

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Clasificación, utilización e importancia del encofrado como
elemento provisional en el área de la Construcción”

TESINA DE SEMINARIO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentada por:

Ruth Elena Ayala Carabajo

Cynthia Vanessa Chimbo Cusme

Diego Yaguana Chamba

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios y a todos los que hicieron posible la culminación del presente trabajo y muy especialmente a nuestros docentes que cumplieron con la ardua labor de prepararnos para hacer de nosotros profesionales de éxito y mejores seres humanos.

DEDICATORIA

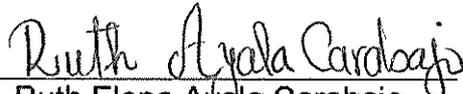
A nuestros padres por todo el esfuerzo y motivación brindados día a día a lo largo de nuestra trayectoria académica.

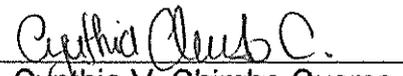
A nuestros hermanos y amigos que siempre nos ofrecieron su apoyo invaluable.

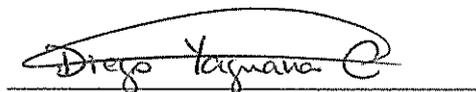
DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesina de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)


Ruth Elena Ayala Carabajo

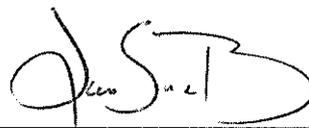

Cynthia V. Chimbo Cusme


Diego Yaguana Chamba

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Gastón Proaño C.
DIRECTOR DE SEMINARIO



Ing. Marco Suárez R.
PROFESOR DEL SEMINARIO

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	I
INDICE DE FIGURAS.....	V
INDICE DE TABLAS	VII
CAPÍTULO 1	1
1. HISTORIA.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Madera.....	2
1.2.1. Propiedades de la madera	3
1.2.2. Características técnicas de la madera	4
1.2.3. Tipos de madera	5
1.2.4. Formas más comerciales	10
1.3. Acero	11
1.3.1. Historia.....	12
1.3.2. Clavos	15
1.3.3. Alambre galvanizado.....	18
CAPÍTULO 2	20
2. EL ENCOFRADO EN EL CAMPO DE LA CONSTRUCCIÓN.....	20
2.1. Generalidades	20
2.2. Encofrado	21
2.3. Tipos de carga.....	22
2.3.1. Peso del concreto	22
2.3.2. Cargas de construcción.....	25
2.3.3. Peso de los encofrados.....	26
2.3.4. Cargas diversas	27
2.3.5. Presión del concreto fresco.....	28
CAPÍTULO 3	34
3. CLASIFICACIÓN DE LOS ENCOFRADOS	34
3.1. Encofrado por el tipo de hormigón.....	35

3.1.1. Encofrados para hormigón visto.....	36
3.1.2. Encofrados de hormigón para revestir	39
3.2. Por el número de usos.....	41
3.2.1. Encofrados recuperables	41
3.2.2. Encofrados perdidos	43
3.3. Por la forma de uso	46
3.3.1. Encofrados autotrepantes	48
3.3.2. Encofrados deslizantes	52
3.4. Por sus materiales	54
3.4.1. Encofrados de madera.....	55
3.4.1.1. Breve historia de los encofrados de madera	58
3.4.2. Encofrados metálicos.....	63
Desventajas de los encofrados metálicos.....	65
3.4.3. Encofrados de plástico	68
3.4.4. Encofrados de cartón	74
3.4.5. Encofrados de aluminio.....	75
CAPITULO 4	76
4. ELEMENTOS COMUNES Y ACCESORIOS PARA ENCOFRADOS	76
4.1. Recomendaciones Generales para encofrado.....	76
4.2. Definiciones	77
4.3. Equipo de acceso y mantenimiento: Andamio Liviano.....	82
4.3.1. Ventajas	82
4.3.2. Usos	82
4.3.3. Partes y accesorios.....	83
4.3.4. Medidas y cálculo de equipo para alturas predeterminadas	88
4.4. Puntales telescópicos	89
4.4.1. Ventajas	89
4.4.2. Usos	90
4.4.3. Partes.....	90

4.4.4. Colocación	90
4.4.5. Características	92
4.4.6. Accesorios.....	92
4.5. Sistema metálico para encofrado: Viguetas.....	95
4.5.1. Ventajas	96
4.5.2. Usos	97
4.5.3. Partes.....	97
4.6. Sistema de apuntalamiento de gran capacidad de carga: Andamio Pesado o de Carga.....	97
4.6.1. Ventajas	98
4.6.2. Usos	98
4.6.3. Partes y accesorios.....	99
4.7. Nueva tecnología para encofrado de losas: Metriform-SGB.....	102
4.7.1. Ventajas	104
4.7.2. Usos	105
4.7.3. Partes y accesorios.....	105
4.7.4. Ciclos de fundida.....	105
4.8. Moldes reutilizables para Hormigón: Moldes Symons	106
4.8.1. Ventajas	107
4.8.2. Usos	107
4.8.2.1. Encofrado en Módulos.....	107
4.8.2.2. Muros ataludados y de Núcleo	108
4.8.2.3. Muros curvados y otros	109
4.8.2.4. Columnas	110
4.8.3. Partes y accesorios.....	112
4.9. Requerimientos Generales para Encofrado.....	114
4.10. Marcos de andamios tubular soldado	118
4.11. Puntales.....	121
4.12. Fabricación local de puntales	122
4.13. Vigas y puntales.	123

CAPITULO 5	126
5. conclusiones y recomendaciones	126
5.1. Conclusiones	126
5.2. Recomendaciones	128
BIBLIOGRAFIA	129

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Tipos de madera.....	6
Fig. 1.2 Clavos de Acero.....	16
Fig. 1.3 Alambre Galvanizado.....	18
Fig. 2.1 Encofrado en columna.....	21
Fig. 2.2 Encofrado de losa.....	23
Fig. 2.3 Cargas de construcción.....	25
Fig. 2.4 Cargas de construcción.....	27
Fig. 2.5 Cargas de construcción.....	29
Fig. 2.6 Presión sobre encofrado.....	30
Fig. 2.7 Presión sobre encofrado.....	32
Fig. 3.1 Hormigón visto.....	36
Fig. 3.2 Encofrado para hormigón visto.....	38
Fig. 3.3 Encofrado de madera.....	39
Fig. 3.4 Encofrado tradicional.....	40
Fig 3.5 Encofrado recuperable.....	41
Fig. 3.6 Encofrado perdido.....	44
Fig. 3.7 Encofrado perdido.....	45
Fig. 3.8 Encofrado autotrepante.....	48
Fig. 3.9 Encofrado autotrepante.....	50
Fig. 3.10 Encofrado deslizante.....	54
Fig. 3.11 Encofrado de madera tradicional.....	58
Fig. 3.12 Encofrado metálico.....	66
Fig. 3.13 Encofrados de plásticos.....	70
Fig. 3.14 Molde de plástico.....	71
Fig. 4.1 marco de andamio liviano.....	83
Fig. 4.2 Cruceta de andamio liviano.....	83
Fig. 4.3 Conector de andamio liviano.....	84
Fig. 4.4 Escaleras de acceso.....	85
Fig. 4.5 Base fija de andamio liviano.....	85
Fig. 4.6 Base ajustable de andamio liviano.....	86
Fig. 4.7 Plataforma Werner.....	87
Fig. 4.8 Rueda para andamio liviano.....	87
Fig. 4.9 Puntales telescópicos.....	89
Fig. 4.10 Paso 1 de colocación.....	91
Fig. 4.11 Paso 2 de colocación.....	91
Fig. 4.12 Paso 3 de colocación.....	92
Fig. 4.13 Placa para arriostrar.....	93
Fig. 4.14 Plato base.....	93
Fig. 4.15 Cangrejos.....	94
Fig. 4.16 Collar especial.....	94
Fig. 4.17 U-Head.....	95
Fig. 4.18 Viguetas extensibles.....	96

Fig. 4.19 Marco HL	99
Fig. 4.20 Conector HL.....	99
Fig. 4.21 Plato base HL	100
Fig. 4.22 Cruceta HL.....	100
Fig. 4.23 U-Head HL.....	101
Fig. 4.24 Ajustable HL.....	102
Fig. 4.25 Colocación de vigueta en la cabeza del puntal.....	103
Fig. 4.26 Colocación de vigueta en la cabeza del otro puntal.....	103
Fig. 4.27 Colocación de tableros.....	104
Fig. 4.28 Módulos Steel Ply	108
Fig. 4.29 Muro ataludado	109
Fig. 4.30 Muros curvos	110
Fig. 4.31 Desmontaje de columna y partes.....	111
Fig. 4.32 Encofrado de Columnas.....	112
Fig. 4.33 Abrazadera	113
Fig. 4.33 Pernos de cuñas	113
Fig. 4.34 Gancho Waler	114
Fig. 4.35 Esquineros	114

INDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1 Dimensiones de clavos.	17
Tabla. 1.2 Dimensiones de clavos.	17
Tabla. 1.3 Dimensiones de clavos.	17
Tabla. 1.4 Presentaciones comerciales de alambre galvanizado	19
Tabla. 2.1 Peso de losas macizas	24
de concreto armado	24
Tabla. 2.2 Peso de techos aligerados	24
Tabla 5.1. Características de los puntales	92
Tabla 5.2. Características de los marcos	99

CAPÍTULO 1

1. HISTORIA

1.1. Antecedentes

La construcción de los encofrados se realiza con materiales que se encuentran fácilmente en nuestro medio. A través de los años se han ido perfeccionando para darle al elemento un mejor acabado. En los primeros años del auge de la construcción, los materiales que más se utilizaba era la madera luego poco a poco se fue modernizando, hasta tener el día de hoy, encofrados metálicos, de madera, y de materiales reutilizables como el plástico, etc.

A continuación se detallaran los materiales más comunes con los que se construye un encofrado simple así como sus definiciones, características, etc. las cuales servirán para mejor comprensión de la tesina.

1.2. Madera

La Madera es una sustancia dura y resistente que constituye el tronco de los árboles y se ha utilizado durante miles de años como combustible y como material de construcción. Cuando el hombre empezó a trabajar con metales, aumentaron las posibilidades de usos ya que estos permitían su apogeo y labra.

El aspecto de la madera es una de las propiedades más importantes cuando se utiliza para decoración, revestimiento o fabricación de muebles. Algunas maderas, como la de nogal, presentan vetas rectas y paralelas de color oscuro que le dan una apariencia muy atractiva, lo que unido a su dureza la sitúan entre las más adecuadas para hacer chapado. Las irregularidades de las vetas pueden crear atractivos dibujos, por lo que a veces la madera se corta a propósito en planos oblicuos para producir dibujos ondulados y entrelazados.

Muchos chapados se obtienen cortando una fina capa de madera alrededor del tronco, haciendo un rollo. De esta manera, los

cortes con los anillos se producen cada cierta distancia y el dibujo resultante tiene vetas grandes y espaciadas.

1.2.1. Propiedades de la madera

Entre las propiedades principales de la madera encontramos que tiene gran resistencia, dureza, rigidez y densidad, además posee otras ventajas como su docilidad de labra, su escasa densidad, su belleza, su calidad, su resistencia mecánica y propiedades térmicas y acústicas.

La densidad suele indicar propiedades mecánicas puesto que cuanto más densa es la madera, más fuerte y dura es. La resistencia engloba varias propiedades diferentes; una madera muy resistente en un aspecto no tiene por qué serlo en otros. Además la resistencia depende de lo seca que esté la madera y de la dirección en la que esté cortada con respecto a la veta. La madera siempre es mucho más fuerte cuando se corta en la dirección de la veta; por eso las tablas y otros objetos como postes y mangos se cortan así. La madera tiene una alta resistencia a la compresión, en algunos casos superior, con relación a su peso a la del

acero. Tiene baja resistencia a la tracción y moderada resistencia a la cizalladura, presenta también inconvenientes como su combustibilidad, su inestabilidad volumétrica y su putrefacción.

La alta resistencia a la compresión es necesaria para cimientos y soportes en construcción. La resistencia a la flexión es fundamental en la utilización de madera en estructuras, como viguetas, travesaños y vigas de todo tipo. Muchos tipos de madera que se emplean por su alta resistencia a la flexión presentan alta resistencia a la compresión y viceversa; pero la madera de roble, por ejemplo, es muy resistente a la flexión pero más bien débil a la compresión, mientras que la de secuoya es resistente a la compresión y débil a la flexión.

1.2.2. Características técnicas de la madera

Calidad de la madera

Los principales defectos presentes en la madera son nudos y agujeros, grietas, manchas, deformaciones o alabeos, bolsillos de corteza y resina, putrefacción, ataque de insectos, decoloración. Estos son propios de cada especie

y se trata de controlarlos, puesto que conforme al uso, si es estructural o decorativo, unos serán más importantes que otros.

Dimensiones: escuadrías y largos.

Las maderas se comercializan en Ecuador en pulgadas, entendiendo la pulgada como una medida de área transversal, no obstante el largo se expresa en metros. En la costa el largo más común es de 4 m, mientras en la sierra el largo es de 2,40 m.

Durabilidad

La capacidad que tiene la madera de resistir el ataque de hongos de pudrición e insectos es variable y se denomina durabilidad natural. Sin embargo, es posible aumentar artificialmente la durabilidad de las maderas mediante tratamientos de preservación.

1.2.3. Tipos de madera

En la naturaleza encontramos una gran variedad de maderas, las cuales dependiendo del árbol del cual se obtengan, se clasifican en duras y blandas.

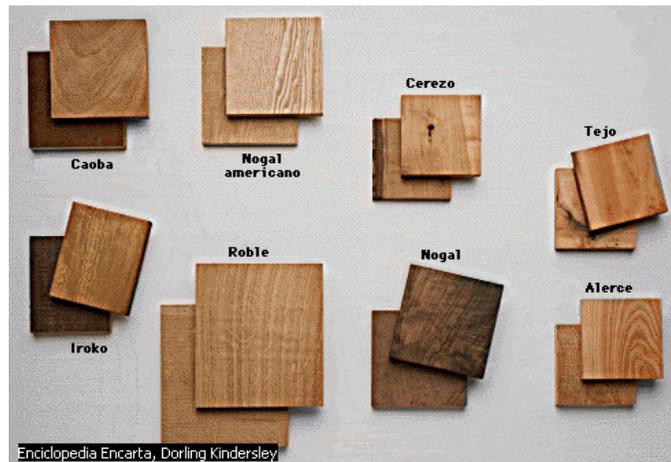


Fig. 1.1 Tipos de madera.

Maderas Duras: se obtienen de los árboles que pierden las hojas en otoño (caducifolios). De toda esta gran variedad de árboles, sólo 200 existen en cantidad suficiente y son lo bastante flexibles para la carpintería. Las maderas duras, como nuestra piel, tienen poros microscópicos en la superficie. El tamaño de estos poros es lo que determina el dibujo de la veta y la textura. Debido a estas características, las maderas duras se clasifican según la apertura del poro en: maderas de poros cerrados (poros pequeños), entre las cuales las más usadas son el cerezo y el arce, y maderas de poros circulares (poros más grandes), entre las cuales las más usadas son el roble, el fresno y el álamo.

Clasificación de las maderas duras

La madera se clasifica en función del número de defectos que haya en una sección dada del largo y el ancho del tablero. Al igual que en las maderas blandas, una madera de clase inferior puede ser perfectamente aceptable dependiendo del lugar donde se vaya a colocar y el uso que se le vaya a dar.

Entre las maderas duras tenemos:

Roble: Es de color pardo amarillento. Es una de las mejores maderas que se conocen; muy resistentes y duraderos. Se utiliza en muebles de calidad, parqué...

Nogal: Es una de las maderas más nobles y apreciadas en todo el mundo. Se emplea en mueble y decoración de lujo.

Cerezo: Su madera es muy apreciada para la construcción de muebles. Es muy delicada porque es propensa a sufrir alteraciones y a la carcoma.

Encina: Es de color oscuro. Tiene una gran dureza y es difícil de trabajar. Es la madera utilizada en la construcción de cajas de cepillo y garlopas.

Olivo: Se usa para trabajos artísticos y en decoración, ya que sus fibras tienen unos dibujos muy vistosos (sobre todo las que se aproximan a la raíz.

Castaño: se emplea, actualmente, en la construcción de puertas de muebles de cocina. Su madera es fuerte y elástica.

Olmo: Es resistente a la carcoma. Antiguamente se utilizaba para construir carros.

Maderas Blandas: se obtienen de los árboles de hoja perenne (coníferas). En carpintería sólo se usa el 25 % de todas las maderas blandas. Todas las maderas blandas tienen poros cerrados (poros pequeños) que apenas se perciben en el producto acabado. Las maderas blandas más usadas son el cedro, el abeto, el pino y la picea.

Clasificación de las maderas blandas

Las maderas blandas se dividen en dos categorías: madera dimensional, clasificada en función de la resistencia, y paneles aparentes, que se utilizan habitualmente en proyectos de carpintería. La clasificación de las maderas blandas es obra de varias agencias, así que encontrará algunas variaciones en la terminología. Las distintas clases están ordenadas de la clase más alta a la más baja.

Entre las maderas blandas tenemos:

Álamo: Es poco resistente a la humedad y a la carcoma. En España existen dos especies: El álamo blanco (de corteza plateada) y el álamo negro, más conocido con el nombre de chopo.

Abedul: Árbol de madera amarillenta o blanco-rojiza, elástica, no duradera, empleada en la fabricación de pipas, cajas, zuecos, etc. Su corteza se emplea para fabricar calzados, cestas, cajas, etc.

Aliso: Su madera se emplea en ebanistería, tornería y en carpintería, así como en la fabricación de objetos de pequeño tamaño. De su corteza se obtienen taninos.

Alnus glutinosa: Su madera se emplea en ebanistería, tornería y en carpintería, así como en la fabricación de objetos de pequeño tamaño. De su corteza se obtienen taninos.

Alnus incana: Su madera es blanda y ligera, fácil de rajarse. Es utilizada en tallas, cajas y otros objetos de madera.

1.2.4. Formas más comerciales

Como es un material muy utilizado, la madera, puede encontrarse en gran variedad de formas comerciales:

Tableros macizos: Pueden estar formados por una o varias piezas rectangulares encoladas por sus cantos.

Chapas y láminas: Formadas por planchas rectangulares de poco espesor.

Listones y tableros: Que son prismas rectos, de sección cuadrado o rectangular, y gran longitud.

Molduras o perfiles: Obtenidos a partir de listones a los que se les da una determinada sección.

Redondos: Que son cilindros de maderas generalmente muy largos.

Tableros contrachapados: Son piezas planas y finas que pueden trabajarse bien con herramientas manuales, como la segueta. Están formados por láminas superpuestas perpendiculares entre sí.

1.3. Acero

El acero es una aleación de hierro con pequeñas cantidades de otros elementos, es decir, hierro combinado con un 1% aproximadamente de carbono, y que hecho ascua y sumergido en agua fría adquiere por el temple gran dureza y elasticidad. Hay aceros especiales que contienen además, en pequeñísima proporción, cromo, níquel, titanio, wolframio o vanadio. Se caracteriza por su gran resistencia, contrariamente a lo que ocurre con el hierro. Este resiste muy poco la deformación plástica, por estar constituida solo con cristales de ferrita; cuando se alea con carbono, se forman estructuras cristalinas diferentes, que permiten un gran incremento de su resistencia. Ésta cualidad del acero y la abundancia de hierro le colocan en un lugar preeminente, constituyendo el material básico del S.XX. Un 92%

de todo el acero es simple acero al carbono; el resto es acero aleado: aleaciones de hierro con carbono y otros elementos tales como magnesio, níquel, cromo, molibdeno y vanadio.

El acero forma una parte mínima de los encofrados, se encuentra presente a través del alambre galvanizado y los clavos, los cuales le dan estabilidad al encofrado y permiten mantener la madera fija, evitando de esta forma que se deforme o se altere la forma original del elemento que se va a fundir.

1.3.1. Historia

El hierro como material estructural se usa en arquitectura desde la antigüedad. Por sus propiedades a la tracción se utilizaba combinando con la madera en las cabreadas que cubren las naves de las iglesias medievales. Sin embargo, es la sustitución de la madera por el carbón en la extracción del mineral (1735), la fabricación de las primeras vigas perfiladas de hierro (1847), la invención del procedimiento Bessemer que permite producir acero en gran escala (1855), los trabajos de Hennebique y el uso del hormigón armado (1890) y la patente del acero inoxidable (1916), lo que hace posible llegar a un empleo masivo del acero en la arquitectura e ingeniería civil.

Básicamente, el acero forma los elementos estructurales: vigas y pilares, planchas superficiales o cables para grandes cubiertas, y barras para el armado del hormigón. Se emplea también en detalles no estructurales, desde la carpintería de puertas y ventanas hasta recubrimientos, simples manivelas, etc. Dado el gran poder de oxidación del acero en contacto con la atmósfera, hay que aplicar un proceso de revestimiento de superficie, ya por baño electrolítico, ya pintándolo. Por su resistencia, puede emplearse en estructuras ligeras, necesarias cuando la edificación pasa de cierto número de plantas o cuando cubre una gran luz. En ambos casos la relación peso propio-resistencia ha de ser baja, lo que se consigue con el empleo del acero. Este es sólo moldeable a elevadas temperaturas; por tanto, no es un material conformable en obra y se utiliza para perfiles, chapas, etc., normalizados y preformados en industrias adecuadas, mientras que en obra las operaciones se reducen a las de corte, ajuste y unión. Los sistemas de unión (roblonado, atornillado y soldadura) permiten adaptar estas formas industriales a las constructivas. El roblonado y el atornillado, aunque presentan gran facilidad de puesta en obra, no solucionan

el problema fundamental, que es la continuidad. Por el contrario, la soldadura consigue hacer de los perfiles industriales un conjunto homogéneo a nivel molecular.

El acero, por presentar unas dispersiones mínimas en sus características resistentes, con un control de calidad fácilmente alcanzable, planteó la necesidad de una revisión de los métodos de cálculo usados normalmente, y pensados para materiales cuya construcción y ejecución no permitían una determinación cuantitativa aproximada de sus características resistentes. La posibilidad de un mayor conocimiento del material permitió la formulación de hipótesis de cálculo mucho más ajustadas a la realidad y cuyas aplicaciones estaban totalmente justificadas por motivos económicos. La operatividad de los métodos basados en estas hipótesis (métodos elásticos menos simplificados, métodos plásticos, métodos fundados en la continuidad de los materiales resistentes, etc.) se alcanza con la aparición y uso generalizado de los computadores electrónicos.

1.3.2. Clavos

Un clavo es una pieza delgada de metal usada para sujetar o fijar dos o más piezas. Varían de longitud, tamaño y estilo, desde tachuelas pequeñas hasta clavos pesados. Habitualmente, un clavo tiene tres partes principales: la punta, el astil o cuerpo y la cabeza.

En la actualidad esta pieza de la construcción es hecha de alambre de acero. La varilla de alambre, después de ser examinada, desinfectada, escurrida en agua, neutralizada, lubricada, secada, estirada, probada, pesada, producida e inspeccionada, puede ser producida en una variedad de tipos para diversos propósitos.

Los diversos tipos de clavos incluyen los de acabado para techado, para pisos, para moldeado, para anillados, acanalado en espiral, para albañilería, entre otras variedades.



Fig. 1.2 Clavos de Acero.

En la industria ecuatoriana se fabrican los siguientes tipos de clavos basadas en las siguientes normas técnicas:

- NTE INEN 611 (Ecuatoriana) Productos de alambre: clavos, tachuelas, alcayatas, grapas y puntas.
- NTE INEN 612 (Ecuatoriana) Productos de alambre. Clavos de acero. Dimensiones y Tolerancias.
- NTE INEN 626 (Ecuatoriana) Productos de alambre. Clavos de acero.

La siguiente tabla muestra las presentaciones en las que se fabrican los clavos:

LISO CON CABEZA				
TIPO	DIÁMETRO	LONGITUD	CLAVOS/kg	PESO CAJA
	mm	mm	(aprox.)	Kg
3/4 x 17	1.47	19.1	3613	10
1 x 16	1.65	25.4	2195	10 - 25
1 1/4 x 16	1.65	31.8	1767	10 - 25
1 1/2 x 14	2.11	38.1	915	25
2 x 12	2.77	50.8	396	25
2 1/2 x 10	3.40	63.5	209	25
3 x 9	3.76	76.2	145	25
3 1/2 x 8	4.19	88.9	101	25
4 x 6	5.16	101.6	59	25
5 x 5	5.59	127.0	41	25

Tabla. 1.1 Dimensiones de clavos.

LISO SIN CABEZA				
TIPO	DIAMETRO	LONGITUD	CLAVOS /kg	PESO CAJA
	mm	mm	(aprox.)	Kg
3/4 x 19	1.07	19.1	7413	10
1 x 16	1.65	25.4	2250	10 - 25
1 1/2 x 14	2.11	38.1	938	25
2 x 12	2.77	50.8	406	25
2 1/2 x 10	3.40	63.5	209	25

Tabla. 1.2 Dimensiones de clavos.

CORRUGADO CON CABEZA				
TIPO	DIAMETRO	LONGITUD	CLAVOS/kg	PESO CAJA
	mm	mm	(aprox.)	kg
2 x 11	3.05	50.8	328	25
2 1/2 x 9	3.76	63.5	173	25
3 x 8	4.19	76.2	117	25

Tabla. 1.3 Dimensiones de clavos.

1.3.3. Alambre galvanizado



Fig. 1.3 Alambre Galvanizado.

Se fabrica trefilando alambión de bajo contenido de carbono hasta obtener el diámetro deseado. Posteriormente el alambre pasa por un proceso de galvanizado empleado para proteger el acero contra la corrosión permitiéndole una larga vida al producto.

La capa de zinc que se forma sobre el acero proporciona una superficie lisa y brillante.

La fabricación del alambre galvanizado se realiza bajo la siguiente norma técnica ecuatoriana:

- NTE INEN 2 201 (Ecuatoriana) Alambre de Acero Galvanizado. Requisitos e inspección.

La siguiente tabla muestra las presentaciones en las que se fabrica y comercializa el alambre galvanizado:

Díámetro (mm)	Calibre (BWG)	Presentación	Kg/m	m/Kg
6.10	4	44	0.229	4.36
5.20	6	44	0.167	6.00
4.20	8	44	0.109	9.19
3.80	9	44	0.089	11.23
3.45	10	44	0.073	13.63
3.10	11	44	0.059	16.88
2.80	12	44	0.048	20.69
2.60	12.5	44	0.042	23.99
2.45	13	44	0.37	27.02
2.15	14	44	0.028	35.09
1.70	16	44	0.018	56.12
1.25	18	20	0.010	103.81
0.90	20	20	0.005	200.24
0.70	22	20	0.003	331.01
0.55	24	20	0.002	536.18
2.80	12	50	0.048	20.69

Tabla. 1.4 Presentaciones comerciales de alambre galvanizado

Este tipo de alambre se utiliza para el amarre estructural y de pacas, para la elaboración de mallas de cerramiento, jaulas, gaviones, tensores, invernaderos, clips, grapas y asas.

CAPÍTULO 2

2. EL ENCOFRADO EN EL CAMPO DE LA CONSTRUCCIÓN

2.1. Generalidades

Cuando se realiza una construcción se vuelve necesaria la utilización de los encofrados para mantener la forma de los elementos que conforman cada una de las partes de la obra.

Actualmente, dependiendo de la magnitud e importancia de la obra se pueden utilizar varios tipos de encofrados, pero el material que sigue siendo más común y el más utilizado, es la madera.

2.2. Encofrado

El encofrado es uno de los aspectos más importantes en la construcción, ya que es un sistema formado por piezas acopladas, moldes temporales o permanentes destinados a dar forma al mortero, hormigón u otros materiales en su estado plástico o fresco.

Ofrece la facilidad de darle al hormigón la forma proyectada proveyendo su estabilidad como hormigón fresco, asegurando la protección y la correcta colocación como armaduras. Entre otras funciones están las de proteger al hormigón de golpes, de las temperaturas externas y de la pérdida de agua.



Fig. 2.1 Encofrado en columna.

2.3. Tipos de carga

Los encofrados se encuentran sometidos a diferentes presiones una vez que el hormigón fresco es vertido, además de otros factores que inciden en su estabilidad, los cuales se detallan a continuación:

- Peso del concreto
- Peso de los ladrillos (en techos aligerados)
- Cargas de construcción
- Peso propio de los encofrados
- Cargas diversas
- Presión del concreto fresco

2.3.1. Peso del concreto

Ha sido señalado que los encofrados deben ser considerados como estructuras; en efecto, en tanto el concreto no alcance las resistencias mínimas exigibles para proceder a desencofrar, los encofrados tienen que ser suficientemente resistentes para soportar el peso del concreto. Esto ocurre en los encofrados de vigas y techos.



Fig. 2.2 Encofrado de losa

Pues bien, el concreto es un material de considerable peso. Un metro cúbico de concreto pesa aproximadamente 2,400 kg, magnitud nada despreciable; por ejemplo, un metro cuadrado de losa de concreto de 0.15m de espesor pesa alrededor de 360kg, equivalente a más de 8 bolsas de cemento.

El peso de un determinado volumen de concreto se obtiene multiplicando dicho volumen por el peso específico del concreto, que como ha sido ya indicado es cercano a los 2,400 kg/m³. Así, por ejemplo, un metro lineal de una viga de 0.25 x 0.80m pesa $0.25 \times 0.80 \times 1.00 \times 2,400 = 480$ kg.

Peso de losas macizas de concreto armado	
Espesor de la losa	
Peso de un m2 de losa	
(m)	(kg)
0.10	240
0.12	288
0.15	360
0.20	480
0.25	600

Tabla. 2.1 Peso de losas macizas de concreto armado

Peso de techos aligerados (Incluye peso de los ladrillos huecos)	
Espesor del techo	
Peso de un m2 de techo	
(m)	(kg)
0.17	280
0.20	300
0.25	350
0.30	480

Tabla. 2.2 Peso de techos aligerados

2.3.2. Cargas de construcción

Adicionalmente al peso del concreto, los encofrados deben soportar las cargas de construcción; éstas corresponden al peso de los trabajadores que participan en el llenado de los techos y al del equipo empleado en el vaciado.



Fig. 2.3 Cargas de construcción.

Para establecer las cargas de la naturaleza referida es usual adoptar, como equivalente, una carga uniformemente repartida en toda el área de los encofrados. Para encofrados convencionales y vaciados con equipo normal se suele tomar el valor de 200 kg/m^2 , magnitud que debe sumarse al peso del concreto.

Cuando se prevea vaciados con equipo mecánico motorizado el valor indicado debe aumentarse prudencialmente en 50%, es decir, que en este caso la magnitud equivalente a las cargas de construcción será de 300 kg/m².

En tal consideración, la carga por m² sobre el encofrado de un techo aligerado de 0.20 m, empleando equipo convencional para el vaciado, será: $300 + 200 = 500$ kg, es decir media tonelada.

2.3.3. Peso de los encofrados

En encofrados de madera, el peso propio de los mismos tiene poca significación en relación al peso del concreto y cargas de construcción. En el caso de encofrados metálicos - por ejemplo, encofrados de techos con viguetas metálicas extensibles - el peso que aportan debe tenerse en cuenta.



Fig. 2.4 Cargas de construcción

El peso propio de encofrados de techos con viguetas metálicas es aproximadamente 50 kg por metro cuadrado de techo. El peso exacto debe establecerse a partir de la información que proporcionen los proveedores de este tipo de encofrados.

2.3.4. Cargas diversas

Otras cargas que también deben ser previstas y controladas, especialmente durante el llenado de los techos, son las que se derivan de la misma naturaleza de los trabajos.

Al respecto debe evitarse excesivas concentraciones de concreto en áreas relativamente pequeñas de los encofrados de techos. Este incorrecto procedimiento transferirá cargas que podrían sobrepasar la resistencia portante prevista de los pies derechos o puntales ubicados debajo de dichas áreas o, eventualmente, originar el levantamiento de puntales contiguos a las mismas.

Asimismo, otras cargas constituyen potencial riesgo. Entre ellas las generadas por el arranque y parada de motores de máquinas, más aun si éstas de alguna manera están conectadas con los encofrados.

Inclusive, la acción del viento, principalmente en aquellos lugares donde puede alcanzar considerable fuerza, debe ser prevista proporcionando a los encofrados apropiados arriostramientos.

2.3.5. Presión del concreto fresco

Al ser colocado en los encofrados, el concreto tiene la consistencia de una masa plástica. A medida que transcurre el tiempo va endureciendo convirtiéndose

finalmente en un material sólido. En este lapso, desde su colocación hasta su endurecimiento, el concreto ejerce considerable presión sobre los tableros de los encofrados de muros y columnas.



Fig. 2.5 Cargas de construcción

Si el concreto fresco fuera un líquido perfecto y permaneciera en este estado durante el vaciado, la magnitud de la presión en un punto cualquiera del encofrado vendría dada por el producto de la densidad del concreto por la altura que hubiera alcanzado el concreto encima de ese punto.

En la Fig.2.6 la línea CD representa la variación de la presión en toda la altura del encofrado de una columna de altura H. La presión al pie de la columna es $2400 H$.

En el punto B la presión es $2400 H_1$, mientras que en el borde superior del encofrado la presión es cero.

Si la altura de la columna fuera 3 m, la presión al pie de la columna sería $2400 \times 3 = 7,200 \text{ kg/m}^3$. En el punto o plano B, si H_1 es 1.80m, la presión es $2400 \times 1.80 = 4320 \text{ kg/m}^2$.

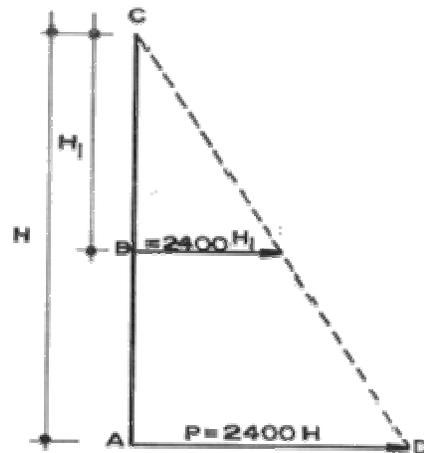


Fig. 2.6 Presión sobre encofrado.

Generalmente se procede de esta manera para determinar la presión que ejerce el concreto fresco sobre los tableros de las columnas, consideración que está plenamente justificada por la rapidez con que se lleva a cabo el vaciado

de columnas; sin embargo, en el caso de muros, debido a su mayor longitud y consiguientemente mayor volumen, la velocidad del vaciado se realiza más lentamente.

Al inicio del vaciado la presión aumenta proporcionalmente con la altura que va alcanzando el concreto dentro del encofrado.

Conforme progresa el llenado, el concreto comienza a endurecer y al llegar a una determinada altura, la presión ya no se incrementa, permaneciendo su valor constante aun cuando prosiga el vaciado.

En la Fig. 2.7, AB representa el tablero del encofrado de un muro. Cuando el concreto fresco llega a una altura H_1 la presión es P_1 e igual a $2400 H_1$, y seguirá aumentando hasta alcanzar un valor máximo P_m a la altura H_m . Esta presión ya no se incrementará, permaneciendo invariable hasta la altura H_c .

Al llegar el vaciado a la altura H_c la presión comienza a disminuir linealmente hasta tener valor cero en el borde

superior del encofrado. El valor de la presión máxima depende de diversos factores, principalmente de la velocidad de llenado y de la temperatura del concreto.

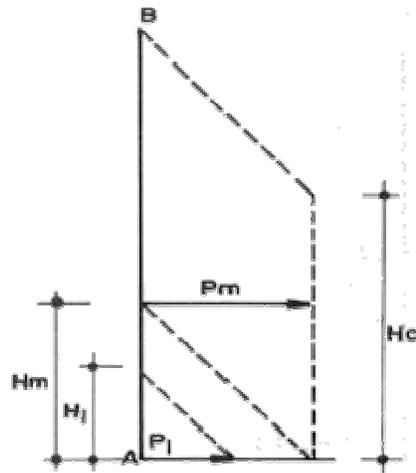


Fig. 2.7 Presión sobre encofrado.

La presión será mayor cuanto más rápidamente se realiza el vaciado. La velocidad de llenado está relacionada con la longitud y el espesor del muro y, desde luego, con el equipo utilizado para el vaciado. Si la colocación se realiza con equipo de bombeo la presión máxima alcanzará significativos valores, que pueden ocasionar la deformación o el colapso de los encofrados si éstos no son reforzados apropiadamente.

El otro factor determinante de la magnitud de la presión es la temperatura del concreto. A bajas temperaturas

ambientales el concreto endurece lentamente desarrollándose presiones muy grandes; por ejemplo, a temperaturas entre 5°C y 10°C la presión es aproximadamente una y media vez mayor que la que corresponde a una temperatura ambiental de 21°C. En cambio, si la temperatura durante el vaciado es de 30°C, la presión máxima será de más o menos 80% de la producida a 21°C.

Refiriéndose a la velocidad de llenado, cuando ésta es controlada - que no exceda, por ejemplo, 0.60m de altura por hora - la presión máxima es aproximadamente la mitad de la presión que cabe esperarse si la progresión del vaciado es de 2 m/hora.

En los casos en que se prevea vaciados de concreto a temperaturas bajas la velocidad de llenado debe reducirse y, por supuesto, reforzarse debidamente los encofrados.

CAPÍTULO 3

3. CLASIFICACIÓN DE LOS ENCOFRADOS

Los encofrados varían según el tipo de obra, calidad del hormigón, material etc, pero podemos clasificarlos todos ellos de acuerdo con los siguientes criterios:

A. Por el tipo de hormigón

1. Encofrados de hormigón visto
2. Encofrados de hormigón para revestir

B. Por el numero de usos

3. Encofrados recuperables
4. Encofrados perdidos

C. Por su forma de uso

5. Encofrados deslizantes

D. Por sus materiales

6. Encofrados de madera
7. Encofrados metálicos
8. Encofrados de plástico
9. Encofrados de cartón
10. Encofrados de aluminio

3.1. Encofrado por el tipo de hormigón

Dependiendo del tipo de acabado del hormigón en los elementos que forman la obra, varían el material de los encofrados a utilizar así como también el tratamiento que se realice antes y durante el proceso, para que el acabado final sea el esperado.

Existen dos tipos de encofrados, encofrados de hormigón visto y encofrados de hormigón para revestir. Los primeros necesitarán

paneles lisos, impermeables, normalmente metálicos, ya que permiten un número de puestas mayor que los plafones de madera, y a veces se recubrirán de tejidos antiadherentes o líquidos desencofrantes, ya que el hormigón se convertirá en la fachada de la edificación, estas condiciones y cuidados por el contrario no serán necesarias en el caso de que el hormigón no sea el acabado final de la obra.

3.1.1. Encofrados para hormigón visto

El hormigón visto es aquel que se muestra durante su vida útil tal y como se presenta, una vez retirados los encofrados, o tras finalizar las operaciones de tratamiento superficial, si las hubiere, sin revestimiento o adición de otros materiales que lo cubran con finalidad ornamental.



Fig. 3.1 Hormigón visto

El hormigón visto es una labor de equipo, por lo que es necesaria una colaboración comprometida de todas las partes para que el acabado final de la superficie resulte de calidad y visualmente acorde con las necesidades del proyecto.

Los diversos materiales del encofrado crean siempre superficies de hormigón muy características, por tanto el material que se escoja para encofrar, tiene su importancia, ya que esta imprimirá su textura en la superficie de hormigón.

Deberá ser impermeable, empleándose materiales metálicos, maderas, cartones plastificados o plásticos conformados, siendo estos dos últimos los que permiten mayor libertad y un número de puestas mayor que los de madera, y que a veces se recubren con láminas antiadherentes o líquidos desencofrantes para obtener acabados más lisos.



Fig. 3.2 Encofrado para hormigón visto

Estos desencofrantes forman una película delgada, que no se endurece, entre el encofrado y el hormigón evitando el contacto directo de las caras, de esta forma el hormigón endurecido no se pega, el desencofrado no produce una separación brusca entre el hormigón y el encofrado.

Los productos de desencofrar corrientes son sustancias grasas o cerosas, que se presentan bajo cuatro formas distintas.

- a) Aceite puro, grasa o cera
- b) Emulsiones de aceite en el agua

- c) Emulsiones de agua en aceite
- d) Aceite puro con adición de un humectador

3.1.2. Encofrados de hormigón para revestir

La mayoría de las obras civiles utilizan algún tipo de material como revestimiento de la fachada de la construcción, al contrario de lo que sucede con las construcciones que tienen como acabado el hormigón visto.



Fig. 3.3 Encofrado de madera

Los encofrados que se utilizan para levantar cada uno de los elementos no necesitan que sean de un material liso, o algún tipo de tratamiento adicional. Para este tipo de

construcciones basta utilizar encofrados de madera tradicional.

Este encofrado es el que se crea en la obra, valiéndose de piezas de madera aserrada y rolliza o contrachapado. Su montaje resulta fácil de realizar, pero su ejecución es lenta cuando se tienen estructuras grandes. Este sistema se usa principalmente para pequeñas obras, en las cuales la mano de obra es más económica y resulta más barato que alquilar encofrados modulares. Son bastantes flexibles, por lo que se pueden producir una gran variedad de formas y por lo regular se utilizan en combinación con otros sistemas de encofrado.



Fig. 3.4 Encofrado tradicional

3.2. Por el número de usos

Según el número de veces que se vaya a utilizar un encofrado podemos encontrar tres tipos diferentes de encofrados.

3.2.1. Encofrados recuperables

Se emplean bloques de poliestireno expandido, que pueden ser recuperados luego de fraguado el hormigón, y ser utilizados nuevamente en repetidas ocasiones.



Fig 3.5 Encofrado recuperable

El sistema es apto para la construcción de entresijos casetonados. Los bloques no necesitan ajustarse a un

módulo determinado, debido a que se cortan de bloques de mayor tamaño, con las dimensiones necesarias para cada caso en particular.

El peso específico aparente del poliestireno expandido debe ser de 25 kg/m³.

Colocación

Sobre la cara superior de cada bloque se coloca una almohadilla de polietileno inflable con una manguera en su centro, que atraviesa el bloque hasta la cara inferior. El bloque y la almohadilla se envuelven con una lámina de polietileno que puede sellarse mediante un adhesivo o cinta adhesiva. Esta lámina sirve para evitar la adherencia del bloque con el hormigón.

Los bloques así preparados se colocan sobre los encofrados de fondo de nervios del entrepiso, dejando la distancia entre bloques requerida por el ancho de los nervios. Posteriormente se coloca la armadura y se hormigona.

Cuando el hormigón ha fraguado se retiran las tablas que sostienen los bloques de encofrado, y se cortan las láminas de polietileno. Luego se inyecta aire comprimido a

la almohadilla a través de la manguera. Al inflarse, la almohadilla presiona sobre la cara superior del bloque, expulsándolo del casetón. Los bloques tienen una forma tronco-piramidal para facilitar la extracción.

El reducido peso de los bloques de encofrado facilita las tareas de desencofrado y transporte (por ejemplo, un bloque de 100x50x40 cm incluyendo almohadilla y lámina de polietileno, pesa aproximadamente 4 Kg.)

3.2.2. Encofrados perdidos

Este encofrado en su mayoría es hecho en el sitio, se trata de encofrados que permanecen en la obra una vez fraguado hormigón y que no se recuperan posteriormente para un segundo uso, en algunas ocasiones tiene un doble propósito como aislante térmico o acústico o simplemente son cubiertos por tierra en el caso de estructuras enterradas.

Puede elaborarse a base de piezas plásticas, de cartón o de algún material cerámico; este queda en la parte exterior

de la pieza que se va a moldear, por lo general de hormigón.



Fig. 3.6 Encofrado perdido

Este tipo de encofrados se utiliza por lo general en el caso de losas de gran espesor de hormigón armado o pretensado, con una placa superior y otra inferior unidas por nervios, que pueden salvar grandes luces y soportar sobrecargas importantes.



Fig. 3.7 Encofrado perdido

Los encofrados perdidos están formados por bloques macizos o huecos de poliestireno expandido, que se colocan de manera de alivianar las secciones transversales del hormigón, en el núcleo de la sección.

Las losas en sí pueden ser simple o doblemente armadas, con acero común o de alta resistencia, o bien de hormigón pretensado. El sistema estructural descrito ofrece una considerable resistencia a los momentos torsores.

Cuando se utilizan cuerpos de encofrado huecos, estos presentan nervios en las paredes que les permiten soportar las solicitaciones debidas al hormigonado y al tránsito de los operarios.

El poliestireno expandido utilizado no tiene densidad aparente STD.

Colocación

Los bloques se pueden anclar mediante anillos que les impidan los movimientos durante el hormigonado. A su vez los anillos están fijados a la armadura de la placa inferior.

Los cuerpos de encofrado resisten todas las sollicitaciones normales de obra. El hormigón se vierte en el espacio que ocuparán los nervios y desde allí penetra debajo de los bloques para formar la placa inferior. Se utilizarán vibradores según necesidad; el hormigonado continúa con el llenado de los nervios y de la placa superior.

3.3. Por la forma de uso

Como se había indicado antes, el encofrado es un molde que da forma a los elementos de hormigón que se ejecutan en la obra.

Este molde, no suele de ser de un solo uso(una sola puesta), su coste aconseja que se reutilice y amortice en otras zonas de la obra.

En cada puesta el encofrado debe soportar, entre otras acciones, la presión hidrostática del hormigón fresco, que depende de la altura del hormigón que tengamos vertido dentro del encofrado, por estas y otras razones, muchos elementos de hormigón se conforman en distintas fases de hormigonado.

Este es el caso en pilas de grandes puentes, núcleos de ascensores de torres, fustes de torres de comunicación, presas, etc.

En aquellas ocasiones en las que el elemento a hormigonar es de una altura considerable, lo razonable suele ser, conformar dicho elemento en varias fases en altura. Esto requiere ir instalando y desinstalando el encofrado vertical a las distintas cotas.

De ahí podemos encontrar dos tipos de encofrados para elementos de gran altura: los encofrados autotrepantes y los encofrados deslizantes.

3.3.1. Encofrados autotrepantes

Este tipo de encofrado se compone de fases, en la primera fase, para conformar un elemento de hormigón de gran altura, tanto los operarios como los encofrados se apoyan en el suelo, pero a partir de ese momento para continuar encofrando y hormigonando en altura, deben disponerse plataformas provisionales para poder encofrar, hormigonar y desencofrar en altura.



Fig. 3.8 Encofrado autotrepante

Características técnicas y manipulación del sistema autotrepantes

La secuencia general que hay que seguir en cada movimiento para subir el encofrado de una tongada ya hormigonada a la siguiente que esta sin hormigonar es la siguiente:

1. Se desencofran los paneles de encofrado
2. Se colocan los cajetines de anclaje en los conos que han quedado embebidos en el hormigón en la tongada anterior. Estos cajetines de anclaje son los que quedan en espera para soportar posteriormente tanto al mástil como las consolas o plataformas.
3. Se elevan los mástiles, hasta que quedan sujetos en los cajetines que se han dejado en la espera en la parte superior.
4. Se recuperan los cajetines de anclaje y conos desde la plataforma de recuperación de conos
5. Se elevan las consolas o plataformas hidráulicamente hasta apoyarlas en los cajetines de anclaje que se han quedado en espera
6. Aplicar desencofrantes y ferrallar.

7. Se posiciona el encofrante y se hormigona



Fig. 3.9 Encofrado autotrepante

Requisitos para realizar los movimientos de elevación.

- Antes de empezar el movimiento hay que asegurarse de que los mástiles y las superficies de los cabezales trepadores y consolas o plataformas que están en contacto con los mástiles están limpias

y engrasadas para facilitar el movimiento relativo entre las piezas.

- Se supervisará que todas las conexiones hidráulicas están correctamente realizadas.
- Se asegurará que el movimiento de la estructura no va a poner en peligro a ninguna persona que este en las cercanías del conjunto a mover.
- Antes de empezar a elevar las consolas hay que asegurarse de que la estructura a elevar no va a colisionar con ningún objeto (redes, plataformas de trabajo,...) durante el recorrido de elevación.
- Se deberá asegurar que no se produce ningún enganche de la estructura móvil con la estructura que queda fija.
- Antes de empezar a elevar las consolas o plataformas se tomarán las medidas oportunas para

cerrar los accesos laterales a las plataformas y evitar así caídas accidentales.

- Para realizar estos movimientos se requerirá de los operarios suficientes para tener controlados todos los cilindros hidráulicos y poder accionarlos desde el mando de control.
- Se controlará que todas las acciones descritas para los movimientos se ejecuten correctamente.
- La manipulación de los cabezales trepadores y la colocación de los bulones de seguridad requieren la colocación de una plataforma adecuada para facilitar el acceso cómodo a estos elementos

3.3.2. Encofrados deslizantes

Es un sistema que se utiliza para construcciones de estructuras verticales u horizontales de sección constante o sensiblemente similares, permitiendo reutilizar el mismo encofrado a medida que el edificio crece en altura o extensión.

Generalmente son de doble cara, de pequeña altura (1.00 m x 1.20 m) con la misma forma geométrica que la estructura a construir.

Este encofrado también dispone espacio para andamios, maquinaria, etc.

Este tipo de encofrados se utilizan para las construcciones en estructuras verticales u horizontales, que tienen una sección constante o muy similar, el objetivo es que se pueda reutilizar el mismo encofrado según va creciendo el edificio ya sea en altura o en extensión. Este encofrado cuenta con la disposición para los andamios y las maquinarias.

Se emplean generalmente en las estructuras de hormigón de los siguientes tipos:

- a) Silos monocelulares
- b) Silos multicelulares
- c) Columnas
- d) Depósitos de agua

- e) Pozos verticales de túneles y minas
- f) Chimeneas

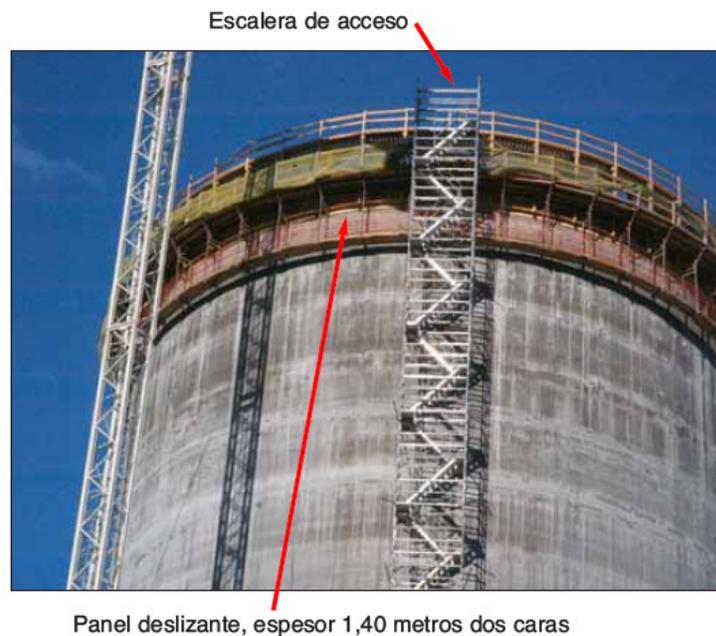


Fig. 3.10 Encofrado deslizante

3.4. Por sus materiales

A través de los años se han ido perfeccionando las técnicas constructivas, a principios del boom constructivo el material que se utilizaba era la madera, pero a medida que hemos avanzado, han entrado al mercado materiales que pueden servir para encofrados teniendo mejores resultados que la madera dependiendo del tipo de construcción que se vaya a realizar.

Actualmente tenemos 9 tipos de materiales que son utilizados como encofrados y que varían según los requerimientos de la obra.

3.4.1. Encofrados de madera

En los encofrados de madera el revestimiento se realiza en el sitio utilizando como material de fabricación las tablas de madera y madera contrachapada o aglomerado resistente a la humedad. Es fácil de producir, muy utilizada en obras pequeñas y medianas donde los costes de la mano de obra son menores que los del alquiler de encofrado, por contra la madera contrachapada tiene una vida útil relativamente corta. Además es utilizado en obras que aunque grandes tienen diseños muy específicos y únicos para los cuales no se encuentran encofrados prefabricados en el mercado, en este tipo de construcciones se combina el uso de encofrados a medida hechos en madera, con los estandarizados que se alquilan como por ejemplo con puntales y viguetas extensibles.

El acabado de la superficie varía dependiendo del acabado de la madera. Entre las ventajas que se pueden apreciar tenemos las siguientes:

Ventajas

- a) El encofrado tradicional (de madera) es económico, su costo de inversión es bajo con respecto a los demás materiales.
- b) Permite producir prácticamente cualquier forma que presenten ciertos detalles constructivos, pero no con tanta facilidad que los encofrados de plástico.
- c) Es de fácil montaje.
- d) Bajo peso en relación a su resistencia
- e) Por ser un material liviano presenta una considerable capacidad a la tracción y compresión.
- f) Facilidad para trabajarla, ductilidad y textura
- g) Por su material se encuentra en el mercado fácilmente.

Entre sus desventajas podemos acotar lo siguiente:

- a) No debe abusarse al armarlo de clavos y tornillos ya que esto debilita la madera. Para su óptima

conservación, la madera es conveniente se pinte con periodicidad y así evitar el deterioro por acción del clima.

- b) Para obras de gran magnitud como son las de gran altura, se vuelve complicado y costosa la fabricación de estructuras de madera.
- c) Es necesario también que si sufrieron algún daño, éste sea reparado.
- d) Cuando se realice el desencofrado, o sea, el retiro del encofrado, debe utilizarse con cuidado el martillo metálico para no dañar ni la madera ni los ganchos.
- e) Antes de armar el encofrado de madera, se debe evaluar la dirección de carga de la losa, pasar niveles sobre los muros, y colocar los tablonos de madera seleccionados para que no se hundan los tacos.

3.4.1.1. Breve historia de los encofrados de madera



Fig. 3.11 Encofrado de madera tradicional

Se puede decir que hasta terminada la última Guerra Mundial, los encofrados que se usaban - casi exclusivamente-, estaban hechos con madera de muy diversas clases, calidades y escuadrías. Todos los estamentos profesionales que tenían algo que ver con los encofrados para moldear hormigón, casi totalmente in situ; no tenían la menor intención para evolucionar la ancestral técnica empleada, desde que apareció el hormigón como material para construcción.

Pero las necesidades estimulan el ingenio, provocando en el hombre la búsqueda de sustitutivos; productos nuevos; nuevas técnicas; más precisión en los métodos de cálculo; nuevos sistemas constructivos; etc.

Así, por ejemplo, durante la citada Guerra Mundial, entre los años 1939 y 1945, en Alemania, cada vez más avivada por sus enemigos, se fueron agotando sus reservas de materias primas inexorablemente, dado además su mayor consumo que en época normal por el esfuerzo de guerra que tenía que hacer, y de ahí que el profesor Karl Egnér desarrolló una técnica de empalme longitudinal de madera para la construcción de puentes. Diez años después se ejecutaron ensayos sobre las piezas unidas, que sirvieron en la construcción de esos puentes, obteniéndose resultados excelentes, puesto que las piezas unidas ofrecieron tensiones de rotura a tracción de 246 kp/cm² y 309 kp/cm² a flexión. En tales ensayos a posteriori. Las roturas se

presentaron en los nudos o zonas donde se habían colocado clavos.

Esta técnica de unión de piezas de madera, también se utilizó en USA durante la Guerra Mundial, especialmente para la fabricación de hélices para aviones. Posteriormente esta técnica se fue extendiendo por otros países, y concretamente en Alemania el Instituto Otto Grúí redactó, en 1950, la norma DIN 68 HO, que dio el espaldarazo al procedimiento lo que trajo consigo que ese sistema de empalme longitudinal de piezas de madera, fuera adoptado por muchos más países de los iniciales, como Suecia que publicó su norma SIS OM-401; Inglaterra; Noruega; Finlandia; Australia; Nueva Zelanda; Canadá; África del Sur; yendo un poco retrasada en la iniciación de su aplicación francesa, parte por falta de información y parte por falta de normativa oficial precisa.

El empalmado por entalladuras múltiples, es una unión longitudinal de piezas de madera, realizado por el encolado de estas y en cuyos extremos se han practicado unas entalladuras en forma de cuña de sección trapezoidal.

Por otra parte, ciertas empresas auxiliares de la construcción, alentadas además por la Industria siderúrgica buscaban nuevos mercados para sus productos laminados.

Iniciaron en la década de los años 50 el empleo del acero en muy variados perfiles para construir encofrados, y como por entonces comenzó la técnica del hormigón pretensado, empezando por las vigas para forjados, se notaba la falta de un encofrado de madera resistente y sobre todo duradera. Así, poco a poco, se introdujo en la industria de la Construcción el empleo de los encofrados metálicos que, naturalmente, en muchas aplicaciones, obras, o usos concretos, desplazaron a los encofrados de madera, pues hay

que reconocer que para ciertos casos son los más aptos.

Como siempre pasa con las novedades tecnológicas, esta de los encofrados metálicos “se puso de moda”, a tal punto que los estamentos profesionales de la madera vieron descender sus pedidos, pues el metal no sólo invadía su tradicional campo de los encofrados sino otros más tradicionales aún, como son los cercos de puertas y ventanas: la carpintería de viviendas: los muebles sobre todo los de oficina, etc.

Solo viendo el negro panorama que se avecinaba, los fabricantes de encofrados de madera y en general, fabricantes de carpintería de madera, reaccionaron inteligentemente mejorando sus fabricados, y así pudieron, como lo han conseguido, recuperar su mercado, pues hay que reconocer que el encofrado de madera es muchas veces mucho mejor, más apto (e incluso insustituible) que el metálico. Uno de los pioneros

en esa modernización que precisaba la técnica de los encofrados de madera fue el Ingeniero Diplomado alemán Manfred Steidle-Sailer, de Sigmaringen, propietario de una empresa constructora y de un magnifico taller de carpintería, en el cual, en 1956. produjo la primera viga de madera encolada en celosía, que empleó inmediatamente en su citada empresa constructora, fundada por la familia Steidle en 1821.

3.4.2. Encofrados metálicos

En un principio, la madera fue el material predominante en los moldes estructurales, pero el desarrollo en el uso de otro tipo de materiales, junto con el aumento de uso de accesorios especializados han cambiado poco a poco la historia de los encofrados. Actualmente el aumento de prefabricados, el ordenamiento y el aseo en la sobras y la erección de encofrados por recursos mecánicos han obligado a que se construyan encofrados de mayor durabilidad tanto por su manipulación como para su utilidad

en el mayor número de ocasiones, lo que ha obligado al uso de moldes metálicos

Estos son más costosos pero pueden ser utilizados muchas veces. Se utilizan cuando los elementos conservan las mismas dimensiones. Es muy rápido y fácil de montar. El acabado de la superficie es liso y a diferencia del encofrado de madera, no se pueden reproducir cualquier forma excepto la forma que tiene el molde.

Ventajas de los encofrados metálicos

Los encofrados de acero tienen varias ventajas entre las que podemos mencionar:

- a) Se pueden armar, desarmar y transportar con gran rapidez
- b) Son económicos, si el número de veces que se va a emplear es grande, pues el número de usos que brinda es bastante mayor a cualquier otro material.
- c) Gran capacidad de carga
- d) Se obtienen superficies lisas que es necesario en ciertos tipos de obras.

Desventajas de los encofrados metálicos

Entre las desventajas que presentan los encofrados metálicos se pueden encontrar lo siguiente:

- a) El costo de inversión es elevado con en relación a los demás materiales.
- b) Ante el trato brutal que recibe el material de construcción por parte de la mano de obra, sufren torceduras, deformaciones o abollamientos costosos de reparar. La madera resiste mucho mejor los golpes.
- c) La mano de obra que se necesita para instalar encofrados metálicos está mal definida en cuanto a su especialidad, pues en parte tienen que ser carpinteros y en parte montadores de estructuras metálicas.
- d) Los encofrados metálicos de muro requieren una enorme variedad de piecerio pequeño, que acaba perdiéndose en la obra y cuya instalación consume mucha mano de obra.

- e) No protegen el fraguado del hormigón en tiempo frío.
- f) Necesitan protección para evitar la oxidación, lo cual representa un gasto adicional.
- g) Son pesados.



Fig. 3.12 Encofrado metálico

Los encofrados metálicos también son empleados como elementos complementarios a la madera; por ejemplo, los fondos, los costados y los tornapuntas de encofrados de vigas son generalmente de madera, pero los puntales pueden ser metálicos. Diversos equipos de encofrados metálicos son ofrecidos -mayormente en alquiler- por proveedores de este tipo de encofrados, principalmente puntales y viguetas extensibles.

El encofrado metálico, como su nombre indica, está compuesto por cierto número de piezas rígidas, que sólo pueden adaptarse a una forma exclusiva. De ahí su “limitación” en cuanto a la multiplicidad de formas a dar con un solo elemento o tablero, tal como los encofrados de madera, que son susceptibles de emplearlos en diversidad de piezas, cortando, añadiendo, clavando, etc. En cambio, en el encofrado metálico, por su naturaleza, cada pieza sólo sirve para la clase de molde para la cual ha sido proyectada, no pudiendo aprovecharla, salvo algún caso excepcional, en otro elemento distinto.

Respecto a las condiciones generales de los encofrados, éstos si son metálicos y correctamente manipulados, presentan un mínimo desgaste. Luego de ser usados, se los debe limpiar convenientemente e impregnárselos con un producto de desmolde de venta masiva, algún tipo de aceite, o bien, petróleo o ACPM con parafina al 50%, pero todo dependerá del acabado que quiera dársele. Para evitar que se oxiden, es conveniente protegerlos con pintura anticorrosiva, particularmente cuando están por

demasiado tiempo a expensas de los cambios climáticos. De igual manera, se debe proteger a los encofrados de los rayos de sol y de la lluvia.

Una vez utilizados, se aconseja guardarlos en sitios cubiertos y secos, se almacenan de manera vertical o apenas inclinados sobre un muro y elevados del piso sobre bloques y debidamente rotulados. Esto en el caso del encofrado de una losa maciza. En el caso de armar un encofrado metálico, el procedimiento es el mismo que en el de madera sólo que se eligen cerchas y tacos metálicos, con tablonos de base en madera. Sea el encofrado que se elija, es determinante verificar su construcción a partir del plano de obra. De éste, dependerán no sólo los materiales a utilizar, sino también las cargas y la longitud de las barras, además de las mallas que van electro soldadas.

3.4.3. Encofrados de plástico

Como consecuencia del incremento que está tomando la utilización de formas y diseños complicados de hormigón, ha sido necesario encontrar un material de encofrado con

ciertas propiedades que salen de las corrientes en los encofrados tradicionales.

Estas propiedades que poseen los plásticos reforzados con fibras de vidrio que están alcanzando un notable desarrollo en el encofrado de elementos de hormigón. Entre sus ventajas podemos citar lo siguiente:

- a) Se los puede moldear en formas.
- b) Pueden colocarse en modo horizontal, vertical o inclinado, empezar a un nivel y acabar a otro.
- c) Permite colocar varios perfiles uno encima de otro (ayudado con el soporte múltiple).
- d) Permiten realizar el encofrado y el acabado de las superficies al mismo tiempo.
- e) Se puede realizar todo tipo de obras con gran facilidad, su estructura, dócil y resistente a la vez, le permite hacer diseños originales, podrá cortar los perfiles sin dificultad, unirlos, etc.
- f) Son livianos y fácilmente desmontables

- g) Al contrario de los encofrados metálicos, estos no presentan problemas de corrosión.

Este tipo de encofrados son modulares y para construir ampliamente, pero destinados a estructuras de hormigón relativamente sencillas. Son especialmente adecuados para los presupuestos de bajo costo pero de construcción seriada como los planes de vivienda modulares.



Fig. 3.13 Encofrados de plásticos



Fig. 3.14 Molde de plástico

Existe una mayor preocupación por proteger el medio ambiente, buscando nuevas alternativas de materiales reciclables como el plástico. Con el auge del desarrollo inmobiliario y el crecimiento de las ciudades, cada vez más se hace necesario alcanzar un sistema de construcción económica pero sin dejar de lado la calidad, en un mercado cada vez más exigente y competitivo.

La estructura de hormigón a partir de encofrados plásticos es hoy la forma más rápida, ventajosa y ecológica de construir.

Características y Especificaciones del encofrado plástico

- Sin humedad y no deformable;
- Imputrescible e inoxidable, especialmente conveniente para las circunstancias subterráneas y acuosas;
- Se puede lanzar de molde en cualquier molde-lanza fácilmente el agente, acelera horario de la construcción, acorta período de construcción.
- Alta eficacia de la construcción, buena calidad, peso ligero, convenientes montar y desmontar; reduce los costes laborales debido a la dirección simplificada
- Larga duración, se podía reutilizar normalmente 80-100 veces;
- Comportamiento excelente de la preservación del calor, favorable al acortar período de construcción;
- Peso ligero, módulo fuerte, de alto-doblez rígido;
- Tenacidad superficial, impacto, abrasión-resistente;
- Se puede clavar, perforar, planeado, molido, procesando, por ejemplo el serruchado;
- Con estabilidad de la luz ultravioleta, fractura no frágil, fácil de limpiar y mantenimiento;

- La barra de soldadura se puede utilizar fácilmente para la reparación
- El encofrado de plástico reutilizable y moldeable para contener el hormigón, sirve como regla maestra, regla guía y para soportar vibradores de superficie. El encofrado de plástico reutilizable, es moldeable para poder realizar trabajos curvos y rectos.
- Su peso es la séptima parte que el hierro y una tercera parte para la madera
- Al ser un material dócil hay menos riesgo de sufrir accidentes.
- La manipulación y transporte son seguros debido a lo liviano del material.
- El armado es modular, fácil y rápido (sin clavos).
- Frente a los sistemas convencionales de encofrado de madera o metal, la reutilización del encofrado plástico es imbatible: 100 veces
- Son recuperables y duran muchos años, son resistentes a los golpes, al ser de polímero no se oxidan.

- La textura de los perfiles, al aplicarles aceites para encofrado, reduce la adhesión del hormigón. El hormigón al ser más rígido, no podrá absorber la deformación y simplemente saltará del listón.
- Puede retirar los perfiles al cabo de 4 horas en lugar de volver al día siguiente para retirarlos.
- Los mismos perfiles permiten ejecutar obras con acabados curvos o rectos indistintamente. Pueden colocarse en modo horizontal, vertical o inclinado, empezar a un nivel y acabar a otro. Permite colocar varios perfiles uno encima de otro.
- La terminación de la superficie del hormigón es impecable en cuanto a su prolijidad y textura.
- Reduce tiempos, costos operativos y de transporte, riesgos de los operarios y costos en terminaciones.
- Contribuye a disminuir la tala de bosques.

3.4.4. Encofrados de cartón

También hacen parte de los encofrados perdidos, los nuevos encofrados de cartón que se utilizan para los pilares, solo sirven para un vaciado pero por ejemplo en el

caso de pilares redondos, permiten un acabado estético difícilmente obtenible con otro tipo de acabado.

3.4.5. Encofrados de aluminio

Este sistema en muchos aspectos es similar al de acero, se utiliza en obras de pequeño y medio orden, debido a que su resistencia a la tracción y compresión es menor con respecto al acero.

Su ventaja principal en relación a los demás sistemas es su menor peso.

CAPITULO 4

4. ELEMENTOS COMUNES Y ACCESORIOS PARA ENCOFRADOS

4.1. Recomendaciones Generales para encofrado

Debido a la generalización y constante crecimiento del uso de puntales y vigas de acero en la construcción actual se ha vuelto vital que se usen en forma apropiada y segura.

Al presente, el tema de seguridad en el uso de puntales y vigas de acero no está cubierto por referencias de normas de seguridad en la práctica de construcción, de allí que se han establecido dos objetivos antes de preparar estas recomendaciones de seguridad:

- Llenar la necesidad de una información única y autorizada para el uso correcto y seguro de apuntalamiento.

- Proveer una guía a las diferentes autoridades federales, estatales, municipales, etc, que tengan jurisdicción sobre obras de construcción y en el desarrollo de sus propias normas.

Sin embargo, la información y recomendaciones que siguen no tratan de suplantar ninguna regulación u ordenanza en uso de cualquier tipo estatal, municipal, etc.

4.2. Definiciones

Accesorios: aquellos artículos que no sean marcos, vigas extensoras, puntales y que sirvan para facilitar el levantamiento de un encofrado.

Vigas extensoras o ajustables: vigas metálicas cuya extensión puede ajustarse a diferentes largos dentro de un límite previamente establecido.

Rosca ajustable: artefacto de nivelación o gata compuesta de un elemento roscado y un manubrio usado en el ajuste vertical de puntales en el encofrado.

Carga permisible: la carga máxima dividida por el factor de seguridad.

Ménsula: artefacto usado en andamio para aumentar la anchura de la plataforma de trabajo.

Base fija: artefacto usado para distribuir la carga de la pata de andamio.

Luz: distancia entre extremos de miembros usados para soportar horizontalmente vigas extensoras.

Acoplamiento o grapas: artefacto usado para sujetar firmemente partes de componentes tubulares.

Pin o acople: varilla de inserción para alinear verticalmente módulos de andamios.

Crucetas: sistema de miembros que conectan lateralmente marcos o paneles de encofrado para hacer una torre o estructura continua.

Carga muerta: el peso en formas, vigas durmientes, varillas de refuerzo y hormigón a ser colocado.

Extensión: cualquier artefacto que no sea la rosca de ajuste, para obtener ajuste vertical en torres de encofrado.

Factor de seguridad: la relación entre la carga máxima y la carga permisible.

Encofrado u obra falsa: el material usado para dar la forma requerida y el soporte al hormigón a ser vaciado. Consiste primordialmente de:

- **Cofre:** material que está en contacto directo con el hormigón, tal como madera, plywood, formas metálicas o plásticas.
- **Largueros:** miembros que soportan directamente el cofre.
- **Travesaños:** miembros que soportan directamente las viguetas extensoras, usualmente miembros de metal o madera.

Marco o panel: la unidad principal prefabricada o soldada estructuralmente en una torre.

Vigas o viguetas: miembros metálicos de largo fijo o extensible, usados como soporte del cofre (tabla, plywood, domos, etc).

Módulos: el número de marcos erigidos uno sobre otro en dirección vertical.

Carga viva o dinámica: el peso total de los trabajadores, equipos vibradores, dumpers u otras cargas que pueden existir o moverse,

según el método de colocación, nivelado o vibrado a la hora de verter el hormigón.

Seguro:

- a.** Artefacto usado para asegurar la cruceta al marco o panel.
- b.** Artefacto usado para mantener una viga ajustable o un puntal en el largo especificado.

Viga fija o no ajustable: viga metálica de largo fijo.

Puntal: miembro metálico vertical unitario usado para soportar peso. Usualmente de dos elementos, con una rosca de ajuste en combinación con un pin y un agujero de ajuste.

Reapuntalamiento: sistema usado durante la construcción, preparación en la cual los puntales originales son removidos y recolocados en secuencia planificada para evitar cualquier daño al hormigón parcialmente curado y ayudar a sostener la carga de construcción adicional.

Carga segura por pata: el peso que puede imponerse con seguridad a la pata de un marco (ver carga permisible).

Carga de choque: impacto de material, tal como el hormigón cuando es colocado o dejado caer durante el vaciado.

Cabeza de puntal: pieza plana metálica colocada y centrada sobre un miembro vertical de apuntalamiento.

Diseño de encofrado: dibujo preparado antes de la erección mostrando el ordenamiento del equipo para un encofrado.

Durmiente: tablón o pieza de madera que distribuye las cargas verticales al piso o losa.

Espaciamiento: la distancia horizontal entre miembros portantes.

Torres: estructura compuesta de marcos, crucetas y accesorios.

Apuntalamiento con tubos y acople: ensamblaje usado con estructura soporte de carga, consistente en tubos que sirven de puntales, crucetas y arriostres, con bases soportando los postes o acoplamientos especiales que sirven para conectar los elementos superiores y unir los diferentes miembros.

Carga final o punto de falla: el peso en que la estructura falla.

4.3. Equipo de acceso y mantenimiento: Andamio Liviano

Es una estructura metálica que a más de soportar su propio peso, soporta cargas vivas que incluyen materiales, equipo y personal de trabajo.

4.3.1. Ventajas

- Se tiene una estructura la cual se conoce su capacidad de carga.
- Fácil almacenaje, armado y desarmado (ahorro de mano de obra).
- Se obtienen las alturas con seguridad (la altura record en la actualidad a la que se ha llegado es de 40 metros).

4.3.2. Usos

- Mantenimiento
- Pintura
- Enlucidos
- Acceso
- Colocación de vidrios
- Cambio de luminarias
- Arreglos de naves industriales

4.3.3. Partes y accesorios

Todo tramo de andamio liviano consta de las siguientes partes:

Marcos

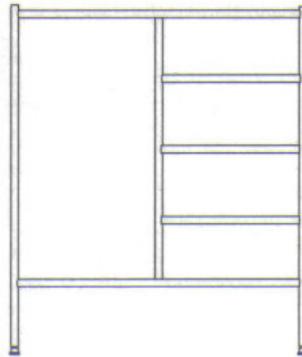


Fig. 4.1 marco de andamio liviano

- Estructura de tubo reforzado y seguros para crucetas con capacidad de carga de 1400 kg por pata. Se utilizan dos unidades por tramo.
- Sus medidas son 2,00 m de altura por 1,50 m de ancho y un peso de 15 kg.

Crucetas

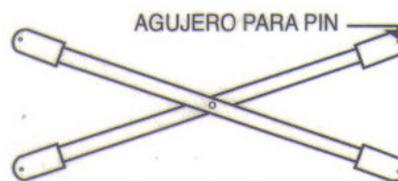


Fig. 4.2 Cruceta de andamio liviano

- Elementos contruidos de ángulos de acero estructural y están unidos en el centro con un perno para darle mayor rigidez al sistema.
- Se usan dos unidades en cada tramo.
- Su medida permite 2,13 m de abertura entre marcos con un peso de 7,6 kg.

Conectores

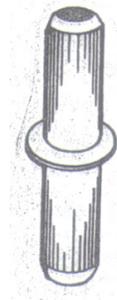


Fig. 4.3 Conector de andamio liviano

- Se utilizan en la parte superior de cada pata de marco cuando se arma una torre de más de un marco de altura.
- Peso: 0,5kg

Escaleras

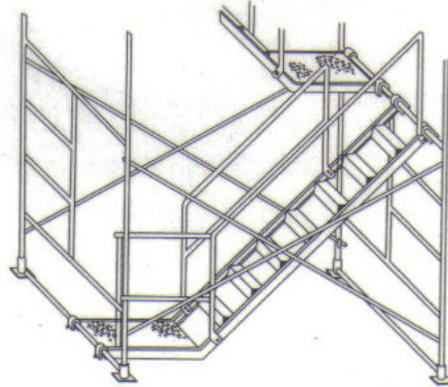


Fig. 4.4 Escaleras de acceso

- Accesorio de que da seguridad para el ascenso a diferentes alturas.
- Se lo utiliza para el acceso de personal a los diferentes pisos de las obra.
- Peso: 40 kg.

Bases Fijas

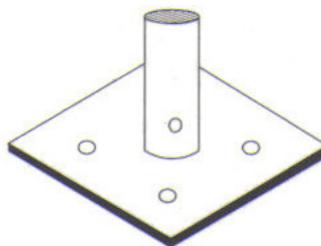


Fig. 4.5 Base fija de andamio liviano

- Se utilizan en las patas inferiores de los marcos que van a estar en contacto con el suelo.
- Vienen con perforaciones que permiten clavarlas a los tablones de madera.
- Peso: 1,5 kg

Bases ajustables

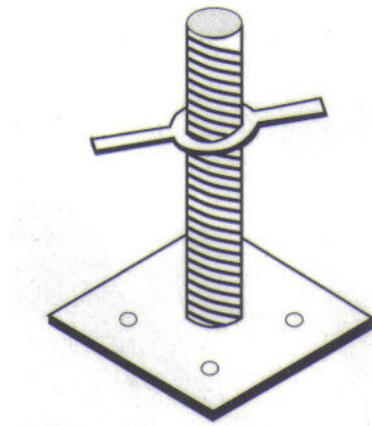


Fig. 4.6 Base ajustable de andamio liviano

- Sirven para compensar desniveles en la superficie.
- Peso: 4,8 kg.

Adicionalmente y cuando se lo considere necesario existen ruedas y plataformas de aluminio “Werner” diseñadas para esta clase de equipo.

Plataformas Werner



Fig. 4.7 Plataforma Werner

- Son de aluminio y plywood.
- Resistentes, livianas y fáciles de colocar.
- Se usan sólo con crucetas.
- Su capacidad de carga es de 360 kg.
- Peso: 12 kg.

Ruedas

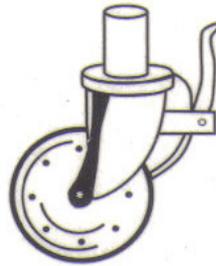


Fig. 4.8 Rueda para andamio liviano

- Para dar movilidad al andamio en ocasiones que amerite.

- Capacidad de carga 225kg.
- Diámetro: 8"
- Dos puntos de engrase y freno para mayor seguridad.
- Peso: 4,8 kg.

4.3.4. Medidas y cálculo de equipo para alturas predeterminadas

La medida en planta de un tramo de Andamio liviano es de 1,20 m de ancho por 2,13 m de largo, siendo su altura de 1,80 m.

Es decir que el área útil de trabajo será: $\text{largo} \times \text{altura} = 2,13 \text{ m} \times 1,80 \text{ m} = 3,83 \text{ m}^2$

Si necesitamos llegar a una altura predeterminada para algún trabajo en especial, se dividirá la altura a la que se quiere llegar para el alto del tramo del andamio y así se podrá obtener la cantidad de tramos (módulos) en la torre que se requiere.

La altura máxima que se permite en torres de andamio liviano es de cinco módulos (9,00 m) pasado esta altura se recomienda arriostrar con tubos y cangrejos (accesorios adicionales) para poder evitar el pandeo de la estructura.

4.4. Puntales telescópicos

Es un miembro metálico vertical unitario usado para soportar peso.

La popularidad universal de los puntales de acero ajustables, se debe a que constituyen el sistema de soporte más simple, más rápido, más seguro y más económico que existe.



Fig. 4.9 Puntales telescópicos

4.4.1. Ventajas

- Eliminan el alto costo de la mano de obra, de cortar, colocar y clavar los puntales de madera (caña).

- Ahorra tiempo y mano de obra ya que son colocados fácilmente por un hombre en pocos segundos.
- Sus capacidades de carga de trabajo están predeterminadas, ofreciendo así máxima seguridad.
- Pueden alcanzar cualquier altura (según el tipo o código) ya que cuentan con un sistema que permite un ajuste milimétrico.
- Son compactos y fáciles de transportar.

4.4.2. Usos

Se lo usa para el soporte de encofrados (reemplaza a la caña) en conjunto con viguetas o individualmente.

4.4.3. Partes

El puntal telescópico está formado por dos elementos (un inner y un outer), con una rosca de ajuste en combinación con un pin y un agujero de ajuste.

4.4.4. Colocación

1. Levante el tubo interior tan cerca como sea posible a la altura deseada mientras sostienen con el pie la base del tubo exterior.



Fig. 4.10 Paso 1 de colocación

2. Inserte el pasador a través de la ranura del tubo exterior y del hueco del tubo interior que se encuentre por encima del collar.



Fig. 4.11 Paso 2 de colocación

3. Gire el collar a la derecha hasta obtener la altura final deseada.

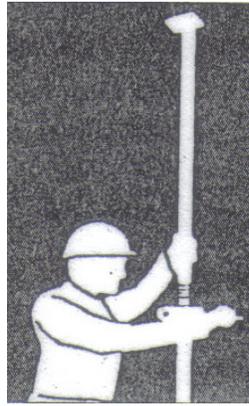


Fig. 4.12 Paso 3 de colocación

4.4.5. Características

Puntales		Peso	Altura en metros	
		Kg	Cerrado	Extendido
PV	1	20	1,75	3,12
PV	2	23,6	1,98	3,35
PV	3	25,5	2,56	3,96
PV	4	33,6	3,20	4,88
PV	18	21,4	1,83	3,35
PV	28	23,6	2,56	3,83

Tabla 5.1. Características de los puntales

4.4.6. Accesorios

Placa para arriostramiento.

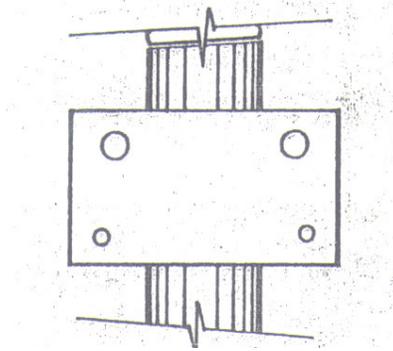


Fig. 4.13 Placa para arriostrar

- Soldada directamente al tubo exterior del puntal, permite fácil y rápido arriostramiento entre puntales con madera.

Plato base

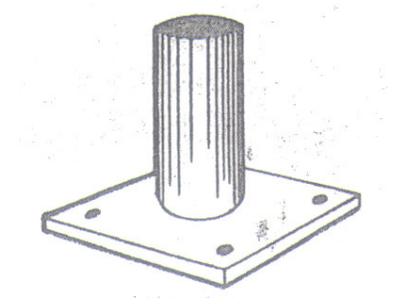


Fig. 4.14 Plato base

- Está provisto de huecos para poder clavar el puntal por su base.
- Medidas: 150 x 150 x 8 mm.

Cangrejos

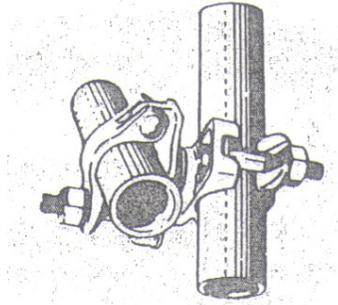


Fig. 4.15 Cangrejos

- Giratorios y fijos.
- Se los utiliza cuando es necesario el arriostramiento con tubo.

Collar especial

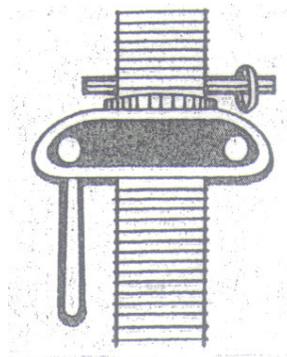


Fig. 4.16 Collar especial

- Provisto de un mecanismo patentado que permite limpiar las roscas del puntal simplemente con dar la vuelta al collar.

- Únicamente para PV-1, PV-2, PV-3, PV-4.

U-Head

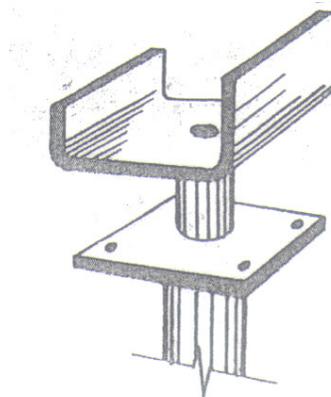


Fig. 4.17 U-Head

- Puede ser acoplado fácilmente al plato superior de los puntales PV-1, PV-2, PV-3, PV-4.
- Medidas: 100 x 200 mm.

4.5. Sistema metálico para encofrado: Viguetas

Son elementos horizontales metálicos que son usados como soporte del encofrado o fondo de losa (tabla, plywood, domos, etc).

Pueden ser de dos clases: fijas o extensibles.

Las vigas extensibles pueden abrirse según el largo deseado máximo de acuerdo al tipo de vigueta y según su capacidad de

carga calculada de antemano por la persona que la utilizará y/o por los proveedores de la misma.



Fig. 4.18 Viguetas extensibles

4.5.1. Ventajas

- Construidas con contra flecha (“camber”) para que con el peso de la losa se obtenga una superficie totalmente plana.
- La contra flecha se obtiene automáticamente al accionar el fijador de cuña mediante un golpe de martillo.
- La puesta en sitio de la vigueta se realiza fácil y rápidamente gracias a la cuerda inferior sólida.
- Poseen tablas de cargas con momento de flexión máximo que relacionan el largo de la vigueta y la separación de las mismas, lo cual da seguridad al constructor.
- Fáciles de transportar.

4.5.2. Usos

En unión de puntales para soporte de encofrado de estructuras.

4.5.3. Partes

Toda vigueta extensible posee dos partes un inner o partes interior y un outer o parte exterior. El inner se desplaza en el outer por un canal que posee el mismo.

4.6. Sistema de apuntalamiento de gran capacidad de carga:

Andamio Pesado o de Carga

Es una estructura metálica con gran capacidad de carga y con la cual se puede llegar a grandes alturas sin necesidad de construir “mesetas” o “camas” intermedias cuando los elementos verticales de apuntalamiento (puntales) no llegan a la altura requerida.

Otra definición de andamio es que es un conjunto de elementos que como un sistema de complemento nos permiten formar castillos o torres que nos sirven para cumplir dos funciones u objetivos principales; alcanzar alturas y soportar estructuras con cargas del orden de 1000 a 2700 kg/m²

El sistema de andamio consiste en elementos verticales que nos permiten alcanzar altura deseada (pueden ser de madera, tubos, aluminio), elementos de arriostramiento o rigidizadores que estabilizan los verticales, aparejos o nudos (amarres, grapas, abrazaderas, cangrejos).

El andamio de carga a más de cumplir la función de salvar alturas, su característica principal es de tener elementos capaces de soportar determinada cantidad de cargas y transmitirla al suelo sin afectar su estabilidad.

4.6.1. Ventajas

- Simplicidad y velocidad de armado
- Soporte de cargas elevadas.
- Logro de grandes alturas.

4.6.2. Usos

Se lo usa generalmente para:

- Alturas de entresijos donde la caña o el puntal no llegan. (alturas mayores a 5,00 m).
- Apuntalar vigas, losas, arcos, mezzanines.
- Pasos a desnivel y/o puentes (estructuras que poseen grandes cargas).

4.6.3. Partes y accesorios

Marcos

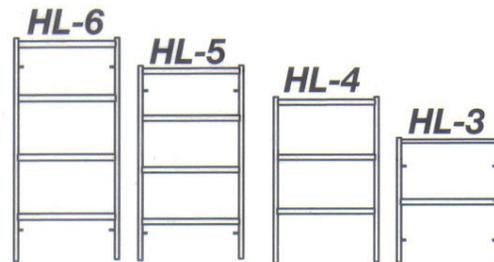


Fig. 4.19 Marco HL

- Con capacidad de carga de 5000 kg/pata.
- Diferentes alturas: 1,8 m, 1,5 m, 1,2 m, 0,9 m.

Nombre	Alto	Ancho	Peso kg
HL-6	1,83	1,22	30,5
HL-5	1,515	1,22	24,5
HL-4	1,22	1,22	21,0
HL-3	0,905	1,22	15,5

Tabla 5.2. Características de los marcos

Conector

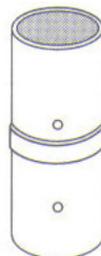


Fig. 4.20 Conector HL

- Elementos de unión de los marcos cuando los mismos deben ser utilizados uno sobre otro.
- Peso: 1 kg

Plato base HL

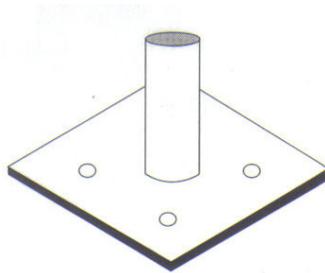


Fig. 4.21 Plato base HL

- Se utiliza en las partes inferiores de los marcos en contacto con el suelo.
- Peso: 4,5 kg

Cruceta

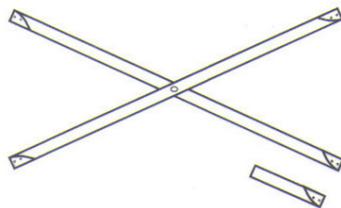


Fig. 4.22 Cruceta HL

- Construidas de ángulos de acero estructural.
- Provistas de doble perforación en sus extremos.
- Peso: 10 kg.

U-Head HL

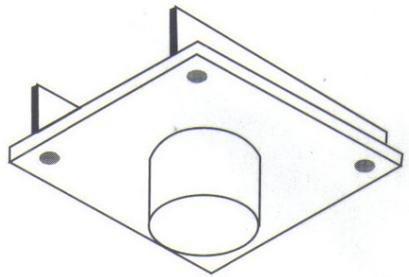


Fig. 4.23 U-Head HL

- Se utiliza en la parte superior de las torres de encofrado con la ajustable HL.
- Peso: 6 kg

Ajustable HL

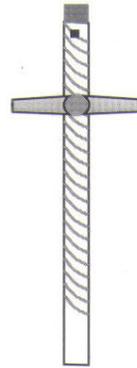


Fig. 4.24 Ajustable HL

- Sirve para darle al encofrado la altura milimétrica.
- Largo de la rosca: 65 cm
- Peso: 5 kg

4.7. Nueva tecnología para encofrado de losas: Metriform-SGB

El sistema METRIFORM-SGB es el líder en sistemas de encofrados para construcción de losas de concreto.

Este sistema nos provee simplicidad, economía y versatilidad, lo cual es el resultado de una amplia investigación y desarrollo dentro de la continua demanda internacional solicitada por ingenieros, constructores y profesionales afines.

El sistema se caracteriza por poseer un limitado número de componentes fácilmente manejables y adaptados a nuestro sistema métrico decimal a pesar de ser un sistema de origen inglés.

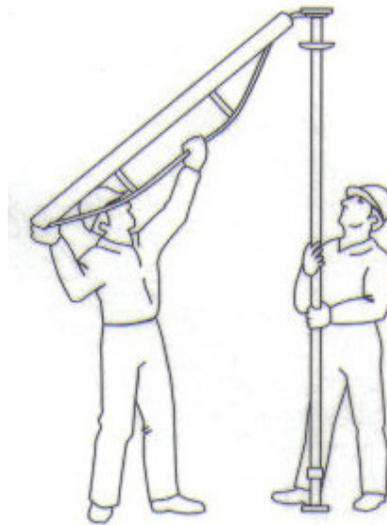


Fig. 4.25 Colocación de vigueta en la cabeza del puntal

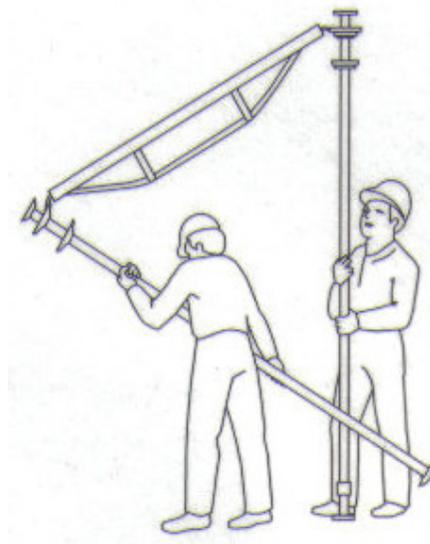


Fig. 4.26 Colocación de vigueta en la cabeza del otro puntal

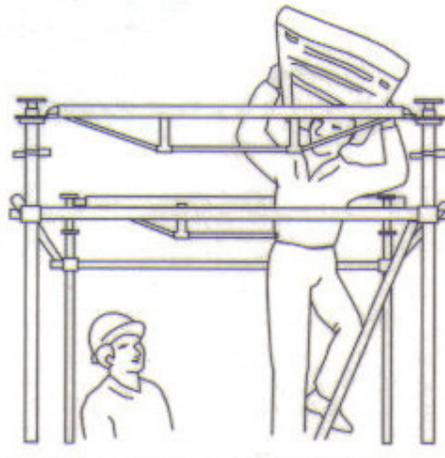


Fig. 4.27 Colocación de tableros

4.7.1. Ventajas

Entre las ventajas que podemos enumerar se pueden decir las siguientes:

- Elementos de poco peso y bastante maniobrabilidad.
- Para su armado se requiere poca mano de obra no profesional.
- Rendimientos de 30 m² hora/hombre.
- Ahorro de tiempo.
- Ciclos de fundida cada siete días (es decir cuatro losas al mes).

- Los elementos que representan el 70% del valor de un encofrado como viguetas y fondo de losa se recuperan y pueden ser reutilizados.

4.7.2. Usos

- Losas en general (no inclinados)

4.7.3. Partes y accesorios

- Viguetas: vienen en medidas de 1.20 m, 1.80 m y 2.50 m.
- Puntales: desde 1.98 m hasta 4.88 m.
- Paneles o tableros: son de marco metálico y plywood fenólico en medidas de 1.50 x 0.60, 1.50 x 0.30, 1.20 x 0.60 y 1.20 x 0.30.
- Drop Heads: accesorio en la cabeza del puntal.

4.7.4. Ciclos de fundida

Para que un ciclo de fundición sea eficiente es necesario tener la cantidad de equipo necesario en la obra (este equipo se lo calcula en oficinas).

Un ciclo típico de fundición comprende siete días y podría ser como se describe a continuación:

- **Primer día:** comienza el montaje del encofrado
- **Segundo día:** se sigue con el montaje de encofrado y remates. Se comienza armado de hierro.
- **Tercer día:** se completa el armado, se colocan alivianamientos, se funde la losa.
- **Cuarto, quinto y sexto día:** curado del concreto
- **Séptimo día:** desencofrado, se recupera viguetas y fondo de losa. Limpieza de los paneles para seguir proceso.

Este ciclo asegura un mínimo de tiempo de trabajo. A veces no es posible realizarlo hasta mecanizar el mismo, pero el máximo de tiempo del ciclo puede ser nueve días.

4.8. Moldes reutilizables para Hormigón: Moldes Symons

Sistema Steel Ply es un sistema de moldes para hormigón prediseñado, reutilizable, construido en fábrica que puede instalarse bien a mano o mediante grúas en módulos de mayor tamaño.

Con una resistencia de 4880 kg/m², baja los costos de moldes para edificios comerciales y residenciales, trabajos industriales y para estructura pesada tales como plantas de tratamiento, presas, túneles, puentes y centros de energía eléctrica.

4.8.1. Ventajas

- Económicos
- Sencillos y fáciles de armar
- Reutilizables
- Versátiles
- Mayor rendimiento

4.8.2. Usos

- Es sumamente versátil y puede usarse el mismo juego de moldes para construir fácil y rápidamente muros verticales de hormigón, pedestales, muros ataulados, muros cruvados, alcantarillas, muros “Y”, voladizos, columnas, etc., en vaciados sencillos o múltiples.

4.8.2.1. Encofrado en Módulos

- Para aumentar la productividad y reducir costos, mediante vaciados repetidos, los moldes Steel Ply se pueden armar en módulos grandes a ser trasladados con grúa.
- El armado de los módulos es rápido y fácil ya que Symons provee esquemas del diseño del encofrado y asesoramiento en obra.

- Versatilidad del moldeo se obtiene ya que el tamaño del módulo está limitado solamente por el manejo y capacidad de la grúa.
- Los módulos Steel Ply pesan solamente 31,72 kg/m² incluidos los accesorios.



Fig. 4.28 Módulos Steel Ply

4.8.2.2. Muros ataludados y de Núcleo

- Los muros ataludados sencillos, dobles o invertidos se encofran fácilmente usando componente Steel Ply de la misma manera que para los muros verticales.
- Amplia selección de separadores, tamaño y/o longitudes para cualquier espesor de muro.

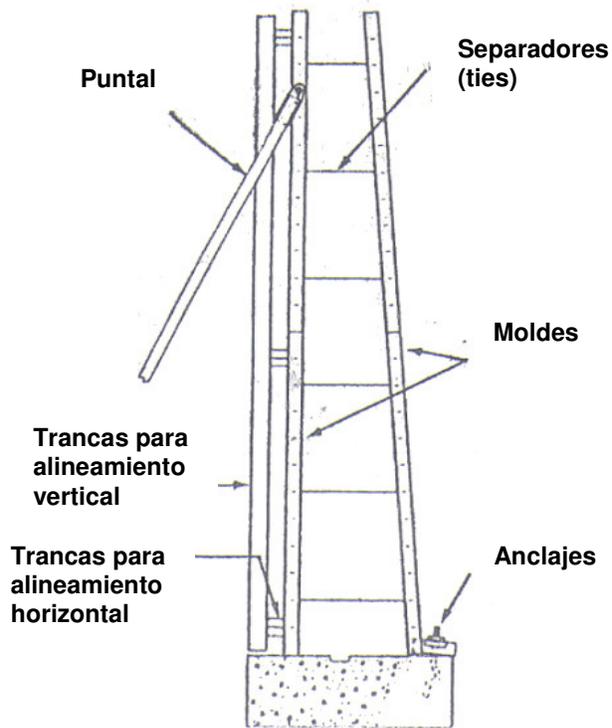


Fig. 4.29 Muro ataludado

4.8.2.3. Muros curvados y otros

- La construcción de muros curvados es dos veces más rápida que con moldes hechos en obra.
- Fácil encofrado de tanques ya que existen 70 tamaños diferentes de moldes.
- No se pierde tiempo en medir, cortar o clavar moldes hechos en obra o en curvar, apuntalar y bloquear la madera contrachapada.

- Menos material y mano de obra ya que no hace falta trancas de alineamiento horizontal ni vertical para los tanques encofrados a mano que midan menos de 3,04 m (10') de alto. En estos casos solamente se apuntala el interior cada 2,44 m (8').



Fig. 4.30 Muros curvos

4.8.2.4. Columnas

- El encofrar columnas con moldes Steel Ply es casi tres veces más rápido que el sistema de encofrados hechos en obra.
- Requiere menos mano de obra especializada ya que no es necesario medir, aserrar, perforar ni clavar madera.

- Los módulos manejados con grúa se colocan y desmoldan rápidamente con el exclusivo esquinero articulado y ménsula de alzamiento symons.
- Encofre cualquier columna, pie, pedestal o zapata de cimentación usando combinaciones de moldes, suplementos, moldes de columna ajustables, esquineros exteriores, esquineros interiores, esquineros de 45° o esquineros articulados.

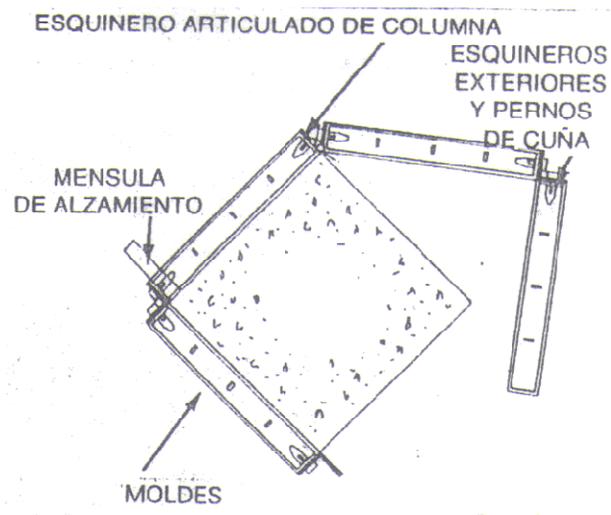


Fig. 4.31 Desmontaje de columna y partes



Fig. 4.32 Encofrado de Columnas

4.8.3. Partes y accesorios

El sistema posee

Moldes

- De 8' x 24", 8' x 22", 8' x 20", 8' x 18", 8' x 16", 8' x 14", 8' x 12", 8' x 10", 8' x 8", 8' x 6", 8' x 4", 8' x 2", 8' x 1"
- Son marcos metálicos con plywood fenólico que soportan hasta 150 usos.

Abrazaderas de Torniquete

- Es un accesorio para aplomar



Fig. 4.33 Abrazadera

Cuñas

- Accesorios sencillos que se utilizan para unir moldes



Fig. 4.33 Pernos de cuñas

Ménsula

- Para andamio del personal de trabajo.

Gancho Waler

- Elemento que soporta el tubo de alineamiento

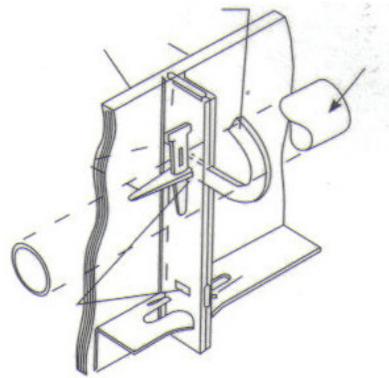


Fig. 4.34 Gancho Water

Esquineros de interior y exterior

- Accesorios utilizados en las esquinas de los elementos a construir.

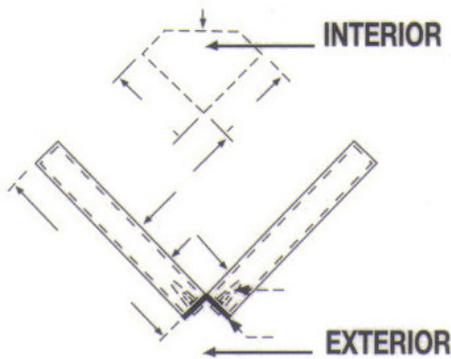


Fig. 4.35 Esquineros

4.9. Requerimientos Generales para Encofrado

- El diseño de encofrado deberá incluir detalles que señalen condiciones poco usuales como vigas pesadas, áreas abultadas, rampas y losas en voladizo, etc., tanto en planta como en elevación.

- Una copia del diseño de encofrado deberá estar disponible y usada en el lugar de trabajo en todo tiempo.
- El diseño de encofrado deberá ser preparado o aprobado por una persona calificada para analizar las cargas y esfuerzos que se suceden durante el proceso de construcción.
- El mínimo de diseño total de carga para cualquier encofrado de una estructura de vigas y losas no deberá ser menor de 500 kg por metro cuadrado, que incluye el peso combinado de la carga muerta y dinámica, cualquiera que sea el espesor de la losa; sin embargo, la mínima tolerancia para carga dinámica no deberá ser menor de 100 kg por metro cuadrado.
- Cuando vehículos motorizados (dumpers) son usados, el diseño deberá aumentar a 115 kg por metro cuadrado.
- La carga permisible deberá basarse en un factor de seguridad consistente con el tipo de encofrado usado.
- Los durmientes para puntales deberán ser sólidos, rígidos y capaces de soportar la máxima carga proyectada, sin que se deterioren o desplacen. La carga deberá aplicarse al durmiente de manera que no vaya a ocurrir el volcamiento de la torre.
- Cuando se apoye un encofrado sobre suelo, un ingeniero o persona capacitada deberá determinar si el suelo es adecuado para soportar las cargas que se aplicarán sobre él.

- Deberá tomarse precaución de que las condiciones del tiempo no reduzcan la capacidad de carga del suelo más allá del mínimo del diseño.
- Cuando se apoye un encofrado sobre relleno o haya ocurrido mucho movimiento de tierra, un ingeniero ó una persona idónea deberá supervisar la compactación o el reacondicionamiento de la tierra removida y determinar si el terreno es capaz de soportar las cargas que se impondrán.
- Cuando se trabaje sobre terreno blando o cualquier tipo de suelo en que haya huecos, deberá usarse un buen sistema de durmientes donde los puntales puedan concentrar la carga vertical excesiva.
- El encofrado junto con el equipo de apuntalamiento deberá ser diseñado adecuadamente, erigido, arriostrado y con el mantenimiento debido, a fin de que pueda soportar con seguridad las cargas verticales y laterales que pueden recibir, hasta que tales cargas puedan ser sostenidas por la estructura de hormigón.
- Cuando el almacenamiento temporal de acero de refuerzo, materiales o equipo tenga que hacerse sobre el encofrado, tiene que darse especial consideración a estas áreas, las cuales deberán reforzarse para soportar tales cargas.
- Todo equipo de encofrado deberá ser revisado por el contratista que hará la erección del mismo para determinar

antes de armarlo, si está conforme con el equipo recomendado en el diseño.

- El equipo en mal estado no deberá ser usado.
- El equipo instalado deberá ser revisado por el contratista antes, en y después del vaciado del hormigón hasta que este haya fraguado.
- Si fuera necesario cualquier cambio en el diseño debido a condiciones del terreno, la persona que lo realizó deberá ser consultada para la aprobación de esos cambios antes del vaciado del hormigón y del diseño deberá revisarse para indicar cualquier cambio aprobado.
- El contratista que arme el equipo deberá comprobar que todos los detalles del diseño se hayan cumplido.
- El encofrado terminado deberá ser la unidad o unidades homogéneas y deberán tener los arriostres necesarios para darle la estabilidad lateral y el contratista deberá comprobar que se ajusta a las especificaciones del diseño y los arriostres correctos.
- Todos los puntales o andamios deberán estar a plomo y a menos que se especifique en el diagrama, la máxima desviación de la vertical es de 0,0035 m por 1,00 m, pero nunca deberá exceder de 0,02 m por 10 m. si se excede de esta tolerancia, el equipo no debería usarse hasta no cumplir con el límite.

- Todo equipo instalado que en la inspección resulte dañado o debilitado, deberá cambiarse.
- Un equipo bajo carga no deberá removerse hasta que se reciba aprobación de un ingeniero.
- La remoción de un equipo bajo carga deberá planificarse a fin de que el equipo aún en uso no quede sobrecargado.
- Losas o vigas que necesiten reapuntarse deberán dejarse que lleguen a en su real deflexión permanente antes de que el reapuntamiento sea hecho.
- Mientras el reapuntamiento esté proceso, ninguna carga de construcción será permitida en el hormigón parcialmente curado.
- La carga permisible en una losa soportante nunca deberá excederse durante el reapuntamiento.
- El reapuntamiento deberá revisarse por el ingeniero o arquitecto a cargo de la obra para comprobar que esté correctamente hecho y que tiene capacidad de soportar la carga permisible en las áreas que están siendo reapuntadas.

4.10. Marcos de andamios tubular soldado

Los marcos tubulares de andamios usados para encofrados, tienen una carga permisible basada en pruebas hechas de conformidad

con procedimientos establecidos para pruebas de compresión de andamios y puntales de Scaffoldinc & Shoring Institute, o sus equivalentes.

- Diseño de encofrados usando marcos tubulares soldados deberán basarse en cargas permisibles obtenidas en los procedimientos de pruebas y por lo menos con un factor de seguridad de 2,5 a 1.
- Todo marco para encofrado deberá revisarse antes de armarlo por el contratista que usará el equipo.
- Los marcos de andamios y accesorios de encofrado no deben usarse si están excesivamente oxidados, doblados, dentados, resoldados en sitios que no sean los lugares originales usados por el fabricante o el cordón de soldadura este roto o tenga cualquier otro defecto.
- Todos los componentes deberán estar en excelentes condiciones de trabajo o en condiciones similares a las que originalmente tuvieron.
- Cuando se inspeccione los andamios erigidos en un encofrado, el espacio entre torre y espacio entre arriostres no deberá exceder al del diseño y todos los seguros deberán estar en posición correcta.

- Los puntos de apoyo en los cuales se sujetan los miembros es estabilidad externa deberán estar sujetos a las patas de los marcos de encofrado.
- Bases, cabezas, ménsulas de extensión, pernos de ajuste, deberán usarse arriba y debajo de la pata de cada torre.
- Todas las bases, cabezas, ménsulas de extensión o pernos de ajuste, deberán estar en firme contacto con los durmientes y/o material de cofre y deberán tener contacto completo con las patas del marco.
- No deberá haber diferencia entre el extremo inferior de un marco y el extremo superior del otro marco.
- Cualquier componente que no tenga correcto alineamiento o contacto con el componente al cual deba introducirse o sobre el cual se trate de unir, deberá ser desechado.
- Cuando se usen dos o más filas de andamios, deberán ser arriostradas con crucetas de conformidad con las recomendaciones hechas en el diseño.
- Deberá evitarse cargas excéntricas en la cabeza de miembros de encofrado.
- Precauciones especiales deben tomarse cuando el encofrado está en ángulo o inclinado, o cuando la superficie apuntalada este inclinada.
- Los pernos de ajuste no deberán moverse para levantar la obra falsa después de que el hormigón ha sido colocado.

- Ménsulas no deberán usarse para soportar cargas de encofrado.

4.11. Puntales

- Use las tablas de cargas de trabajo recomendadas por el fabricante de acuerdo a la altura de trabajo del puntal, tomada ésta de la base del puntal al encofrado de madera.
- Provea y manténgale al puntal una base sólida para que se distribuyan las cargas apropiadamente (se recomienda tablón de 1" x 6").
- Aplome todos los puntales conforme los vaya colocando. Verifique el plomo de los puntales inmediatamente antes del vaciado del hormigón.
- Verifique que todas las abrazaderas, pines, tornillos o cualquier otro componente utilizado con y de los puntales, estén debidamente ajustados en su correcta posición.
- Verifique que todas las bases y las cabezas de los puntales estén en contacto firme con la madera.
- Si se utiliza equipo motorizado para hormigón, verifique que todos los puntales estén bien colocados, espaciados y arriostrados debidamente.

- Para estabilidad, todos los puntales deberán tener arriostramiento adecuado en su dirección longitudinal, transversal diagonal.
- Todos los dispositivos que se utilicen para arriostramiento deberán estar apropiadamente asegurados a los puntales.
- Nunca se debe utilizar un puntal sobre otro. Cuando necesite alcanzar mayores alturas, consulte con su suplidor de equipo de encofrado.
- Ajuste los puntales para levantar el encofrado, no se deberá hacer después del vaciado del hormigón.
- Evite cargas excéntricas sobre las cabezas de los puntales.
- Tome precauciones especiales, cuando soporte desde o superficies inclinadas.
- El sistema de re-apuntalamiento deberá ser aprobado por un ingeniero competente.
- No desencofre ni retire los puntales del sitio hasta que no sea debidamente autorizado.
- Calcule las resistencias de la madera, utilizada tomando en consideración su edad, tipo y condiciones. Use solamente madera que esté en perfecto estado.

4.12. Fabricación local de puntales

- Todo puntal que se fabrica localmente para usarse en encofrado, deberá tener un promedio de carga de trabajo basado en las pruebas establecidas por Scaffold & Shoring Institute.
- El diseño y fabricación de puntales para encofrado deberá basarse en las cargas de trabajo de acuerdo a las pruebas antes establecidas por el instituto y por lo menos con un factor de seguridad de 3 a 1.
- Todo puntal fabricado localmente deberá ser revisado por el contratista antes de usarse.
- Todo puntal de fabricación local, no deberá usarse si está excesivamente oxidado, curvo, dentado, resoldado en otro punto de la soldadura original, tiene cordón de soldadura roto o está estructuralmente dañada.
- Rosca de ajuste, pin o cualquier otro componente deberán estar en perfecto estado.

4.13. Vigas y puntales.

- Las vigas para encofrado horizontal deben soportar cargas permisibles basadas en pruebas hechas para cargas de uso horizontal establecidas por el Scaffold & Shoring Institute.
- El diseño de encofrado con elementos de uso horizontal deberá basarse en las cargas permisibles establecidas en

las pruebas y por lo menos con un factor de seguridad de 2 a 1.

- Todas las viguetas deberán ser inspeccionadas por el contratista antes de usarlas.
- La erección del encofrado horizontal deberá inspeccionarse para estar seguros que la luz, espaciamiento, el tipo de viguetas está conforme con la altura y espaciamiento de los soportes verticales de diseño.
- Soporte adecuado deberá mantenerse para distribuir en forma apropiada la carga cuando las viguetas se apoyan en:
 - a. Paredes de mampostería, éstas deberán tener la resistencia debida. Arriostrar la pared si fuera necesario.
 - b. Travesaños sostenidos por paredes, usando pernos o cualquier otro medio deberán ser apropiadamente instalados por el proveedor o el ingeniero a cargo del trabajo.
 - c. El trabajo del cofre o molde deberán diseñarse para la carga adicional que se impondrá a las viguetas.
- Precaución en diseño e instalación de viguetas:
 - a. Cuando trabajen inclinadas o sobre travesaños inclinados.
 - b. Cuando la relación alto/anchura del travesaño de madera exceda el 2,5 a 1. Bajo ninguna circunstancia deberá apoyarse viguetas en madera de 5 x 5 cm.

- c. Cuando existan cargas excéntricas.
- d. Cuando los travesaños sean de múltiples medidas, por ejemplo: 5 x 15 cm, 5 x 8 cm, etc.
- Los soportes finales de las viguetas deben estar completamente asegurados antes de poner cualquier carga sobre ellos.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego del presente trabajo

5.1. Conclusiones

- La invención de los encofrados, ha hecho que el uso del hormigón sea ilimitado, pues en la actualidad podemos realizar diversas formas de molduras y elementos, por las ventajas que nos ofrecen los materiales, especialmente la madera.

- Los encofrados son estructuras provisionales que pueden estar fabricado de un material que permita moldear y dar soporte al elemento estructural hasta que este alcance la resistencia necesaria para soportar su peso propio.
- Otro factor importante es la economía, ya que el costo de los encofrados es aproximadamente entre el 25% y 40% del costo total de la estructura.
- Por otra parte, es evidente que el número de usos es un factor decisivo al momento de seleccionar el tipo de encofrado a utilizar según los requerimientos de la obra, para evitar el encarecimiento de la misma.
- El plazo de retirada de los fondos y el apuntalamiento, depende de la evolución del endurecimiento del hormigón y por consiguiente, del tipo de cemento y de la temperatura ambiente.
- Los encofrados tanto para las personas, como para el concreto, deben soportar las cargas vivas y muertas, sin que se produzcan deformaciones o el colapso.

5.2. Recomendaciones

- Se debe de tener en cuenta la cantidad de usos de un encofrado, especialmente si el encofrado es de madera, debido a que después aproximadamente tres usos, este material tiende a deformarse.
- Los encofrados antes de ser reutilizados deben de limpiarse con cepillo de alambre para retirar el mortero así también el polvo, retazos de tela, o hielo.
- Debe de humedecerse los encofrados para que no absorba el agua de la mezcla o aplicarse productos a base de aceites vegetales o minerales, puros o con el 2% de agentes emulsionaste que ayuden a desmoldar o desencofrar.
- En encofrados metálicos se debe de utilizar aceites a base de parafina, o mezclas de aceite de petróleo; mientras que en los encofrados de plástico deben tratarse con materiales específicos para ese material

BIBLIOGRAFIA

- Construcción Hormigonera. Fernando Cassinello Pérez. Editorial Rueda. Madrid 1996
- Construcción de Estructuras de Hormigón Armado. Eduardo Medina Sánchez. 2º Edición. DELTA Publicaciones.
- Encofrados, Cálculos y aplicaciones en edificación y obra civiles. Editores Técnicos Asociados. Barcelona – España.
- Hormigones. F. Arrendondo. Madrid – España. 1959
- Material teórico proporcionado por INTACO. Ecuador
- Información de páginas de Internet.
- Hormigón Armado. Alfredo Páez. Editorial Reverte S.A. Barcelona – España. 1986