para las losas.
5. Siempre que se pueda disponer los pilares de forma que su separación, medida entre paramentos contiguos, sea un múltiplo de los tamaños comerciales de las tablas necesarias para el encofrado, o bien de las dimensiones de los paneles de contrachapado.
6. Dar a las vigas un fondo acorde a los anchos normales de tabla. Recordar que es muy fácil corregir los valores de cálculo para los anchos con pequeñas variaciones de altura.
7. Dar el mismo ancho a vigas y pilares, con idea de reducir o eliminar los cortes y ajustes en los encuentros de encofrados.
8. Proyectar las vigas de cada planta con el mismo canto, eligiéndolo de forma de usar tablas sin necesidad de aserrado.

Ahorrar en el encofrado, programar la economía en la construcción, en el armado y en el desarmado, integrando los tres factores : materiales, mano de obra y equipo necesario para la manipulación.

Una buena planificación en las etapas de construcción del edificio nos puede permitir establecer una secuencia compatible con el desencofrado para optimizar el reuso.

Esto nos lleva a resaltar **tres aspectos del desencofrado**:

- a) Proceder al retiro del encofrado lo antes posible para conseguir el mayor número de usos sin comprometer la estabilidad estructural.
- b) Programar el ensamblado de las diferentes partes que lo conforman, previendo la sucesión de retiro posible y las operaciones necesarias para efectivizarlo.
- c) Preparar las superficies del encofrado para facilitar el retiro con el menor daño posible del material y de la conformación; por ejemplo con el uso de desencofrantes.

Plazos de desencofrado para hormigón común sin aditivos, con temperaturas de 19°C a 20°C aprox., no se consideran heladas ni sobrecargas eventuales:

- Pilares y costados de vigas = 3 a 4 días.
- Losas de luces menores a 3 mt. = 8 días + 14 días de puntales de seguridad
- Fondos de vigas y otras losas = 21 días + 7 días de puntales de seguridad
- Garganta de viga pretil = al día siguiente
- Pilar > 4 mt. = 7 días con estructura complementaria (apuntalamiento)

Rendimientos :

Para el encofrado y desencofrado de 1 mt ² :	1,60 h oficial + 1,00h peón.
Para el encofrado 1 mt ² :	1.8m ² de madera.
Para 1mt ³ . de hormigón:	2 jornal de oficial 1 jornal de peón para encofrado 2 h. peón desencofrado y limpieza.

Consumo de encofrado :

* *Tabla*

- pilares:	5 mt ² por mt ³ de hormigón	-	55 pies
- vigas:	4,50 mt ² por mt ³ de hormigón	-	50 pies
- losas:	4 mt ² por mt ³ de hormigón	-	45 pies

- * *Puntales*
- 0,60 mt. de puntal / mt² de losa
 - 2,50 mt. de puntal / mt³ de losa
 - 3 mt. de puntal / mt³ de viga.

* *Clavos* : 2 a 3 kg. por mt³ de hormigón

* *Alambre* : 2 kg por mt³ de hormigón

5. PUESTA EN OBRA

Sólo en contadas ocasiones parte, sólo parte, del encofrado queda incorporado a la estructura de hormigón, por lo tanto podemos generalizar y decir que todo lo que se encofra debe ser desencofrado.

Recordando los parámetros de economía analizados anteriormente, sabemos de la importancia de la rápida recuperación de los materiales y con el menor deterioro posible. Entonces el armado debe prever la secuencia de retiro impuesta por la permanencia diferencial de las distintas partes que componen el encofrado.

Si bien nos imbuimos de los riesgos de un encofrado sin la suficiente solidez, el exceso de celo en este aspecto puede ser contraindicado, en especial en el uso de clavos tanto por el tamaño como por la cantidad ya que van deteriorando la madera y volviendo más trabajo el desarmado. El operario deberá evaluar que parte de la construcción puede ser reusada y cual no, para conferirles las resistencias apropiadas. Los clavos cuya función sea más posicional que resistente conviene que no se introduzcan totalmente para poder retirarlos con la uña.

El elemento más simple a conformar por el carpintero es el tablero : conjunto de tablas ensambladas por gateles.

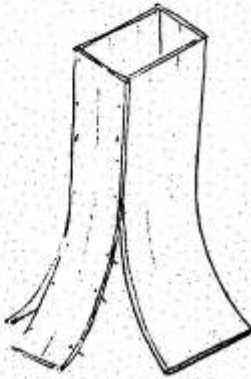
Tablero: Conjunto de tablas ensambladas por gateles.

Gatele: Pieza de madera de menor dimensión, destinada a unir el conjunto de tablas que conforman el tablero. El gatele fijado de canto al tablero le confiere también resistencia y se le denomina costilla.

Estacas: son tablas o troncos con punta aguzada, que hincadas en el suelo soportan esfuerzos laterales.

6. ENCOFRADO DE UN PILAR

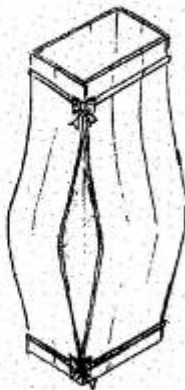
Para realizar el encofrado de un pilar podríamos unir simplemente tablas que reproduzcan la forma que queremos obtener.



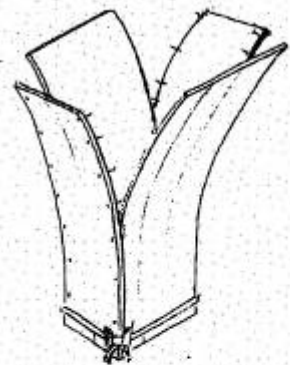
Pero al verter el hormigón vemos que no tiene la consistencia suficiente y se desarma por la base.



Superamos ésta situación atando el molde en la parte inferior, pero el resto no resiste.



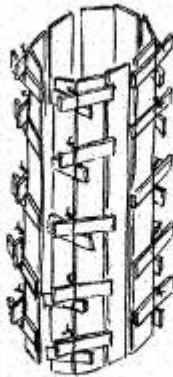
Si optamos por atar los extremos, el encofrado nos se desarmaría, pero se deformaría más allá de lo admisible.





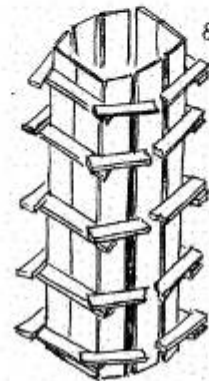
Colocando ataduras intermedias, se produciría aún una deformación excesiva.

La mayor proximidad de las ataduras nos evita este tipo de deformaciones pero no logra mantener la forma rectangular y se redondea.



Sustituimos entonces éstas ataduras flexibles por elementos rígidos (gateles) pero la presión es mayor que la que pueden soportar y se quiebran.

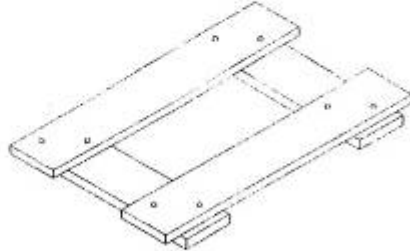
Cambiamos entonces los gateles haciéndolos trabajar de canto (costillas) y vemos que resisten para el lado menor del pilar, pero no así en el lado mayor; tendríamos que reforzarlos.



Luego de haber visto en forma esquemática la problemática del encofrado del pilar, vamos a estudiar la ejecución del mismo distinguiendo los elementos que conforman el **molde**, que lo **rigidizan** y aquellos que aseguran la **estabilidad** del conjunto. El molde se conformará a partir de tableros.

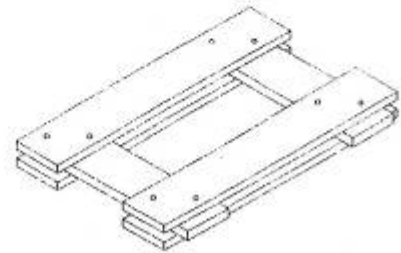
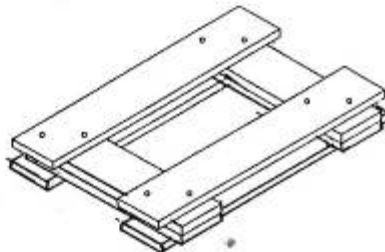
En el caso de pilares rectangulares, el encofrado está formado por cuatro tableros, dos de ellos de igual dimensión que el pilar (generalmente se toma el lado más largo), y los otros dos tendrán el ancho del pilar más dos espesores de tabla. Se denominan tableros "**interiores**" y "**exteriores**" respectivamente. Sobre los exteriores (más largos) harán tope los interiores (más cortos).

Como los tableros no conforman un conjunto resistente necesitan elementos que los unan y rigidicen. Estos elementos son las prensas, conformados por pequeñas tablas que se clavan entre si rodeando la sección del pilar, impidiendo que los tableros cedan ante el empuje del hormigón deformando el encofrado. Las prensas se distribuyen a lo largo de toda la altura del pilar, y su separación es variable y se calcula según los esfuerzos que deba soportar el molde. Siendo la posición de éstos función de la resistencia el diseño del marco variará según el caso:



De 4 tablas, es el más simple.

De 6 tablas, se refuerzan los dos lados más anchos.

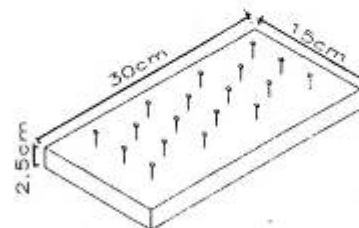
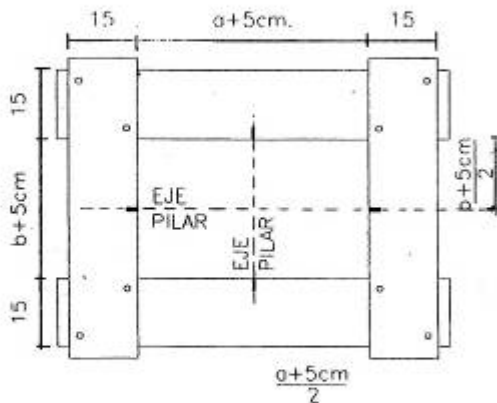


De 8 tablas, soporta esfuerzos aún mayores.

Para el posicionado del molde el primer elemento que debemos considerar es el marco de replanteo (o de base). Está formado por cuatro tablas clavadas ortogonalmente entre si y al piso. Cumple un doble propósito, fijar la posición del pilar en el arranque y rigidizar el molde en ese punto para contrarrestar el empuje del hormigón.

El marco se va a fijar sobre la losa clavándolo en las "zapatillas" dejadas en oportunidad del llenado.

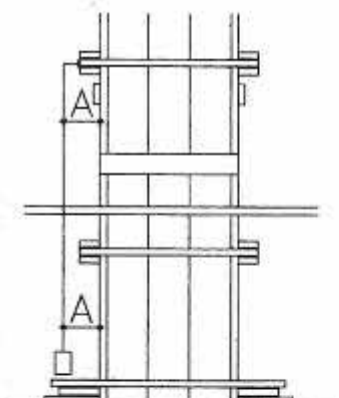
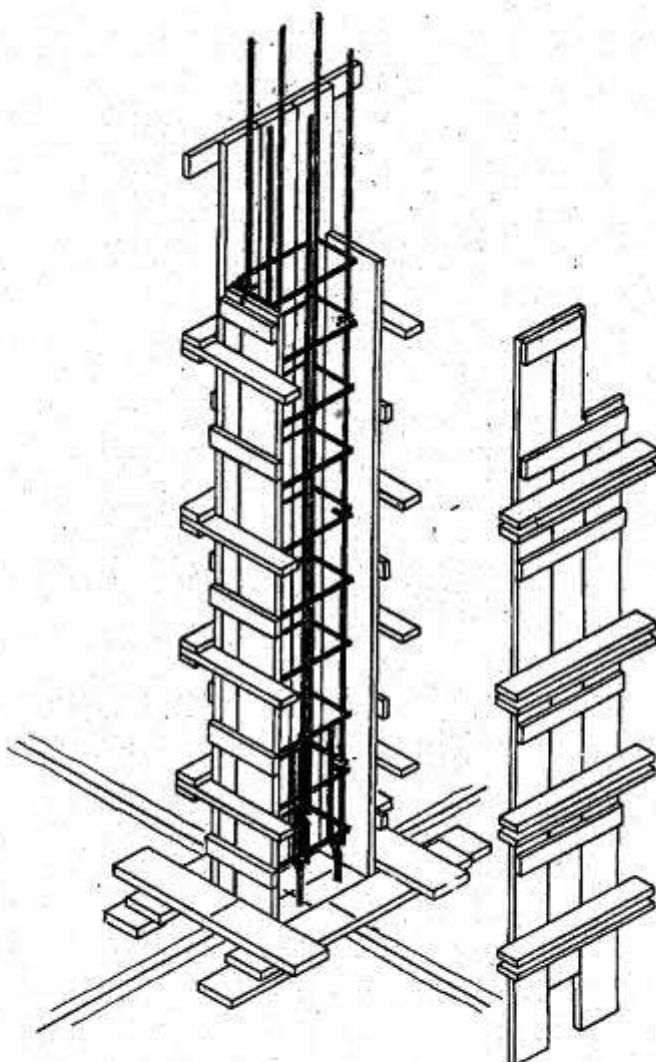
Las zapatillas son trozos de tablas con clavos que se fijan por medio de éstos en el hormigón fresco y sirven para fijar los marcos de base y también fijar los vientos.



El **marco base** se posicionará haciendo coincidir el centro de sus lados con los ejes de replanteo del pilar. Las dimensiones interiores del marco superarán en 5cm las dimensiones del hormigón del pilar permitiendo encajar dentro de él los tableros de encofrado del pilar, cada uno de los cuales tiene el espesor de una tabla (1 pulgada = 2,5cm).

Se colocarán inicialmente tres lados del encofrado para poder operar con la armadura, ya sea porque esté colocada o para poder colocarla interiormente. Preparada la armadura dentro del pilar, se cerrará con el cuarto lateral, rigidizando todo mediante el clavado de los marco prensa.

El **posicionamiento** del pilar desde el punto de vista planimétrico, está resuelto por la fijación del marco base, debemos asegurar su verticalidad, lo cual se logra por medio



de tres plomadas colgadas en la prensa superior, una en cada extremo de la cara mayor y otra sobre la cara menor. Se verifica considerando igual distancia del hilo de la plomada al tablero en la parte superior e inferior del pilar. Esta dimensión por práctica se toma siempre igual a 10cm.

El paso siguiente es estabilizarlo para permitir el llenado y posterior endurecimiento en la posición correcta. Esto se logra mediante **riostras o vientos** que son tablas que se clavan en forma inclinada entre el **encofrado** y las **zapatillas** colocadas en la losa, o a algún otro elemento sustentante.

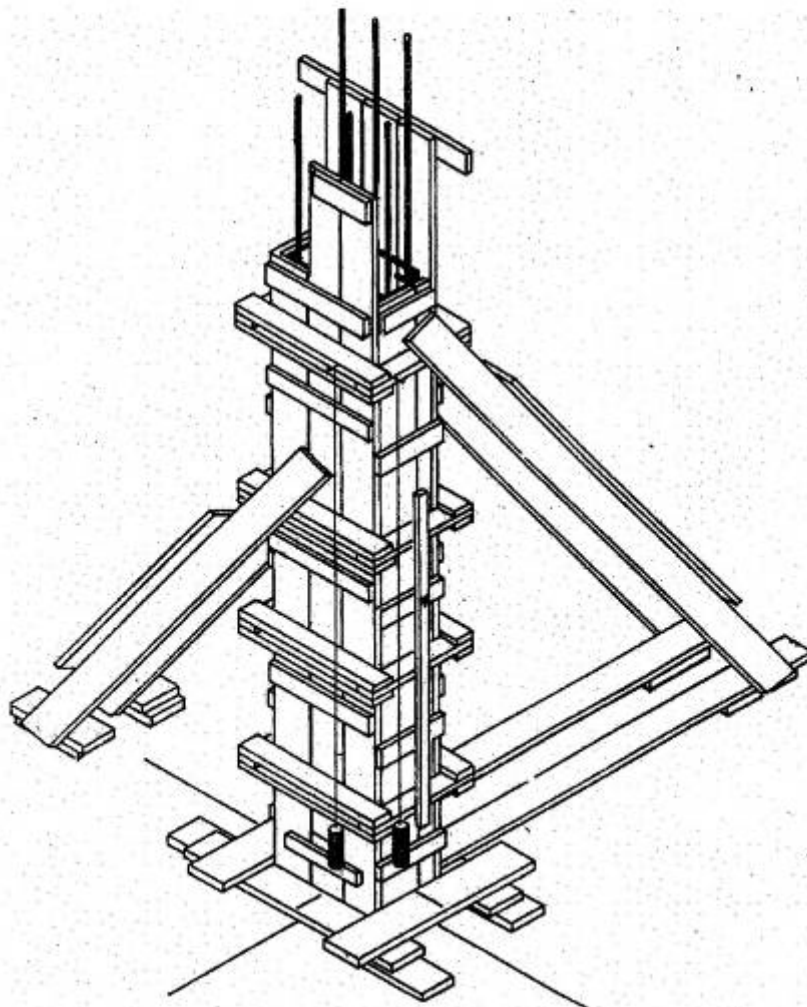
Es conveniente clavar los vientos a los tableros para lograr una mayor superficie de apoyo. Si el pilar está aislado, se colocan vientos en por lo menos dos lados perpendiculares del molde; si hay una secuencia de pilares, estos se arriostran entre si por tablas.

En pilares altos los vientos pueden llegar a ser muy largos, y como su sección es fina se refuerzan con una tabla clavada en el canto en forma perpendicular a ellos (formando una sección en T), a fin de evitar las deformaciones por pandeo que puedan surgir.

Se fijará luego verticalmente un listón clavado sobre las prensas en cual se procederá a replantear el nivel de **un metro sobre el piso terminado**. Esto es fundamental para poder determinar el nivel de cara inferior de vigas, o sea hasta donde debe colocarse hormigón en el pilar.

Estando el encofrado pronto para ser llenado, se verifica su limpieza. En caso de que hayan caído virutas, herramientas, o algún elemento extraño, se procede a su retiro por una ventana dejada a tal efecto en la parte inferior del lateral más ancho del encofrado. Esta ventana se cierra previo al llenado asegurándola con un gatel.

Luego se debe mojar abundantemente los tableros para que se produzca el hinchado de la madera y aumente la hermeticidad y por otra parte que la madera esté lo suficientemente saturada para que no absorba agua del hormigón produciendo el desecado de la masa periférica.



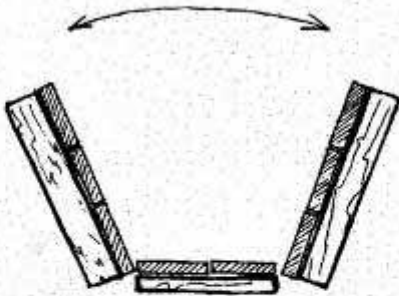
7. ENCOFRADO DE VIGAS

7.1. ARMADO ENCOFRADO VIGA



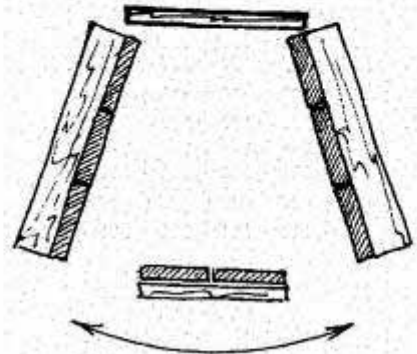
A) Como lo primero que se podrán desencofrar son los laterales, éstos deberán ser libres respecto al fondo.

B) La presión del hormigón deforma el encofrado, deberá reforzarse.

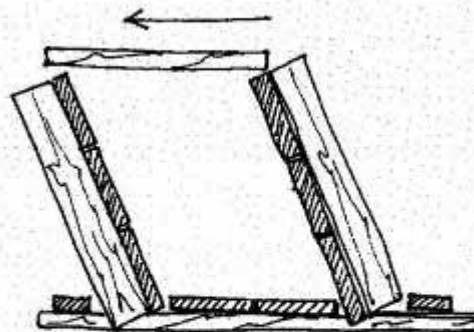
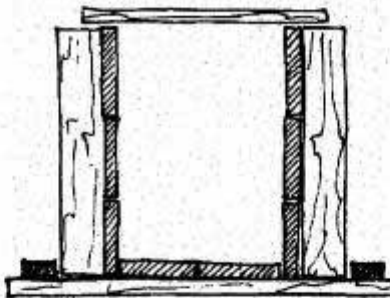


C) El encostillado de los tableros no asegura el armado del molde.

D) El listón colocado en la parte superior no alcanza para anular los esfuerzos en el sector inferior.

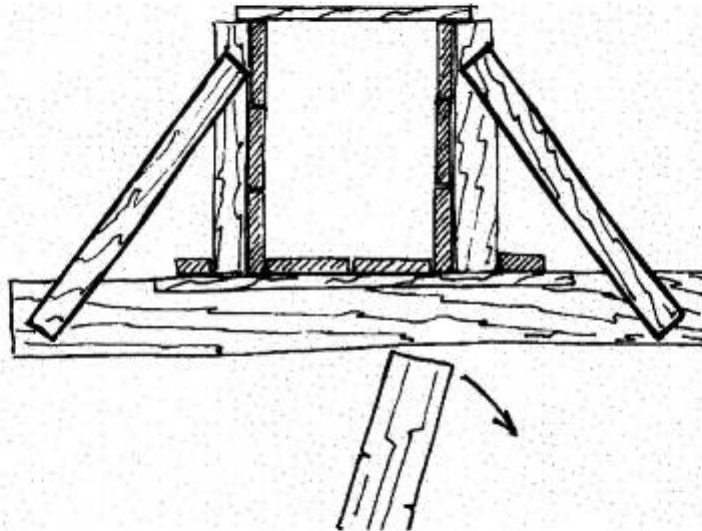


E) Prolongando los listones de armado del tablero de fondo se puede colocar un listón longitudinal (de aguante), que impedirá el desarmado, pero..

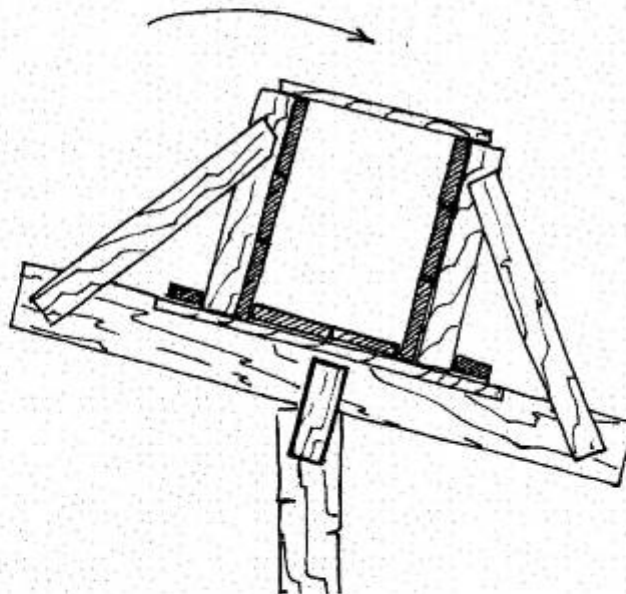


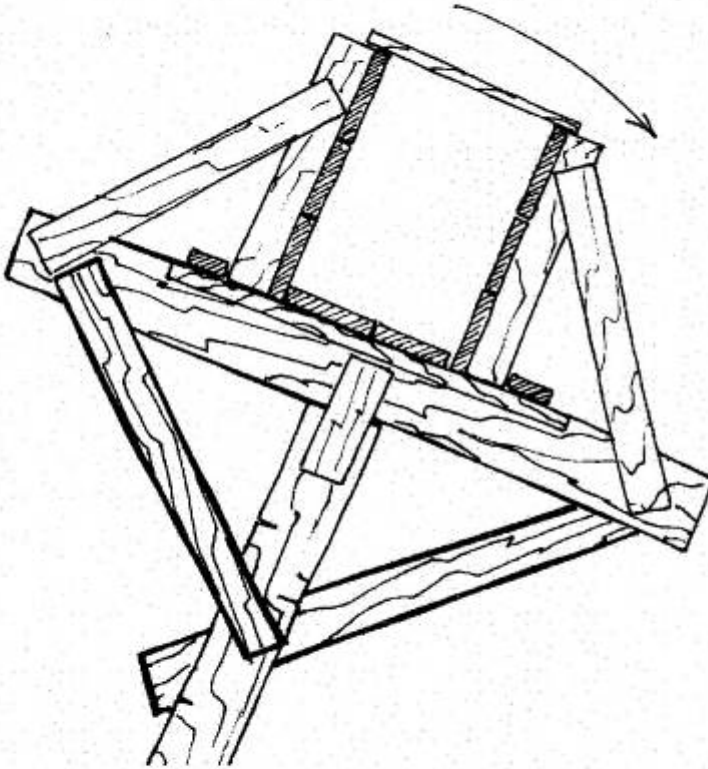
F) ... se deforma

Los “vientos” triangulan evitando la deformación del molde, sin embargo éste no permanece estable apoyado sobre el extremo del puntal.



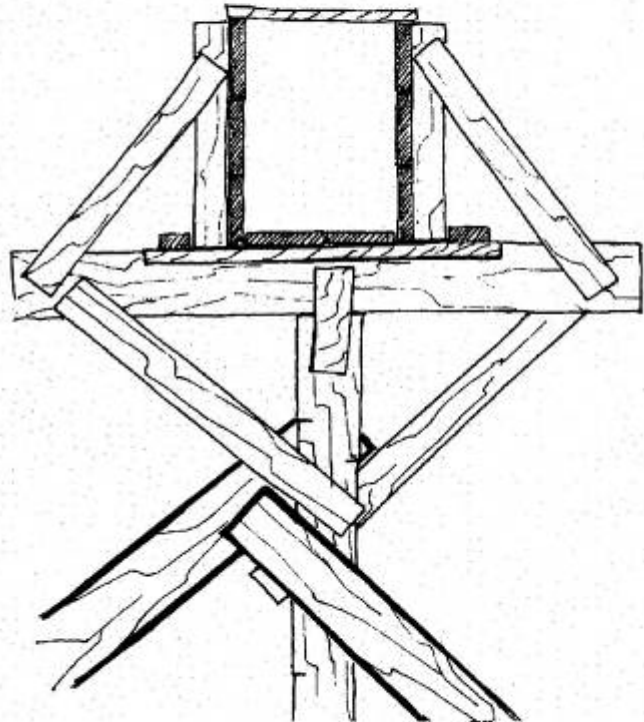
La “oreja” evita el zafado del puntal pero no alcanza para que no se produzca el giro.



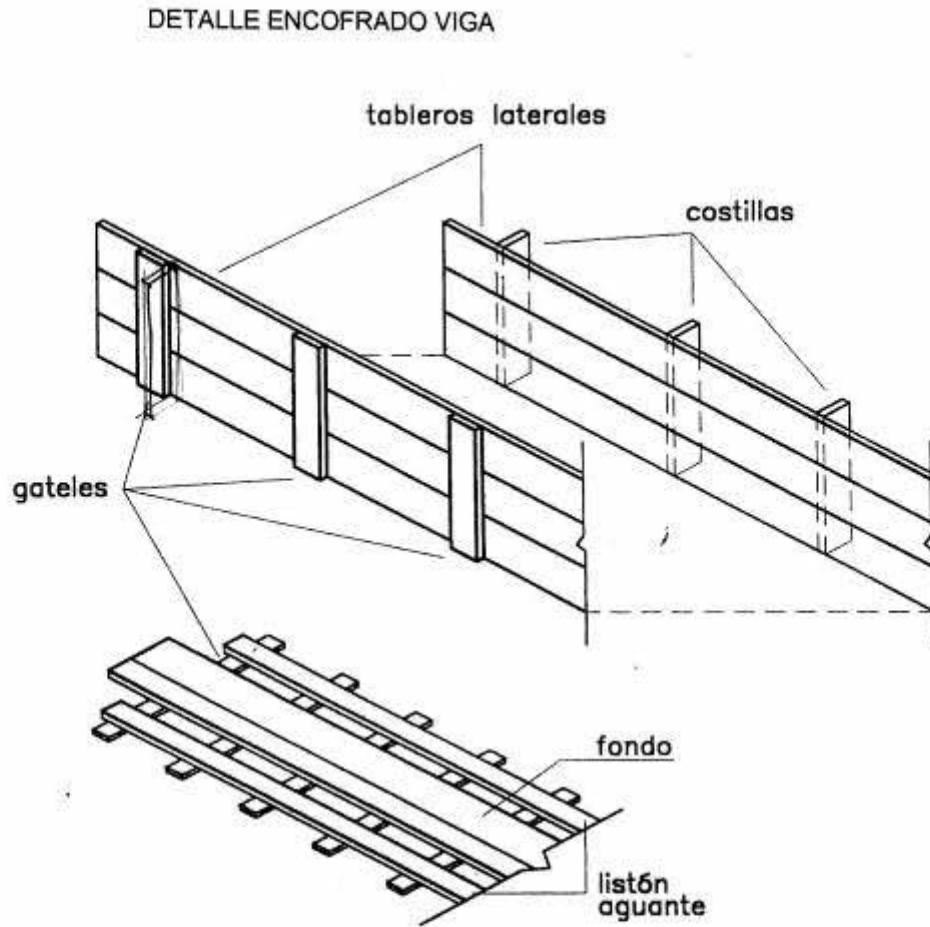


La triangulación del encabezado del puntal rigidiza la estructura, aunque no impide posibilidades de volteo.

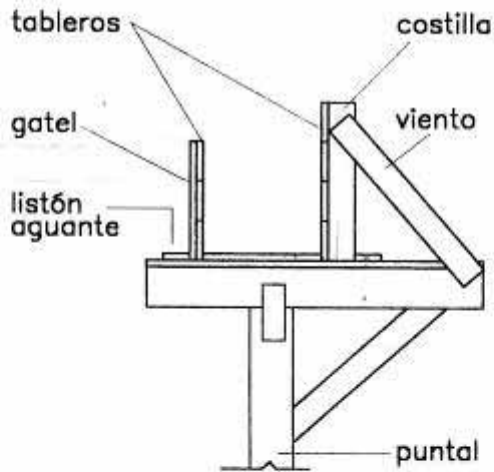
La colocación de vientos en ambos sentidos (cruces de San Andrés) estabiliza la pieza.



7.2. COMPONENTES

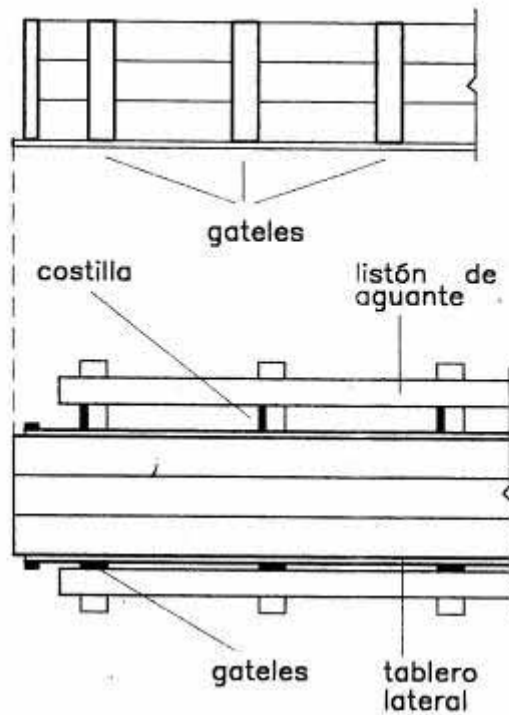


DETALLE ENCOFRADO VIGA LATERAL



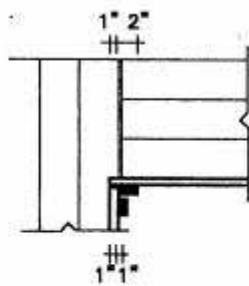
SECCION

VISTA LATERAL



PLANTA

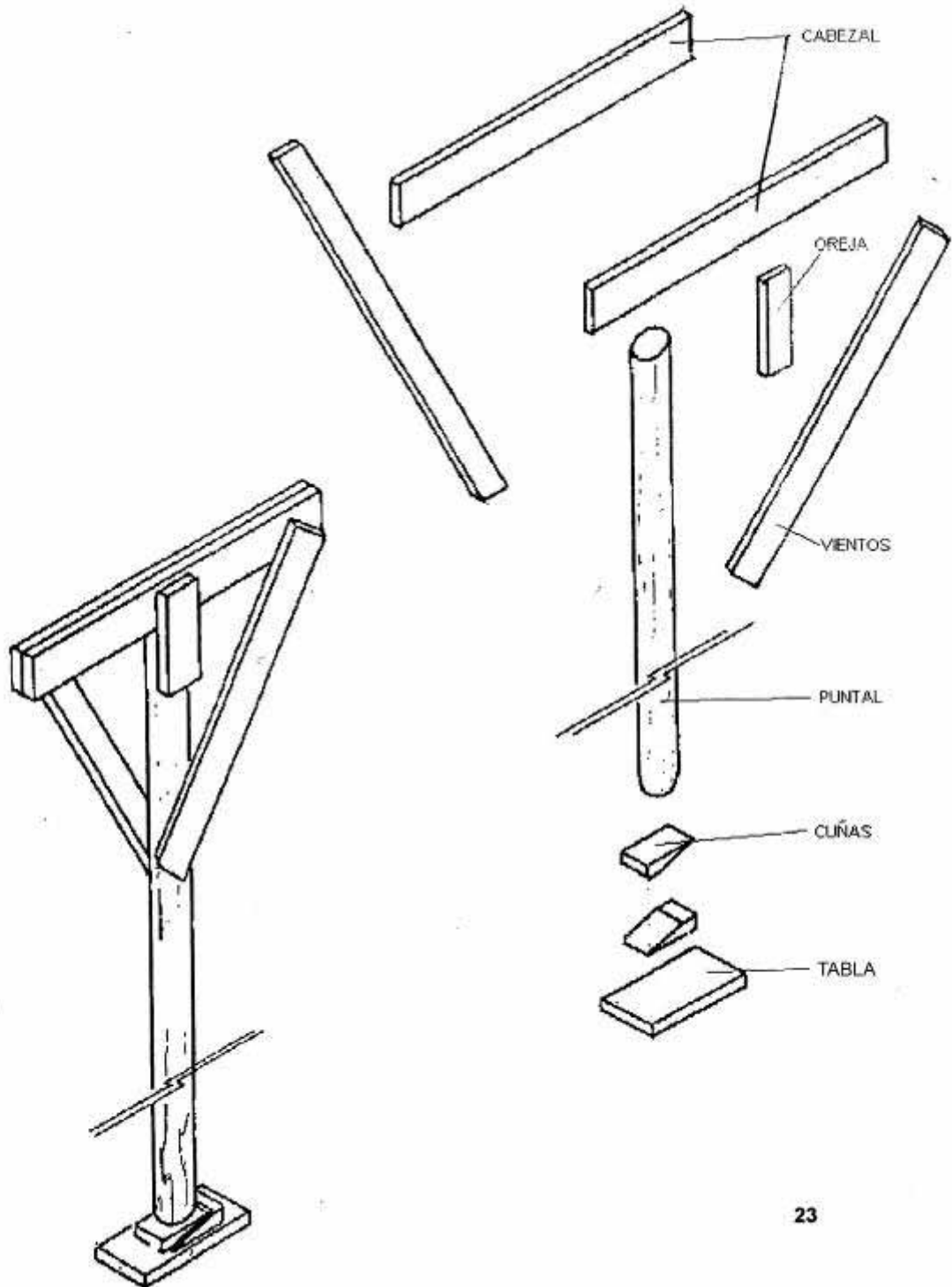
DETALLE VIGA – PILAR



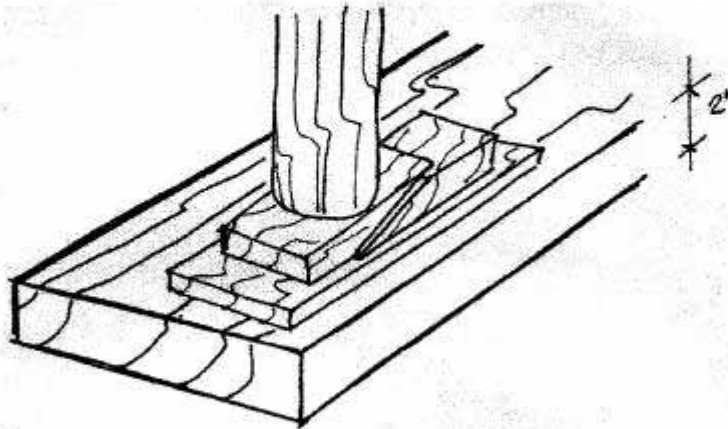
SECCION

7.3. PUNTALES DE APOYO

PUNTAL ENCABEZADO PARA VIGAS.

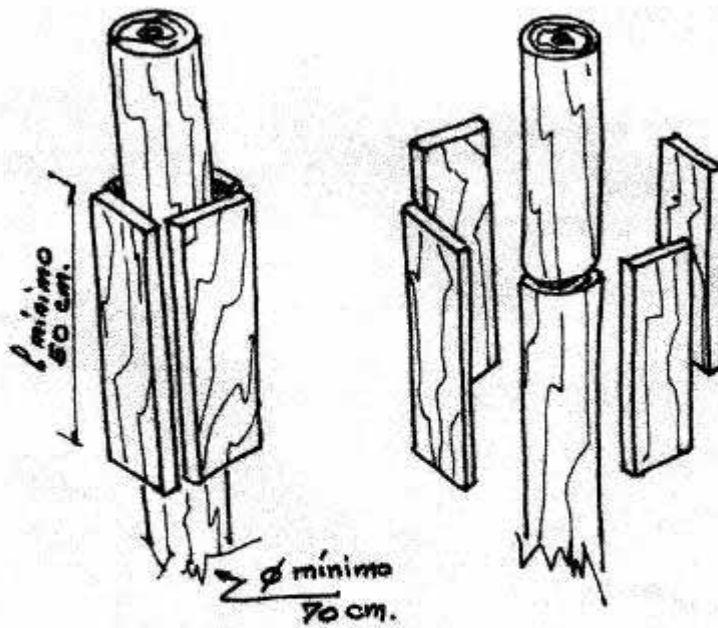


Base puntal :

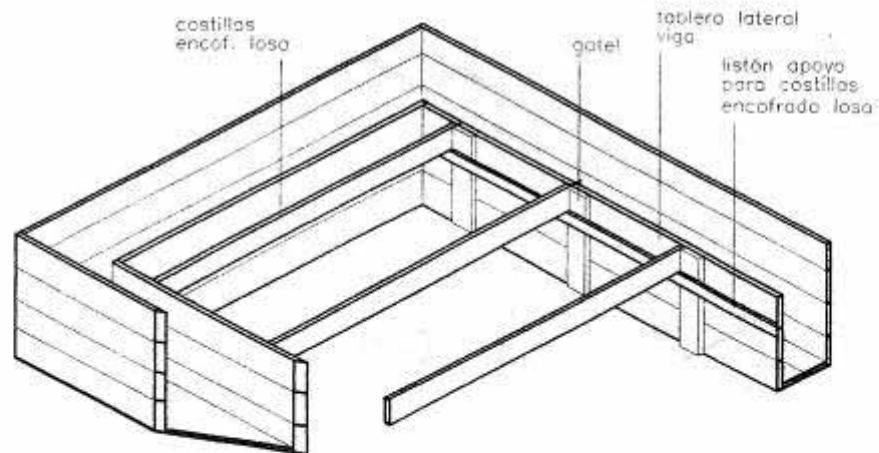


Empalmes en el tercio superior o inferior.
Máximo de empalmes según elemento:

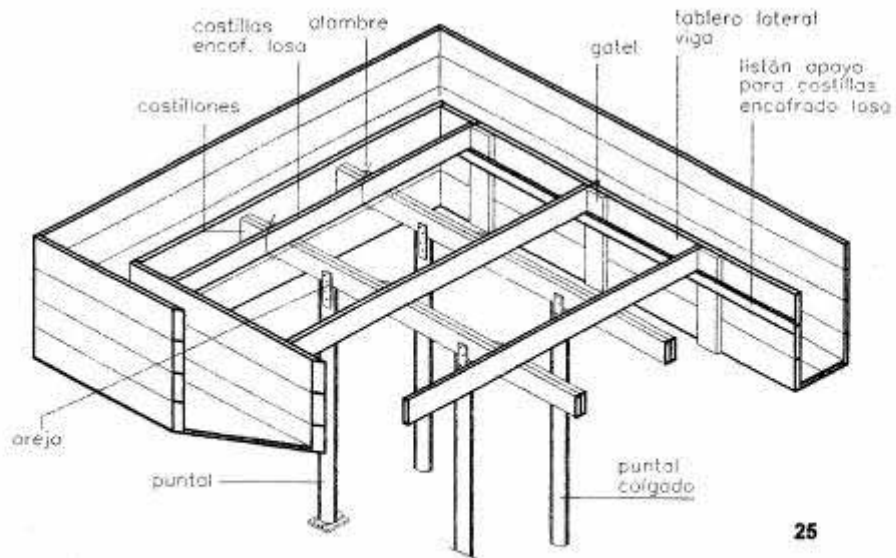
- Vigas- 1 c/3
- Losas- 1 c/2



c) Se colocan las tablas que serán el fondo de la losa sobre las costillas



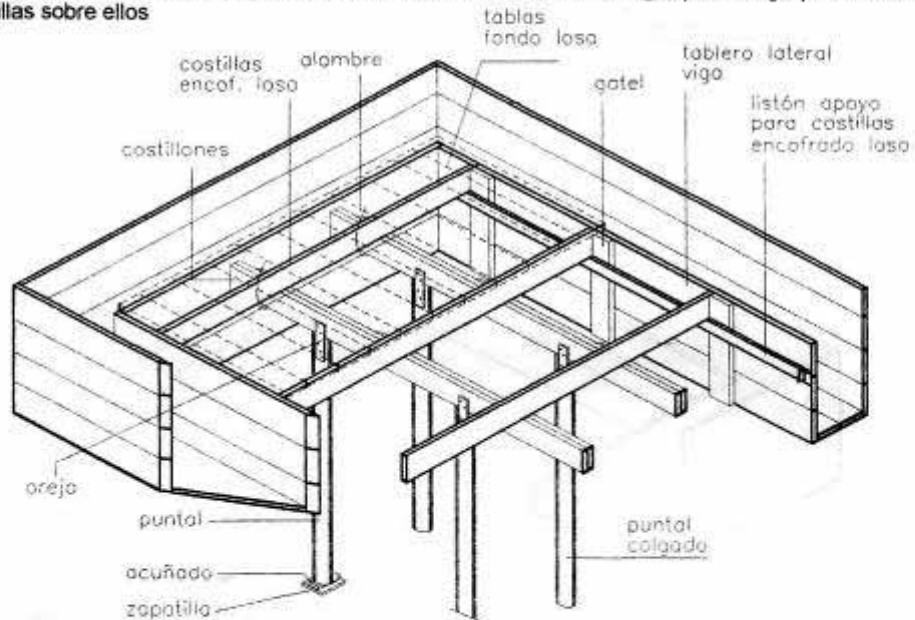
d) Se nivela el fondo de la losa mediante dos hilos cruzados en diagonal según se muestra en la figura.



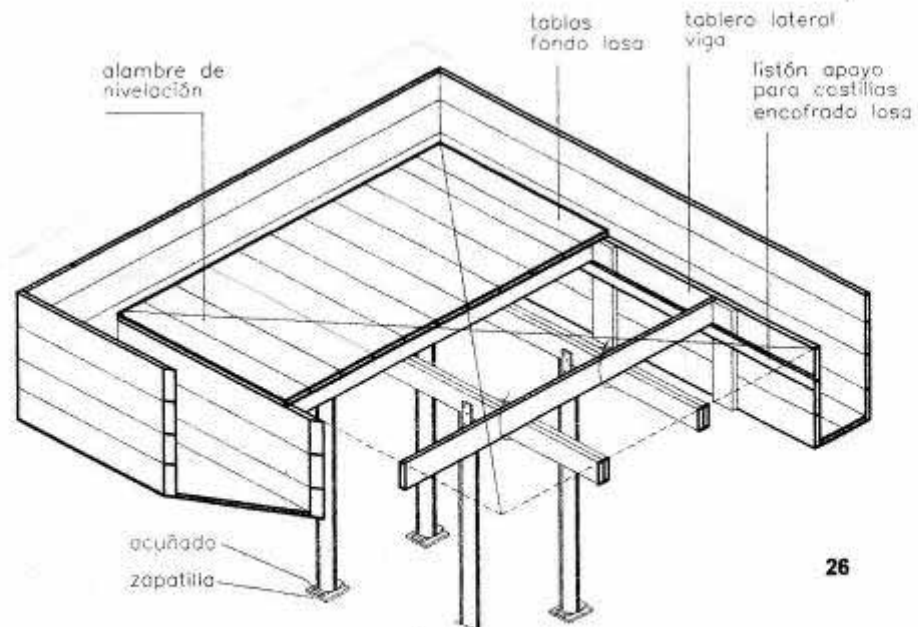
8. ENCOFRADO DE LOSAS

8.1- ARMADO ENCOFRADO LOSA SOBRE LA VIGA

c) Se clava el listón de apoyo sobre los tableros laterales de la viga, para luego posicionar las costillas sobre ellos



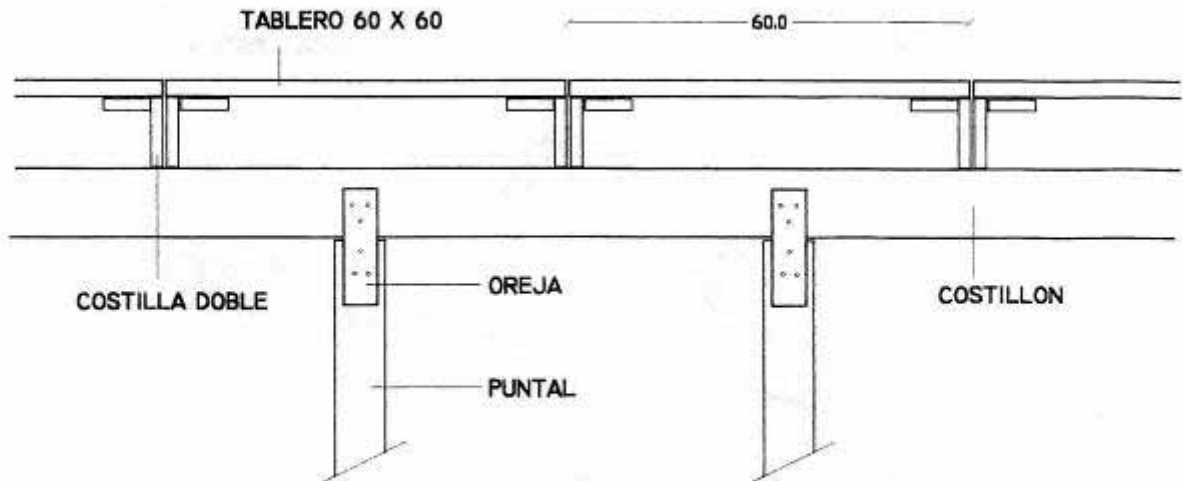
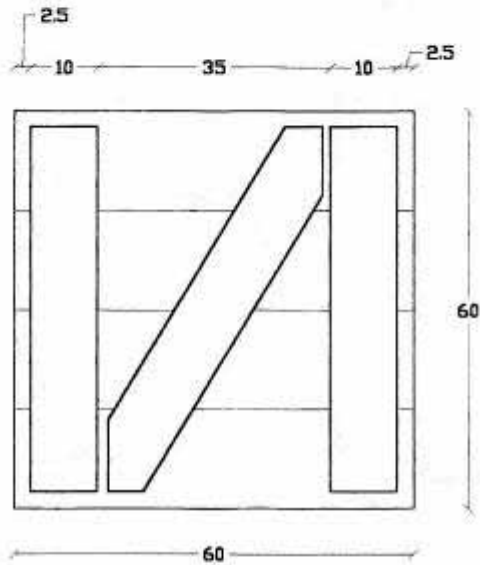
d) Se atan los **costillones** a las **costillas** con alambre. Los puntales se cuelgan de los costillones mediante orejas, para luego nivelarlos y acuararlos.



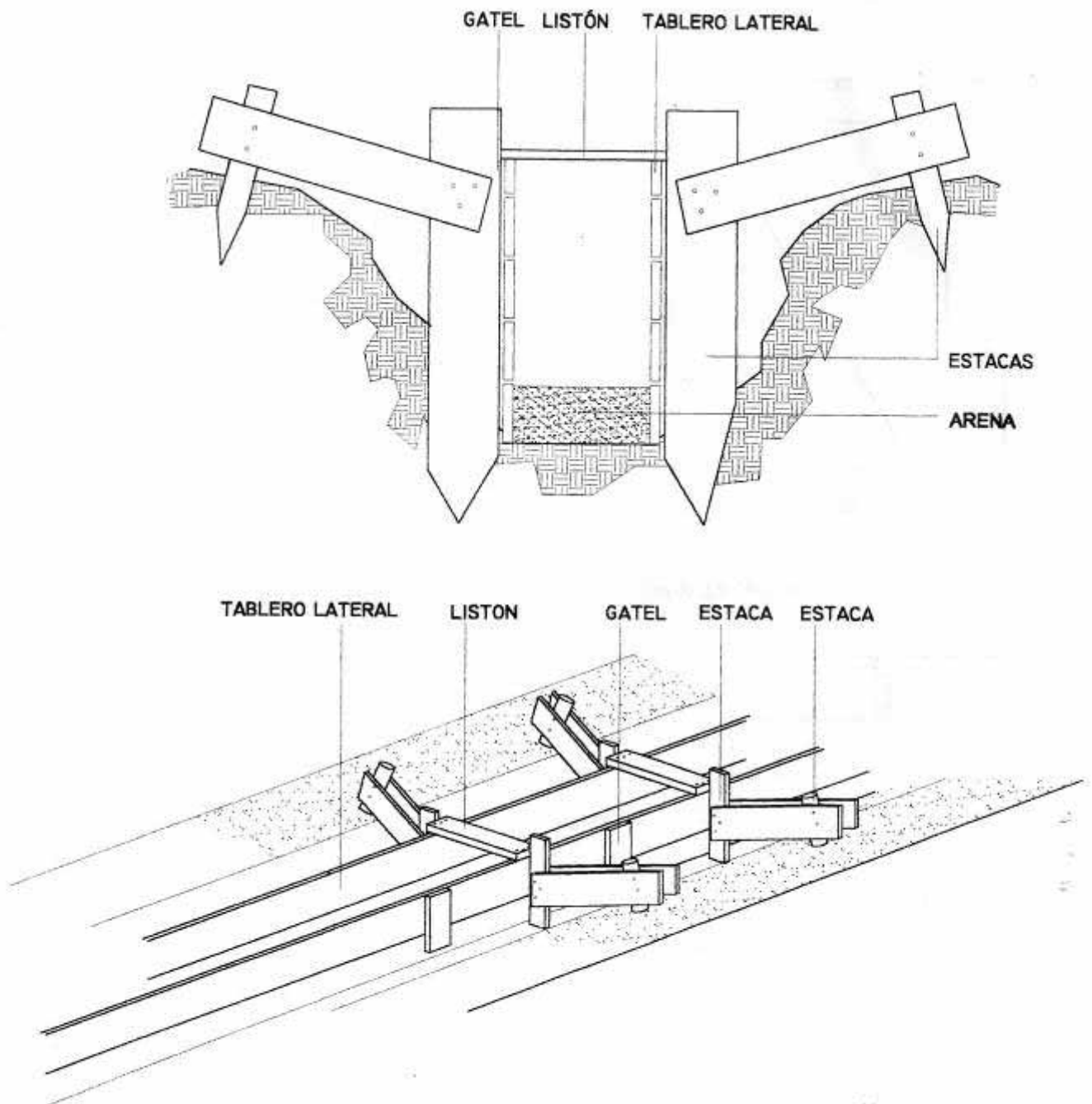
9. CASOS ESPECIALES DE ENCOFRADOS

9.1. ENCOFRADO TRADICIONAL RACIONALIZADO PARA LOSA

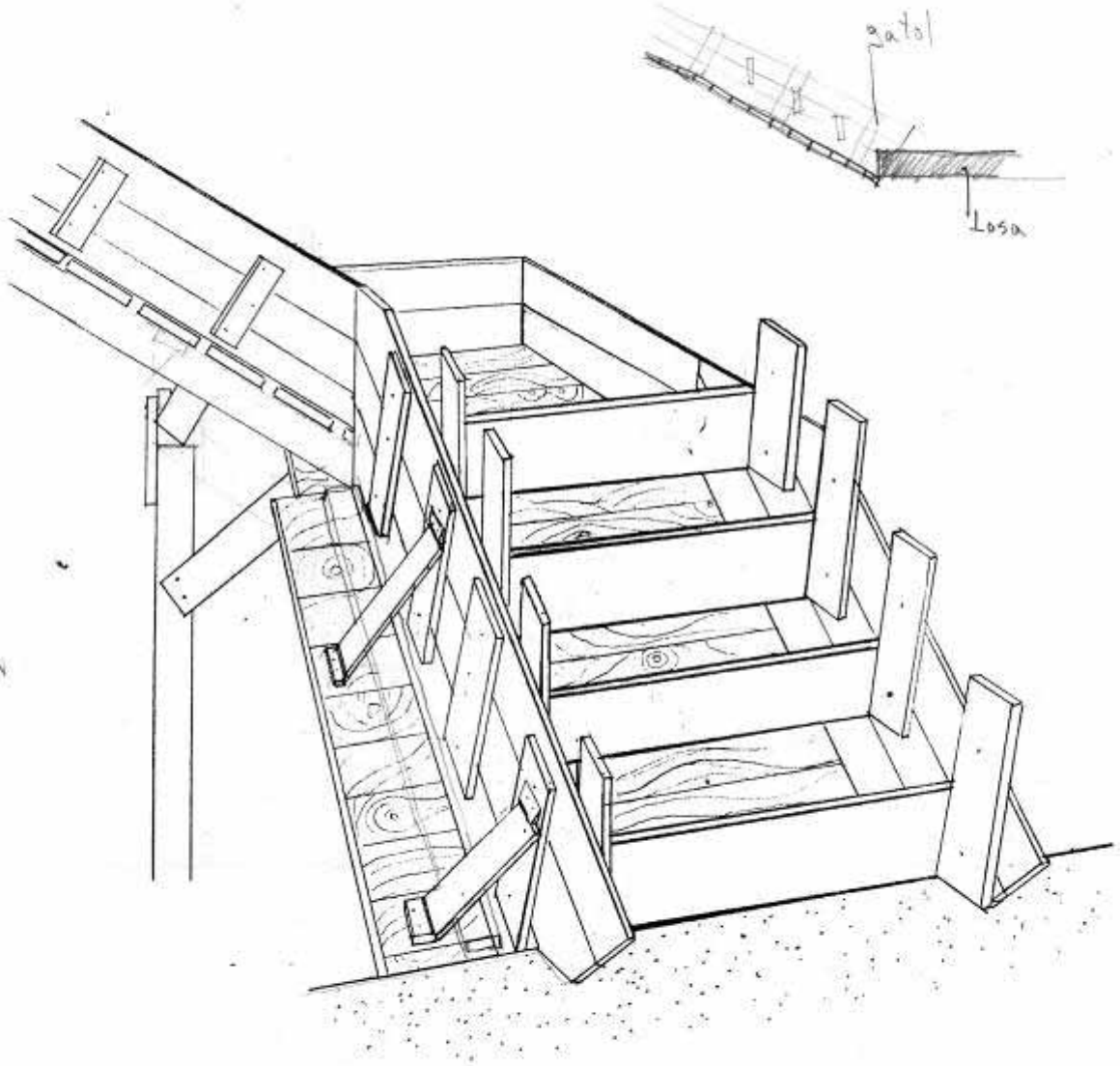
Aprovechando los desperdicios de las tablas de encofrado se pueden formar piezas de igual tamaño como indican las figuras siguientes y así aprovechar al máximo el uso de las tablas de madera.



9.2. ENCOFRADO PARA VIGA DE CIMENTACIÓN

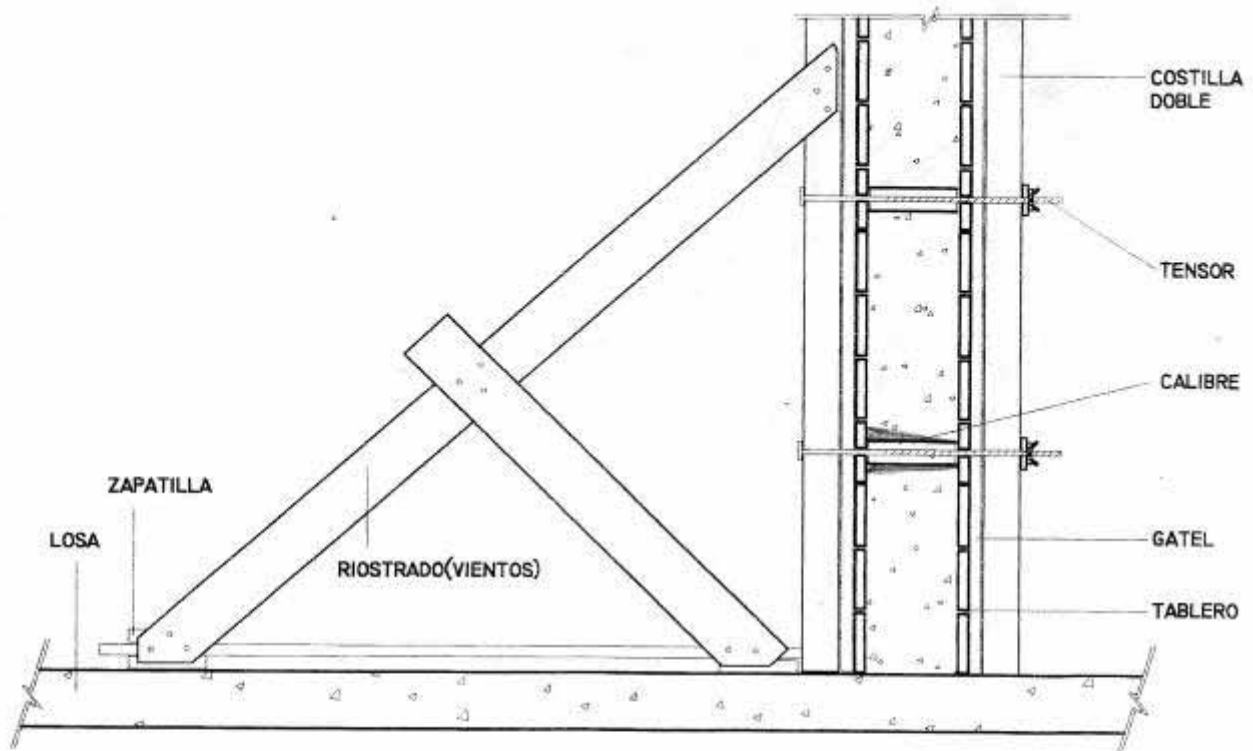


9.3. ENCOFRADO PARA ESCALERA



9.4. ENCOFRADO PARA PAREDES SOBRE LOSAS

En este caso, algunos de los muros de contención ya existían, se procedió a la recimentación y a la realización de aquellos muros que eran necesarios. Pero en general los muros se levantan sobre el suelo, por medio de estacas.



10. CÁLCULOS

10.1. DIMENSIONADO DE ENCOFRADO DE PILARES

10.1.1 Determinación de la separación entre marcos

Datos :

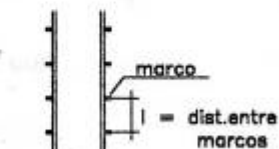
$$b = 100\text{cm}$$

e = espesor de la tabla (cm)

H = altura de llenado (columna de hormigón fresco) (cm)

$$\gamma = 6 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma = 55 \text{ kg/cm}^2 \text{ para pino nacional}$$



esquema encofrado pilar

Se debe verificar : **FLEXIÓN, CORTANTE Y FLECHA**

1) FLEXIÓN

$$a) M = \frac{ql^2}{8}$$

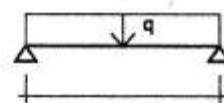
$$b) M_c = \sigma \omega_x, \text{ siendo } \omega_x = \frac{I_x}{y} = \frac{bh^2}{6}$$

Igualando a) y b) :

$$\sigma \omega_x = \frac{ql^2}{8} \Rightarrow \frac{\sigma bh^2}{6} = \frac{ql^2}{8} \Rightarrow l^2 = \frac{8 \sigma bh^2}{6 q}$$

$$\therefore l_x = 1.15h \sqrt{\frac{\sigma b}{q}}$$

luz a flexión



l = dist. entre marcos

descargas sobre marco

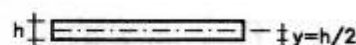


tabla marco

2) CORTANTE

$$a) \tau = \frac{3V}{2bh}$$

$$b) V = \frac{5}{8} ql$$

Igualando a) y b) :

$$\tau = \frac{3}{2bh} \frac{5}{8} ql = \frac{15 ql}{16 bh} \therefore l_c = \frac{16 \tau bh}{15 q}$$

luz a cortante

3) FLECHA

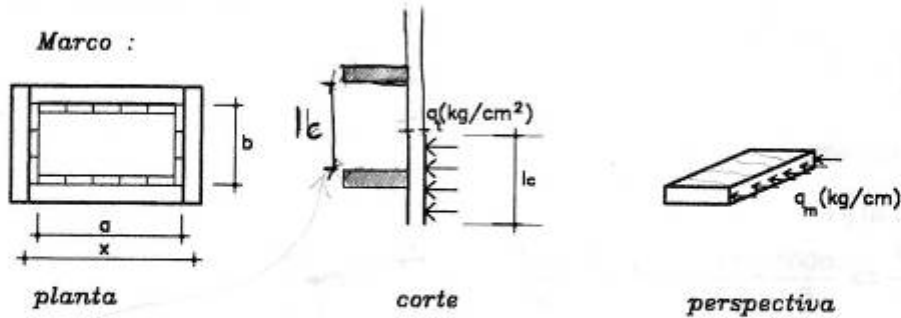
$$f = \frac{ql^4}{\phi EI}, \text{ siendo } \phi = \frac{384}{5}$$

$$f = \frac{l}{270}, \text{ igualando } \rightarrow \frac{5ql^4}{384EI} = \frac{l}{270} \therefore I_x = 0.657 \sqrt{\frac{EI}{q}}, \text{ siendo } I = \frac{bh^3}{12}$$

entonces $I_x = 0.288h^3 \sqrt{\frac{Eb}{q}}$

luz de la flecha

10.1.2 Dimensionado de marcos



$$x = a + 10\text{cm}$$

$$q_{\text{tabla}} = \frac{2400H_{\text{llenado}}}{10^4} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \rightarrow \text{presión} \quad 2400 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) \times H(\text{m}) = 2400 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)$$

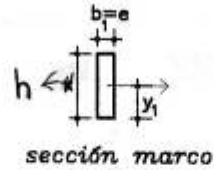
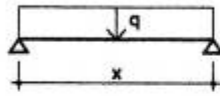
$$q_{\text{marco}} = q_{\text{tabla}} l_c \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right), \text{ siendo } l_c \text{ - separación entre marcos}$$

Se debe verificar : **FLEXIÓN, CORTANTE Y FLECHA**

1) FLEXIÓN

a) $\omega_x = \frac{b_1 h_1}{6}$

$M = \frac{qx^2}{8}$



$M = \sigma \omega_x \rightarrow$ igualando: $\frac{qx^2}{8} = \sigma \omega_x \therefore b) \omega_x = \frac{qx^2}{8\sigma}$ módulo resistente de la secc. necesaria

Igualando a) y b) : $\frac{b_1 h_1}{6} = \frac{qx^2}{8\sigma} \Rightarrow b_1 h_1^2 = \frac{3 qx^2}{4 \sigma}$

Si fijamos :

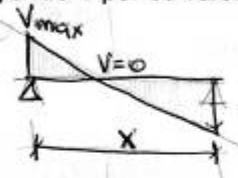
- b_1 (espesor del marco) $\Rightarrow h_1 = \sqrt{\frac{3 qx^2}{4 \sigma b_1}} \Rightarrow h_1 = 0.87 x \sqrt{\frac{q}{\sigma b_1}}$

- h_1 (ancho del marco) $\Rightarrow b_1 = \frac{3 qx^2}{4 h_1^2 \sigma}$

Si las escuadrías normales no son suficientes, debemos usar apoyos intermedios con lo cual se reduce x.

2) CORTANTE

$\tau = \frac{3 V}{2 b_1 h_1}$, $V = \frac{5}{8} qx \rightarrow$ sustituyendo V por su valor : $\tau = \frac{3 \cdot \frac{5qx}{8}}{2 b_1 h_1}$



$\therefore b_1 h_1 = \frac{15 xq}{16 \tau}$

Si fijamos :

- b_1 (espesor del marco) $\Rightarrow h_1 = \frac{15 xq}{16 b_1 \tau}$

- h_1 (ancho del marco) $\Rightarrow b_1 = \frac{15 xq}{16 h_1 \tau}$

Si las escuadrías normales (o prácticas) no son suficientes, debemos usar apoyos intermedios con lo cual se reduce x.

3) FLECHA

$$f = \frac{qx^4}{\phi EI}$$

$$\text{como } \phi = \frac{384}{5} \text{ e } I = \frac{b_1 h_1^3}{12} \therefore \frac{60qx^4}{384Eb_1 h_1^3} = f$$

$$\text{como } f = \frac{x}{270}, \text{ entonces: } b_1 h_1^3 = \frac{675}{16} \frac{qx^3}{E}$$

Si fijamos :

$$- b_1 \text{ (espesor del marco)} \Rightarrow h_1 = x \sqrt[3]{\frac{675}{16} \frac{bq}{E}}$$

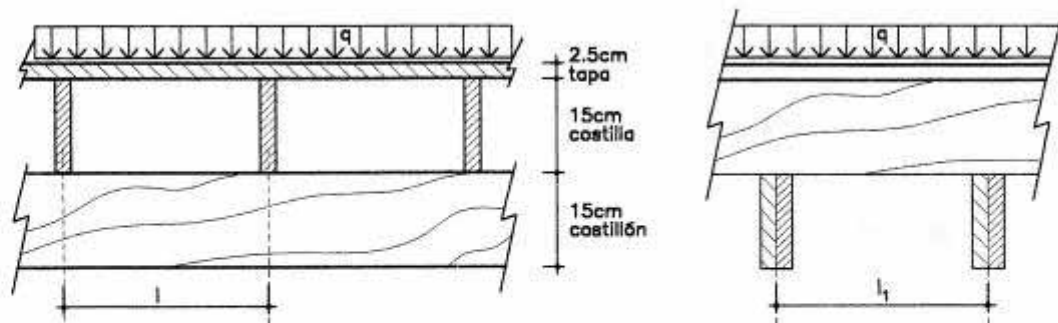
$$- h_1 \text{ (ancho del marco)} \Rightarrow b_1 = \frac{675}{16} \frac{qx^3}{E h_1^3}$$

Si hubiese fijado h_1 y b_1 en los cálculos de verificación por FLEXIÓN y por CORTANTE, podría verificar la FLECHA aplicando :

$$x = h_1 \sqrt[3]{\frac{16}{675} \frac{Eb_1}{q}}$$

Si el valor de x obtenido fuese menor que el del marco, debemos cambiar las escuadrías ó usar apoyos intermedios.

10.2. DIMENSIONADO DE ENCOFRADO DE LOSAS



10.2.1 Separación entre costillas

1) FLEXIÓN

a) $M = \frac{ql^2}{8}$

$\sigma = \frac{M}{\omega_x} = \frac{M_y}{I_x} \therefore M = \frac{\sigma l}{y}$, entonces b) $M = \frac{\sigma b h^2}{6}$

Igualando a) y b): $\frac{ql^2}{8} = \frac{\sigma b h^2}{6} \Rightarrow l = 1.155h \sqrt{\frac{\sigma b}{q}}$

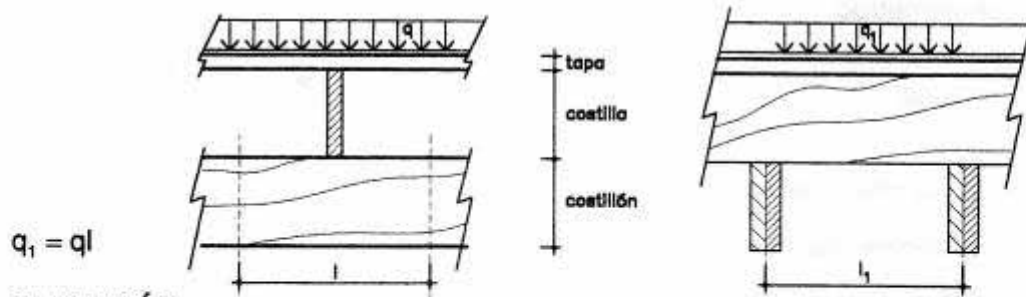
2) CORTANTE

Idem a molde de pilar $\Rightarrow l = \frac{16 \tau b h}{15 q}$

3) FLECHA

Idem a molde de pilar $\Rightarrow l = 0.288H_3 \sqrt{\frac{eb}{q_1}}$

10.2.2 Separación entre costillones



1) FLEXIÓN

Idem a molde de pilar $\Rightarrow l_1 = 1.15h \sqrt{\frac{\sigma b}{q_1}}$

2) CORTANTE

Idem a molde de pilar $\Rightarrow l_1 = \frac{16 \tau b h}{15 q_1}$

3) FLECHA

Idem a molde de pilar $\Rightarrow l_1 = 0.288H_3 \sqrt{\frac{eb}{q_1}}$

10.3. VERIFICACIÓN PUNTALES

P : toneladas

h : metros

I : cm⁴

d : cm

$$I = \frac{Md^4}{64}$$

$I_{nec} \geq 70Ph^2$, siendo 70 : coeficiente para puntal de madera

$I_{nec} \geq 24Ph^2$, siendo 24 : coeficiente para puntal metálico

$$N^{\circ} \text{ de puntales} = \frac{\text{carga total por costillón}}{\text{carga admisible por puntal}}$$

Luego verificar FLEXIÓN, CORTANTE y FLECHA (del costillón) para el caso más comprometido.

BIBLIOGRAFIA

- * Encofrados para estructuras de hormigón - R.L. Peuryfoy
- * La construcción de hormigón - Encofrados - C. Kupfer.
- * Hormigón Armado - Jimenez Montoya y otros.
- * Tesis de Practicantado (I.C.E.) Nros. : 235 - 243 - 343 - 395 - 477 - 536 - 564 - 624 .
- * Manual para la Industria de la Construcción - Gregorio W. Ojeda.

Montevideo, Julio de 2000