



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

" LAS CONSTRUCCIONES AUXILIARES Y SU APLICACION  
DENTRO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO "

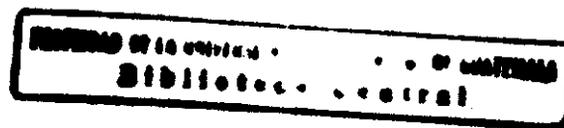
TESIS  
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

POR:

ANA MARIA DE MERCEDES GOMEZ ALVARADO

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE  
ARQUITECTO

GUATEMALA, JUNIO DE 1993



**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
ARQUITECTURA**

**DECANO:** ARQ. FRANCISCO CHAVARRIA SMEATON  
**VOCAL PRIMERO:** ARQ. MARCO ANTONIO RIVERA MENDOZA  
**VOCAL SEGUNDO:** ARQ. MIGUEL ANGEL ZEA SANDOVAL  
**VOCAL TERCERO:** ARQ. SIVIA, EVANGELINA MORALES CASTAÑEDA  
**VOCAL CUARTO:** BR. ESTUARDO WONG GONZALEZ  
**VOCAL QUINTO:** BR. IRAYDA RUIZ BODE  
**SECRETARIO:** ARQ. SERGIO ENRIQUE VELIZ RIZZO

**TRIBUNAL EXAMINADOR**

**DECANO:** ARQ. FRANCISCO CHAVARRIA SMEATON  
**EXAMINADOR:** ING. VICENTE AUGUSTO MAZARIEGOS RODRIGUEZ  
**EXAMINADOR:** ARQ. ERNESTO VINICIO GONZALEZ BATHEN  
**EXAMINADOR:** ARQ. FREDY ROBERTO MENA BOLANOS  
**SECRETARIO:** ARQ. SERGIO ENRIQUE VELIZ RIZZO

**ASESOR ARQ. JOSE LUIS GANDARA G.**



DL  
02  
T(565)

## TRABAJO QUE DEDICO

A DIOS, MI PADRE TIERNO Y AMOROSO.  
A LA VIRGEN MARIA, MI MADRE CELESTIAL.

- " TE HE LLAMADO POR TU NOMBRE,  
TU ME PERTENECES.  
YO TE HE LLEVADO DE LA MANO...  
Isaias 43, 1  
45, 1
- " YO IRE DELANTE DE TI Y APLANARE LAS  
PENDIENTES...  
Isaias 45, 2
- " ENSEÑAME, SEÑOR, EL BUEN CAMINO,  
GUIAME SIEMPRE POR SENDERO PLANO...  
Salmo 27, 11
- " MI DESTINO ESTA EN TU MANO...  
Salmo 31, 16
- " DOY GRACIAS AL SEÑOR, PORQUE ES ETERNA  
SU MISERICORDIA...  
Salmo 117
- ! BENDITO SEA DIOS,  
QUE NO PUSO MIS SUPPLICAS APARTE,  
NI ME NEGÓ SU AMOR !  
Salmo 66, 20

Ana Maria

**A mis padres:**

Hilda Amparo Alvarado Coronado de Gómez  
Juan Esteban Gómez Marroquín

**A la memoria de mis abuelitos:**

Jesús María Alvarado Velásquez  
María Antonia Coronado Gatica de Alvarado  
Juan Gómez Arriola  
María Marroquín Guzmán de Gómez  
Mercedes Arias Solórzano

**A mis hermanos:**

Susana Patricia y Oscar Gilberto Paiz Ramírez  
Jaime Mario y María Laura Ramos de Gómez  
Roxana Haydée

**A mis sobrinos:**

Juancarlos, Gilberto José y  
Bárbara Patricia Paiz Gómez  
Juan Fernando, Laura Pamela y  
Claudia María Gómez Ramos

**Al Arquitecto:**

Claudio Rutilio Villatoro Sánchez

**A mi amiga y hermana:**

Hna. Juana María Mansilla Samuy

**A mi amiga:**

Hna. Gloria Esperanza León López

**A mi familia y amigos.**

**A mi:**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

## AGRADECIMIENTO

A mi madre: por su amor, apoyo, confianza y estímulo.

A mi hermana Roxana: por su amor, apoyo y estímulo.

**Al Arquitecto:**

José Luis Gándara G.

Por su confianza, apoyo y estímulo, en el desarrollo de este trabajo.

**Al Ingeniero:**

Marco Antonio Santizo Ruiz

Por su apoyo, confianza y estímulo.

**A mi amiga:**

Hna. Martha Lucía Godoy Dárdano

Por su confianza y estímulo.

**A los Ingenieros:**

Federico Shell

Sergio Mendizábal

Hugo Barrientos

Por su colaboración.

**A mis amigos y futuros Arquitectos:**

Juan Ramón Rodas Marroquín

Carlos Fernando Matul

Lorena Recinos Marroquín



## INTRODUCCION

En la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el pensum de estudios está integrado por cursos técnicos, científicos y humanísticos. Entre los primeros, se encuentra la Unidad de Tecnología de la Construcción, a través de la cual se alcanzan los conocimientos fundamentales para la ejecución de un proyecto.

Los conceptos adquiridos en la rama de la construcción, motivaron la práctica de la arquitectura de manera personal, y originaron el tema a desarrollar.

El presente trabajo pretende ofrecer un documento sencillo a nivel gráfico y práctico, que viene a llenar un vacío, ya que no se cuenta con información similar sobre la experiencia guatemalteca.

Este trabajo comprende la investigación, y, al mismo tiempo, propone posibilidades de solución en los diferentes medios auxiliares, imprescindibles, que existen dentro del proceso de construcción, en donde se hace énfasis en los materiales y sistemas constructivos utilizados en Guatemala.

Los elementos que se presentan como medios o construcciones auxiliares, son:

- a. Puntales
- b. Andamios
- c. Encofrados
- d. Cimbras
- e. Entibaciones
- f. Apuntalamientos

Este trabajo se basó en la investigación, la consulta de bibliografía, y observación de campo.

Entre los distintos materiales utilizados en Guatemala, se observó que la madera sigue siendo el material de mayor uso en cualquiera de los medios auxiliares, por su fácil adquisición y trabajabilidad.

Así mismo, se observó el grado de avance tecnológico dentro de los diferentes sistemas constructivos y las construcciones auxiliares.

De la variedad de apuntalamientos que se aplican en la construcción, reconstrucción y restauración, sólo se pudieron observar algunos casos, lo que limitó la información.

Para definir la observación de campo, se tomaron en cuenta tres as  
pectos importantes:

- Edificios y proyectos grandes
- Vivienda horizontal y vertical
- Experiencia personal

Debido a que el campo y auge de la construcción en Guatemala son muy grandes, no se podían cubrir todos los proyectos, por esa ra  
zón, se seleccionaron algunos de los más importantes al criterio de la investigadora.

Se tomaron en cuenta las experiencias personales no sólo de la au  
tora, sino de la extraída por consultas a expertos en la materia. Entre ellos arquitectos, ingenieros y maestros de obra.

Para que los diseños que ilustran la información contaran con di  
mensiones reales, basados en diseños y cálculos previos realizados especialmente por ingenieros, se hicieron levantamientos en obra de cada sistema constructivo y las construcciones auxiliares, espe  
cificando materiales, dimensiones y cotas.

Las dimensiones se obtuvieron midiendo pieza por pieza. Las cotas fueron logradas midiendo el largo, el ancho y la altura de los sis  
temas constructivos y las construcciones auxiliares.

Además se tomaron algunas fotografías para varios propósitos. Fun  
damentalmente, para comparar la exactitud visual del levantamiento. Estas fotografías no aparecen en el informe final. Luego, otras se emplearon junto al texto con el objeto de ilustrar un detalle constructivo o un detalle de obra falsa.

Se abriga la esperanza de que este trabajo inculque, al lector, la importancia que encierran, como formación integral del arquitecto y del constructor, las construcciones auxiliares, la elección de las diferentes posibilidades de aplicación y la elección de las más adecuadas. Y, para facilitarle la lectura e interpretación de la información ofrecida, muchos términos de la bibliografía, fue  
ron traducidos a la jerga que emplea el obrero guatemalteco.

## JUSTIFICACION

En nuestro país, la construcción ocupa un lugar de plural importancia dentro del desarrollo económico, porque genera entre otros, mano de obra para muchos trabajadores en sus diferentes especialidades, y sin ella, no podría realizarse ningún proyecto arquitectónico. Dentro de la construcción, son importantes las construcciones auxiliares como puntales, andamios, encofrados, cimbras, entibaciones y apuntalamientos.

Las construcciones auxiliares son vitales dentro de la ejecución de un proyecto arquitectónico. Deberán tomarse en cuenta los materiales utilizados en el sistema constructivo y su aplicación dentro del mismo proceso. En la actualidad, como consecuencia de la crisis económica que vive Guatemala, crisis que no sólo afecta a las necesidades básicas, sino que en nuestro caso, la construcción que se ha vuelto en algunas ocasiones, inaccesible por el alto y variable costo de los materiales de construcción y por el incremento de los salarios de la mano de obra. Por estas razones, se debe recurrir, sin olvidar las especificaciones y el control de calidad a los sistemas más conveniente, adecuados y económicos.

Por lo anterior, y por la escasa información bibliográfica existente sobre estos temas, -porque no se consigue un libro que reúna los seis temas fundamentales del contenido de este trabajo-, me motivé por realizar un documento que sirva de apoyo consultivo. No se pretende enfocar el tema en su totalidad o realizar un texto extenso, sino una guía basada en investigaciones de carácter bibliográfico, observaciones en obras y experiencias de campo dentro de la práctica de la construcción.

En la mayoría de los casos, en materia de construcción, hay preocupación y se pone el mayor interés en el uso de los materiales de construcción, en el control de calidad, en los sistemas constructivos, en el cálculo estructural, en las instalaciones, en la calidad de mano de obra, y en que el proyecto llegue a su terminación. Pero el planificador no debe olvidar las construcciones auxiliares tales como puntales, andamios, encofrados, cimbras, entibaciones y apuntalamientos, que no por ser auxiliares dejan de ser importantes, ya que son medios imprescindibles dentro de la ejecución de un proyecto arquitectónico y deben preverse desde la planificación en gabinete.

La formación de un arquitecto requiere del conocimiento de carácter técnico, práctico-constructivo.

Esta formación es preciso realizarla en aspectos importantes como la obra falsa dentro de la construcción, que incide en el rápido y buen desarrollo de la obra. Así mismo, tomar en cuenta que estas construcciones auxiliares, deben proporcionar mayor seguridad al

obrero, al supervisor y al público en general.

En el presente trabajo se intenta investigar en forma general, qué materiales y qué sistemas se utilizan en las construcciones, al igual que, proponer los más adecuados técnicamente, con el objeto de crear bases firmes para el criterio de selección de los mismos. Adicionalmente, se constituirá en un documento de apoyo consultivo para encausar, al interesado, en la aplicación del conocimiento técnico, práctico-constructivo.

En consecuencia con lo expuesto, se considera que el conocimiento acerca de las construcciones auxiliares u obra falsa, es indispensable para arquitectos, ingenieros, constructores, estudiantes y todas aquellas personas cuyos intereses se adecuen al tema. Por tal razón, la información ofrecida a través de esta investigación puede aprovecharse ampliamente como implementación de las asignaturas del área técnica.

## METODOLOGIA

Este trabajo sigue el proceso que atraviesa la observación, la experimentación, entrevistas a profesionales de la arquitectura, visitas a Instituciones que se dedican a la construcción y la consulta de documentos y bibliografía especializada en el tema.

Se desarrollan por capítulos los temas que, por su contenido, se consideran más significativos y que se ajustan a las necesidades de Guatemala.

Para la representación del trabajo, se eligió el sistema de expresión gráfica como ayuda visual, clara y sencilla; y porque se considera que con ella, se logra mejor comunicación y fácil comprensión.

Los dibujos, para mantener el concepto constructivo y funcional, se complementan con sus respectivas anotaciones técnicas.

Como respaldo a este trabajo, se utilizan fotografías de detalles específicos, tomados directamente de obras en construcción.

## DELIMITACION DEL TEMA

El presente trabajo, se limita a la investigación y análisis de los materiales y sistemas constructivos de los puntales, andamios, encofrados, cimbras, entibaciones y apuntalamientos utilizados y aplicados en diversos proyectos, con el objeto de que sea un instrumento de fácil comprensión y manejo.

## OBJETIVOS

### Generales

- A. Hacer conciencia en el estudiante de arquitectura, en el profesional y en toda persona que de alguna manera esté interesada en el tema, para que, dentro del ejercicio de su profesión, tome en consideración estos aspectos importantes dentro de la ejecución de un proyecto.

### Específicos

- A. Que este trabajo constituya un documento de apoyo sencillo, práctico e ilustrado, que proporcione información clara al profesional de la arquitectura, y que pueda utilizarse en la planificación de un proyecto arquitectónico.
- B. Que este material bibliográfico, sea empleado como apoyo dentro de los programas regulares del área técnica de la Facultad de Arquitectura.



# C O N T E N I D O

## ASPECTOS GENERALES

Página

INTRODUCCION  
JUSTIFICACION  
METODOLOGIA  
DELIMITACION DEL TEMA  
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS

## CAPITULO No. 1 - ANTECEDENTES

1.1 RESEÑA HISTORICA 1

## CAPITULO No. 2 - MATERIALES

2.1 GENERALIDADES 7  
2.2 CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES AUXILIARES  
POR SU USO 8  
2.3 CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES AUXILIARES  
POR EL MATERIAL MAS UTILIZADO 9  
2.4 CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES AUXILIARES  
POR OTROS MATERIALES 10  
2.5 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES 11  
    2.5.1 MADERA 11  
    2.5.2 ACERO 15

## CAPITULO No. 3 - PUNTALES

3.1 GENERALIDADES 19  
3.2 MATERIALES 26  
    3.2.1 PUNTALES DE MADERA 26  
    3.2.2 PUNTALES DE MADERA DOBLES 28  
    3.2.3 PUNTALES PREFABRICADOS 29  
    3.2.4 APLICACION DE LOS PUNTALES 33

## CAPITULO No. 4 - ANDAMIOS

4.1 GENERALIDADES	49
4.2 AUXILIARES DE LOS ANDAMIOS	50
4.2.1 GRUAS	51
4.2.2 MONTACARGAS	52
4.2.3 TORNOS	53
4.2.4 GATOS	53
4.2.5 POLEAS	53
4.2.6 PESCANTE	54
4.2.7 CABLES	54
4.2.8 CUERDAS	54
4.2.9 CADENAS	54
4.3 CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS ANDAMIOS	55
4.4 ANDAMIOS	55
4.5 ANDAMIOS DE MADERA	55
4.5.1 CONDICIONES DE RESISTENCIA	55
4.5.2 CLASES DE MADERA UTILIZADAS EN LOS ANDAMIOS	57
4.5.3 ESTABILIDAD Y RIGIDEZ	57
4.5.4 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN ANDAMIO	58
4.6 VARIEDAD DE ANDAMIOS DE MADERA	59
4.6.1 ANDAMIOS ORDINARIOS	59
4.6.1.1 ANDAMIO DE BURROS	59
4.6.1.2 ANDAMIO DE ALMAS	62
4.6.1.3 ANDAMIO DE PUENTE VOLADO Y ALGUNAS VARIEDADES	67
4.6.1.4 ANDAMIO DE PARALES	75
4.6.1.5 ANDAMIO DE PALOMILLAS	76
4.6.2 OTRAS VARIEDADES DE ANDAMIOS	78
4.6.2.1 ANDAMIO DE TORNAPUNTAS	78
4.6.2.2 ANDAMIO PARA REPARACION Y MANTENIMIENTO DE CANALES	84
4.6.2.3 ANDAMIO PARA SUBIR MATERIALES	84
4.6.2.4 ANDAMIO SOBRE CUPULAS	85
4.6.2.5 ANDAMIO SUSPENDIDO	85
4.6.2.6 ANDAMIO UTILIZADO DESDE LA EPOCA DE LA COLONIA	86

4.6.3	ANDAMIOS ENSAMBLADOS	89
4.6.3.1	ANDAMIO DE TORNAPUNTAS	90
4.6.3.2	ANDAMIO DE ALMAS	90
4.6.3.3	ANDAMIO DE BASCULA	90
4.7	RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE ANDAMIOS DE MADERA	91
4.7.1	EMPALMES	94
4.8	ANDAMIOS METALICOS	95
4.8.1	GENERALIDADES	95
4.8.2	ALGUNAS VENTAJAS DE LOS ANDAMIOS METALICOS	95
4.8.3	ALGUNOS SISTEMAS DE UNION PARA LOS ANDAMIOS METALICOS	96
4.8.4	VARIEDAD DE ANDAMIOS METALICOS, ALGUNAS APLICACIONES Y CONSIDERACIONES	98
4.8.5	NORMAS DE SEGURIDAD PARA LA UTILIZACION DE ANDAMIOS METALICOS	104
 <b>CAPITULO No. 5 - ENCOFRADOS</b>		
5.1	GENERALIDADES	107
5.2	MATERIALES	107
5.3	SISTEMAS DE ENCOFRADOS	112
5.3.1	ENCOFRADOS PARA ZAPATAS Y CIMENTACIONES	112
5.3.1.1	ENCOFRADO DE TIERRA PARA CIMIENTO CORRIDO	112
5.3.1.2	ENCOFRADO DE MUROS DE CIMENTACION	113
5.3.1.3	ENCOFRADO DE MADERA PARA ZAPATA AISLADA	114
5.3.1.4	ENCOFRADO DE MADERA PARA ZAPATA ESCALONADA	115
5.3.1.5	ENCOFRADO DE MADERA PARA ZAPATA CON PARAMENTOS INCLINADOS	116
5.3.1.6	ALGUNAS VARIANTES DE ENCOFRADOS	117
5.3.2	ENCOFRADOS PARA COLUMNAS	123
5.3.2.1	ENCOFRADOS DE MADERA PARA COLUMNAS CUADRADAS Y ALGUNAS VARIEDADES	123
5.3.2.2	ENCOFRADO DE METAL Y MADERA TIPO SYMONS PARA COLUMNA	129
5.3.2.3	ENCOFRADO DE METAL Y MADERA TIPO ACROW PARA COLUMNA	133

5.3.2.4	ENCOFRADO DE METAL TIPO COSTANERA PARA COLUMNA	134
5.3.2.5	ENCOFRADOS DE METAL PARA COLUMNA INTERMEDIA	138
5.3.2.6	ENCOFRADO DE MADERA PARA COLUMNA CIRCULAR	139
5.3.2.7	ENCOFRADO DE METAL PARA COLUMNA CIRCULAR	142
5.3.2.8	ENCOFRADOS DE MADERA PARA COLUMNAS	143
5.3.2.9	CADENAS	147
5.3.3	ENCOFRADOS PARA MUROS	150
5.3.3.1	ENCOFRADOS DE MADERA PARA UN MURO DE CONCRETO	151
5.3.3.2	ENCOFRADO DE MADERA DE UN MURO CON PARAMENTOS INCLINADOS	155
5.3.3.3	ENCOFRADOS DE MADERA PARA MUROS EN ESQUINA O CON SALIENTE	157
5.3.3.4	ENCOFRADOS PARA MUROS DE CONCRETO TIPO CON-TECH	158
5.3.3.5	ENCOFRADO DE METAL Y MADERA TERCIA- DA, CON EL SISTEMA ACROW U-FORM PARA MUROS	162
5.3.3.6	ENCOFRADO DE METAL Y MADERA PARA MUROS RECTOS	163
5.3.3.7	ALGUNAS CONSIDERACIONES	165
5.3.4	ENCOFRADOS PARA VIGAS	168
5.3.4.1	ENCOFRADOS DE MADERA PARA VIGAS	168
5.3.4.2	ENCOFRADO DE MADERA Y FIBRA DE VIDRIO PARA VIGAS	175
5.3.4.3	ENCOFRADO DE METAL Y MADERA CON EL SISTEMA ACROW U-FORM PARA VIGAS	176
5.3.4.4	TORNAPUNTAS	178
5.3.5	ENCOFRADO PARA LOSAS DE CONCRETO	180
5.3.5.1	ENCOFRADO DE MADERA PARA LOSAS	180
5.3.5.2	ENCOFRADO DE METAL PARA LOSAS	185
5.3.5.3	ENCOFRADO DE PLASTICO PARA LOSAS	189
5.3.5.4	ENCOFRADO DE FIBRA PARA LOSAS	189
5.3.5.5	ENCOFRADO DE CHAPA ONDULADA PARA LOSAS	190
5.3.5.6	ENCOFRADO DE MADERA Y METAL PARA LOSAS	191
5.3.6.7	ENCOFRADO DE MOLDES CELULARES METALICOS	192

5.3.5.8 ENCOFRADO DE ALUMINIO CON EL SISTEMA CON-TECH PARA LOSAS	193
5.3.6 SEGURIDAD DURANTE EL ENCOFRADO	195
5.3.6.1 LOS CAUSADOS POR UN DISEÑO EQUIVOCADO	195
5.3.6.2 LOS CAUSADOS POR UNA CONSTRUCCION DEBIL Y POR MAL USO DE LOS MATERIALES	195
5.3.6.3 LOS CAUSADOS POR FACTORES IMPREVISTOS	
5.3.6.4 LOS CAUSADOS POR UNA DEFICIENTE MANO DE OBRA	196
5.3.6.5 RESPONSABILIDADES Y DERECHOS DEL EJECUTOR	197
5.3.6.6 CONSTRUCCION DEL ENCOFRADO	197
5.3.6.7 RESPONSABILIDADES DEL DISEÑADOR DE ENCOFRADOS	197
5.3.6.8 RESPONSABILIDADES DEL SUPERVISOR	197
5.3.6.9 ALGUNAS CAUSAS CONOCIDAS QUE PROVOCAN ACCIDENTES	198
 <b>CAPITULO No. 6 - CIMBRAS</b>	
6.1 GENERALIDADES	201
6.2 CIMBRAS	203
6.3 VARIEDAD DE CIMBRAS	214
 <b>CAPITULO No. 7 - ENTIBACIONES</b>	
7.1 GENERALIDADES	225
7.1.1 ALGUNAS CONSIDERACIONES	225
7.2 MATERIALES PARA ENTIBAR	237
7.2.1 MADERA	237
7.2.2 HIERRO	237
7.2.3 LADRILLO	237
7.2.4 CONCRETO	237
7.2.5 CONCRETO REFORZADO	237
7.2.6 PIEDRA	237
7.3 SISTEMAS DE ENTIBACION	238

7.3.1	ENTABLADOS	238
7.3.2	PAREDES DE VIGAS Y TABLONES	238
7.3.3	TABLESTACADOS	240
7.4	CLASIFICACION DE LAS ENTIBACIONES	241
7.4.1	ENTIBACION EN TRINCHERAS	241
7.4.2	ENTIBACION EN CIMIENTOS Y ZANJAS	245
7.4.3	ENTIBACION EN TERRAPLENES	250
7.4.4	ENTIBACION A CIELO ABIERTO	253
7.4.5	ENTIBACION DE FRENTES Y LABORES DE MINAS	254
7.4.6	ENTIBACION DE GALERIAS	255
	7.4.6.1 ENTIBACION DE MADERA	255
	7.4.6.2 ENTIBACION METALICA	257
7.4.7	ENTIBACION DE POZOS	257
	7.4.7.1 POZOS DE CIMENTACION	257
	7.4.7.2 ENTIBACION DE POZO CIRCULAR	258
	7.4.7.2.1 ENTIBACION DE MADERA Y HIERRO PARA POZO CIRCULAR	258
	7.4.7.2.2 ENTIBACION DE CONCRETO PA- RA POZO CIRCULAR	259
	7.4.7.2.3 ENTIBACION DE CONCRETO REFORZADO PARA POZO CIRCULAR	260
	7.4.7.2.4 ENTIBACION DE LADRILLO TAYUYO PARA POZO CIRCULAR	261
	7.4.7.3 ENTIBACION DE MADERA PARA POZO CUADRADO O RECTANGULAR	267
7.5	METODOS DE ENTIBACION	268
7.5.1	METODOS DE ENTIBACION EN TUNELES Y MINAS	268
	7.5.1.1 METODO BELGA	268
	7.5.1.2 METODO INGLES	269
	7.5.1.3 METODO AUSTRIACO PRIMITIVO	270
7.6	CONSOLIDACION DEL TERRENO	271

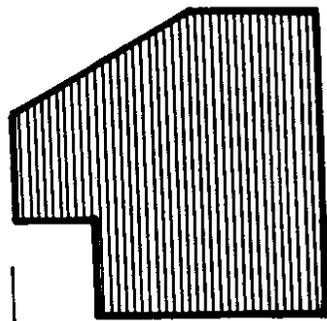
## **CAPITULO No. 8 - APUNTALAMIENTOS**

8.1 GENERALIDADES	287
8.2 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN APUNTALAMIENTO	288
8.3 ALGUNAS CLASES DE APUNTALAMIENTOS	289
8.3.1 APUNTALAMIENTO DE MUROS	289
8.3.1.1 OTROS APUNTALAMIENTOS DE MUROS	291
8.3.2 APUNTALAMIENTO DE TECHOS	294
8.3.3 APUNTALAMIENTOS DE DESLIZAMIENTOS	297
8.3.4 APUNTALAMIENTOS APLICADOS EN RESTAURACION	301
8.3.5 OTROS APUNTALAMIENTOS	306

## **CAPITULO No. 9 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- CONCLUSIONES GENERALES	313
- CONCLUSIONES SOBRE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	314
- RECOMENDACIONES	315

<b>GLOSARIO</b>	316
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	327
<b>OBSERVACION DE CAMPO</b>	331



# **Antecedentes**

## 1. RESEÑA HISTORICA

### Historia de la Construcción

Los progresos de la civilización dependen de la creación y mantenimiento de las condiciones adecuadas a la vida sedentaria del hombre; por eso la actividad de construir ha constituido siempre parte importante del esfuerzo productivo del ser humano de todos los tiempos. Las antiguas civilizaciones como la egipcia y la babilónica ya conocían las técnicas de la carpintería, albañilería, revocado, etc. Los templos griegos, las calzadas, vías, acueductos, templos y coliseos romanos, las pirámides egipcias, la Gran Muralla China, los templos y toda la arquitectura maya, son representantes de la actividad constructora. En Occidente, edificios y técnicas de edificación se vieron afectadas por un retroceso desde la caída del Imperio Romano hasta el Siglo X. Luego los hombres de la Epoca Medieval orientaron sus esfuerzos hacia la construcción de catedrales, que exigía mucha organización, trabajadores especializados, la creación de nuevas técnicas, acarreo de materiales y mucha mano de obra. Todo edificio occidental de alguna importancia utilizó la piedra como materia prima.

El albañil de mayor categoría, conocido como el maestro, tenía las mismas atribuciones que un moderno arquitecto y desempeñaba el mismo trabajo: diseñaba, dirigía la construcción, y coordinaba el trabajo de las diversas especialidades que intervenían en la ejecución del edificio. El acarreo de materiales insidía directamente en el costo de la obra. En la Epoca Moderna, la actividad constructora que estaba orientada hacia la construcción de edificios eclesiásticos, se dedicó a construir residencias para la nobleza. Factores que estimularon esta industria, fueron el aumento de la población que dio origen a las ciudades y la industrialización. Los canales y carreteras que el transporte exigía, fueron incrementándose y después del año 1760, la Revolución Industrial, la impulsó definitivamente, transformando y multiplicando la industria constructora. Aparecieron las empresas inmobiliarias y el contratista, que es una figura importante dentro de todo trabajo de construcción.

1920 fue un año sin precedentes en la Historia de la Construcción Norteamericana. Durante la década comprendida entre 1920-1930, se construyó la mayoría de los rascacielos que actualmente son símbolo de los Estados Unidos. (I) Con la Posguerra aparecieron muchas innovaciones en materiales y técnicas constructivas. Las clásicas fachadas de piedra o ladrillo, son reemplazadas por las de vidrio, acero inoxidable, aluminio, metales esmaltados, etc. La maquinaria para desmontar terreno, fundir carreteras, instalar tuberías, etc. es de uso corriente.

---

I "Historia". Gran enciclopedia del mundo, p. 718

Muchos constructores, especialmente los de vivienda, han recurrido a la utilización de piezas prefabricadas con el objeto de reducir costos en tiempo y mano de obra.

### La Industria de la Construcción

La actividad humana relacionada con la edificación, puede clasificarse en dos grupos: industria de la edificación arquitectónica y obra civil. (II) La arquitectónica comprende la construcción de viviendas, edificios escolares y comerciales, hospitales, iglesias reparaciones y remodelaciones, etc. La obra civil abarca las construcciones de mayor tamaño, como los embalses, líneas de transmisión eléctrica, autopistas, puentes, servicio de alcantarillado, fábricas, diques, trabajos de desmonte, etc.

Como el progreso económico depende de las inversiones de capital, el índice de actividad en la construcción ocupa un papel muy importante en el desarrollo y economía de un país. Existe un gran número de industrias que dependen directamente de la construcción, como las de madera, cemento, asbesto, arcilla, piedra, acero, cal, granito, vidrio, tuberías de PVC y hierro galvanizado, pintura, ferreterías de materiales de construcción y eléctricos. Sin embargo estas industrias también encuentran mercado entre otros sectores económicos.

### Oficios de la Construcción

Este ramo ocupa en todos los países, un lugar importantísimo por la cantidad de personas que absorbe. Así, existen un sin número de especialidades tan importantes como los albañiles, armadores, plomeros, herreros, pintores, electricistas, piseros, carpinteros azulejeros, etc. La mayoría de trabajadores de la construcción están al servicio de profesionales, empresas, contratistas o patronos. Entre las ventajas más importantes de estos oficios se encuentran: salario a destajo, salario-hora extra, oportunidad de empleo en diferentes zonas, mayor independencia en relación a otras ocupaciones, oportunidad de perfeccionar su especialidad y posibilidad de independizarse. Entre sus desventajas están: desempleo periódico, pérdida de trabajo por las inclemencias del tiempo, pérdida de trabajo por factores económicos y en ocasiones hasta expuestos a accidentes.

El método de aprendizaje para casi todas las especialidades de la construcción consiste en la práctica, cuyo período de tiempo es no menos de cuatro años, durante el cual se es ayudante o aprendiz.

## Arquitectura

La arquitectura es un arte que tiende a alcanzar la perfección estética, para satisfacer necesidades humanas de habitación, utilizando relaciones espaciales armónicas, formas abstractas, diversidad de texturas, ornamentación y colorido. (III) Para lograr el efecto deseado, conjuga los principios científicos de ingeniería y los recursos materiales. La arquitectura debe tomar en cuenta también las limitaciones físicas que le impone el lugar, el capital disponible y la Legislación, que deberán relacionarse con las exigencias estéticas de la estructura.

El arquitecto se ocupa principalmente de organizar el espacio de distribuir el edificio para lograr los fines que persigue y plasmar la belleza a toda la estructura.

El contratista se dedica especialmente a la construcción segura y eficaz. Ambos deben estar preparados para su especial tarea.

## Generalidades

Una enciclopedia de la construcción para estar completa, debe prestar la debida atención a las construcciones auxiliares que se consideran, dentro de la construcción, como obra falsa y provisional. Sin ellas no se puede ejecutar ningún proyecto. Entre las más importantes y sobre las que se realiza esta investigación, se encuentran los puntales, andamios, encofrados, cimbras, entibaciones y apuntalamientos.

Cada una de estas estructuras está compuesta por diversos elementos -verticales, horizontales, diagonales y curvos- que unidos entre sí, forman una estructura especial con características propias que funcionan de diferente manera para cada caso en particular.

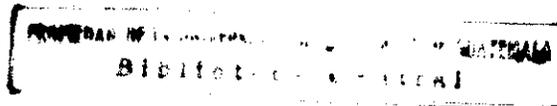
Los puntales funcionan como soportes verticales; los andamios, como estructuras provisionales que sirven para ejecutar trabajos de construcción y reconstrucción a diferentes alturas; los encofrados son moldes para elementos de concreto; las cimbras son estructuras provisionales que sostienen arcos y bóvedas; las entibaciones evitan los desmoronamientos en trabajos de excavación; y los apuntalamientos se colocan en forma inclinada para apoyar y sostener.

Toda esta obra falsa se puede construir con diferentes materiales y, dependiendo de su aplicación, se diseña una solución determinada.

En Guatemala, los materiales más utilizados son, la madera y el acero. Es la madera el material más común por sus muchos y variados usos dentro de la construcción.

---

III Fuente: Ibid, p. 588



La madera se puede comprar o alquilar. Si al comprarla se le da el cuidado y protección necesarios, puede ser empleada varias veces en diferentes obras. Si se alquila, se requiere también un cuidado especial, porque existen limitaciones que dificultan su uso.

Por ejemplo pueden hacerse, con ella, empalmes, pero no debe cortarse, por no pertenecer a la obra.

Cuando la madera pierde su utilidad como material de construcción, puede venderse y recuperarse un poco la inversión.

En el caso de los elementos de acero, generalmente se alquilan por periodos no menores de 30 días, porque comprarlos representa un alto costo y ésto los hace inaccesibles. Sin embargo tienen muchas ventajas entre las que se puede mencionar el montaje y desmontaje, que es rápido y fácil, lo que beneficia en tiempo y rendimiento de mano de obra.

Por estas consideraciones, se establece la importancia de las CONSTRUCCIONES AUXILIARES EN EL MEDIO CONSTRUCTIVO.

2

**Materials**

## 2.1 Generalidades

Las construcciones auxiliares conocidas también como obra falsa y a las cuales pertenecen: los puntales, andamios, encofrados, cimbras, entibaciones y apuntalamientos, se pueden clasificar por su uso y concepto, por el material más utilizado y por algunos de los materiales que se concen.

Se clasifican así, con el objeto de dar una idea general, de su aplicación dentro del proceso constructivo y de los materiales con que se construyen.

Entre la variedad y existencia de los materiales más empleados están la madera y el acero, por la facilidad de obtener y de trabajar.

**2.2 Clasificación de las construcciones auxiliares, por su uso**

El siguiente cuadro se refiere a la clasificación de las construcciones auxiliares, identificándolas por su uso y su concepto.

Cuadro No. 1

CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES AUXILIARES POR SU USO	
ESTRUCTURA	CONCEPTO
Puntales	Soporte vertical.
Andamios	Estructura provisional indispensable para ejecutar trabajos de construcción a diferentes alturas.
Encofrados	Moldes para elementos de concreto hasta que alcanzan su resistencia.
Cimbras	Armazón provisional que sostiene arcos y bóvedas.
Entibaciones	Estructura provisional que evita los desmoronamientos en zanjas y excavaciones.
Apuntalamientos	Elementos inclinados que sostienen y apoyan.

Fuente: Zurita Ruiz, José. Diccionario de la construcción.  
Elaboración propia.

2.3 Clasificación de las construcciones auxiliares, por el material más utilizado

El siguiente cuadro representa la clasificación de las construcciones auxiliares según el material más utilizado en Guatemala.

Cuadro No. 2

CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES AUXILIARES POR EL MATERIAL MAS UTILIZADO				
ESTRUCTURA	MATERIALES UTILIZADOS EN GUATEMALA			
Puntales	madera	acero	madera y acero	
Andamios	madera	acero	madera y acero	
Encofrados	madera	acero		yeso
Cimbras	madera	block	ladrillo	
Entibaciones	madera	acero	madera y acero	
Apuntalamientos	madera	acero	madera y acero	
Observación: La madera más utilizada es pino rústico .				

Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

2.4 Clasificación de las construcciones auxiliares, por otros materiales

Este cuadro, se refiere a la clasificación de las construcciones auxiliares, por algunos de los distintos materiales que existen.

Cuadro No. 3

CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES AUXILIARES				
ESTRUCTURA	MATERIALES			
PUNTALES				
	MADERA	ACERO	MADERA Y ACERO	MADERA Y METAL
ARMARIOS				
	MADERA	ACERO	METAL	MADERA Y METAL
	MADERA Y METAL			
ENCUFRADOS				
	MADERA	METAL	ACERO	PLASTICO
	FIBRA	YESO	MULE	ALUMINIO
	POLIETILENO	MADERA Y FIBRA DE VIDRIO	MADERA TRATADA	MADERA Y METAL
	CHAPA ONDULADA	MADERA CONTRACHAPADA	CAJA DE FIBRA	TUBO DE FIBRA
	PLASTICO EXPANDIDO	PLASTICO VITRO-REFORZADO	TABLEROS DE AGLONERANOS	
CERRAS				
	MADERA	METAL	LADRILLO	BLOCK
ENTIBACIONES				
	MADERA	METAL	ACERO	PIEDRA
	LADRILLO	CONCRETO	MADERA MOLLIZO	MADERA Y ACERO
	MADERA Y METAL			
APUNTALAMIENTOS				
	MADERA	METAL		

Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

## 2.5 Características de los materiales

### 2.5.1 Madera

En la construcción, la madera tiene gran variedad de usos. Es un material orgánico, no elaborado que se utiliza en su estado natural. De los factores que influyen positiva o negativamente en su resistencia, los más importantes son: la densidad, los defectos naturales y su contenido de humedad.

Los árboles cuya madera se emplea en la construcción, se clasifican en dos grupos: de madera blanda y de madera dura. Entre los de madera blanda, están los pinos y cipreces, que son coníferas, y los de madera dura, los encinos y los arces que tienen hojas anchas.

#### Densidad de la madera

La resistencia de la madera está íntimamente ligada con su densidad. El peso de la sustancia leñosa en todas las especies es aproximadamente 1.53 veces el peso del agua, pero las células de la madera contienen aire en diferentes proporciones, y varían los pesos de las especies, por su densidad y por su contenido de humedad. Cuando se trabaja en cálculo, se considera como peso promedio de la madera, 40 lb/pie cúbico o su equivalente a 643 kg/metro cúbico. (IV)

#### Defectos de la madera

Cualquier irregularidad en la madera que afecte su resistencia o durabilidad, es un defecto. Por las características del material existen varios defectos naturales en todas las maderas, que afectan su resistencia, apariencia y durabilidad.

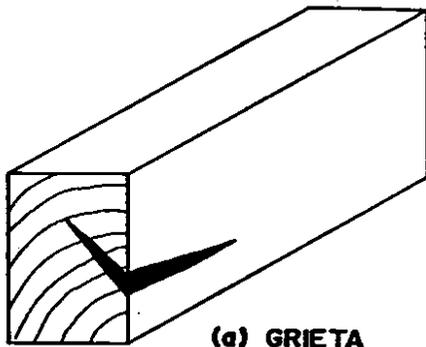
Los defectos más comunes son:

- **Rajadura a través de los anillos**

Esta consiste en una hendidura o separación longitudinal de la madera que atraviesa los anillos anuales y generalmente proviene del curado, como se observa en las figuras # 1 y # 2.

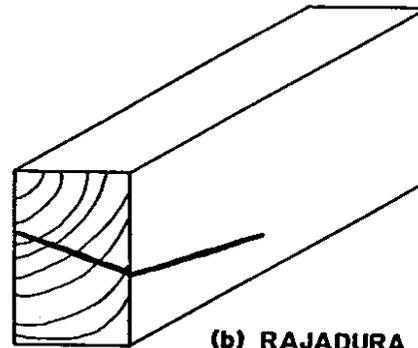
La sección transversal del tronco de un árbol muestra los anillos que se forman anualmente.

El nombre hilo o veta, se refiere a la madera que tiene anillos anuales angostos, con separaciones muy pequeñas.



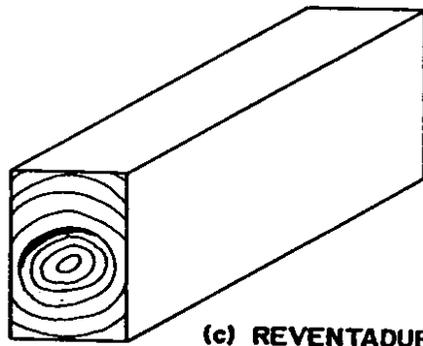
(a) GRIETA

Figura # 1



(b) RAJADURA

Figura # 2



(c) REVENTADURA

Figura # 3

- **Reventadura entre anillos**

Es la separación a lo largo del hilo, especialmente entre anillos anuales, como se ve en la figura # 3. Reduce la resistencia al esfuerzo cortante, por lo que los elementos sometidos a flexión son afectados directamente.

- **Putridión de la madera**

La pudrición es la desintegración de la sustancia linosa, ocasionada por el efecto de los hongos. Se reconoce porque la madera se ablanda, se esponja o se desmorona. Como no se puede determinar el grado de pudrición, en las maderas estructurales no se acepta ninguna forma de pudrición.

- **Descantillado**

Es el término que se aplica a la ausencia de madera o de corteza en la esquina o arista de un trozo de madera aserrada. Si su sección transversal es insuficiente, su resistencia puede ser afectada.

- **Nudo**

Es la parte de una rama, incorporada en el tallo de un árbol, y la resistencia del miembro es afectada por el tamaño y posición de los nudos que pueda tener.

- **Bolsas de resina**

Estas son aberturas paralelas a los anillos anuales, que contienen resina líquida o sólida.

**Curado de la madera**

Toda la madera verde contiene agua, la madera verde no es útil para la construcción, por eso se somete al proceso que se conoce con el nombre de "curado". La mejor manera de secarla, es someterla a la acción del aire natural. Puede secarse también térmicamente, calentándola en hornos, cuidando que no se agriete la superficie exterior y que el secado interior sea uniforme.

La madera curada es más rígida, más fuerte y más durable que la madera verde.

Como parte de la protección de la madera, se deben utilizar desconcofrantes adecuados, aunque en este trabajo no se tratará de ellos

**Clasificación de la madera blanda**

Se define como madera, el producto del proceso de cepillar y cantar en el aserradero la troza, sin ningún tratamiento que el de aserrar, volver a aserrar y pasarla longitudinalmente por una canteadora estándar, cortarla a cierta longitud e igualarla.

**Madera estructural**

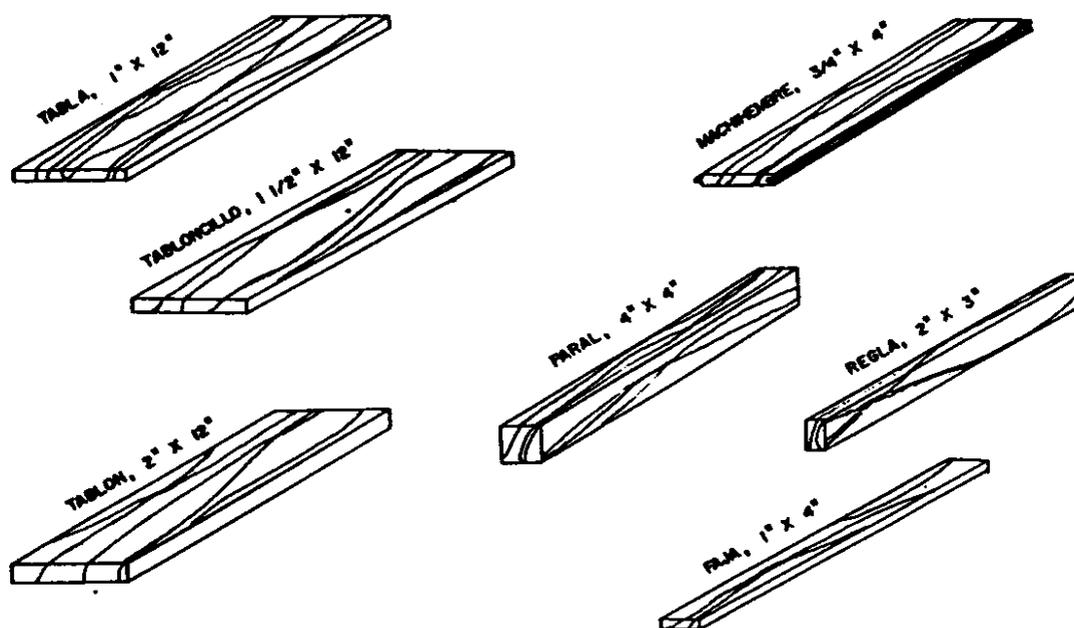
En ésta se incluye la madera de 5 o más plg. de grueso y ancho, y se usa para soportar cargas. Se clasifica tomando como base la resistencia y el uso de toda la pieza. Se encuentran viguetas, vigas, largueros y madera gruesa.

En el Sistema Americano de normas, existen tres clases de madera blanda:

- Madera comercial o de barraca
- Madera estructural
- Madera por elaborar

#### Madera comercial

A ésta pertenece la madera de grueso menor a 5 plg. que se utiliza en trabajos generales de construcción. Se encuentra en ventas de madera o aserraderos; incluye tablas, tablones, tabloncillos, reglas, madera para forros de piso, machiembre, paraleles, fajas, etc. Ver figuras # 4.



Figuras # 4

---

Figura 4. Fuente: Trabajo de campo.  
Elaboración propia.

### Madera por elaborar

Comprende los tablonés para fábricas y madera clasificada para puertas, marcos y piezas de 1 1/4 plg. o más de grueso y 5 plg. o más de ancho. Se utiliza en la industria de la carpintería y ebanistería.

### 2.5.2 Acero

El acero es una aleación férrica que contiene cantidades relativamente pequeñas de carbono, magnesio, fósforo, azufre y silicio, que adquiere por el temple gran dureza y elasticidad. Las aleaciones aceradas incluyen el níquel, cromo, molibdeno, tungsteno, cobalto, vanadio, selenio, columbio, titanio, boro, circonio y aluminio. (V)

Fue a partir de 1855 que el acero ha contribuido al desarrollo industrial. Los aceros modernos se clasifican en aceros ordinarios al carbono, aceros aleados y aceros inoxidable. Los aceros aleados se utilizan cuando se necesita fuerza estructural, resistencia y durabilidad.

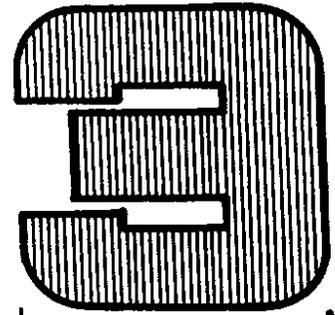
El mayor uso del acero es en puntales, andamios, encofrados y apuntalamientos.

La utilización del acero generalmente reduce el número de puntales necesarios para sostener una determinada masa de concreto armado.

Los andamios de acero son módulos fáciles de montar, desmontar y trasladar de un lugar a otro, dentro de la misma obra.

En el caso de los encofrados existen formas y tamaños estándar y pueden fabricarse diseños particulares para una estructura especial.

En los apuntalamientos, es fácil el uso y colocación de elementos de acero; y por su resistencia, se reduce el número de puntales requeridos.



**Puntales**

POSICION DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUAYMALA  
Biblioteca Central

### 3.1 Generalidades

Los puntales soportan las vigas, forjados, cubiertas, tableros de puentes y otros elementos de concreto hasta que éstos puedan soportarse así mismos. Existe variedad de puntales que pueden ser de madera, acero, combinados y de aluminio.

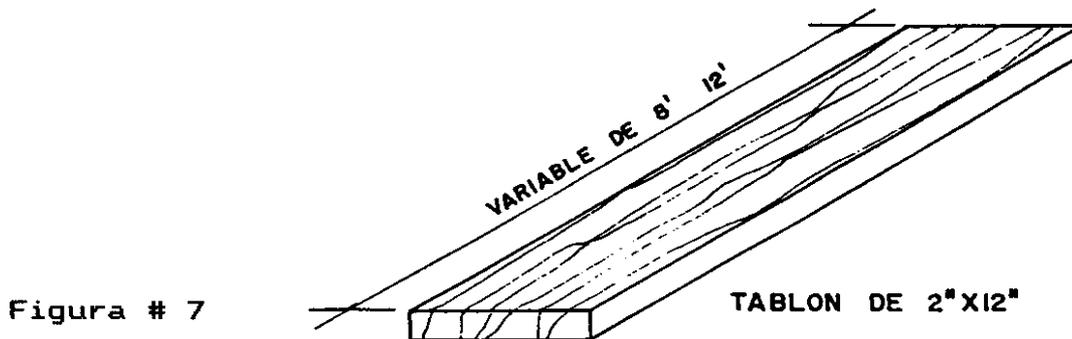
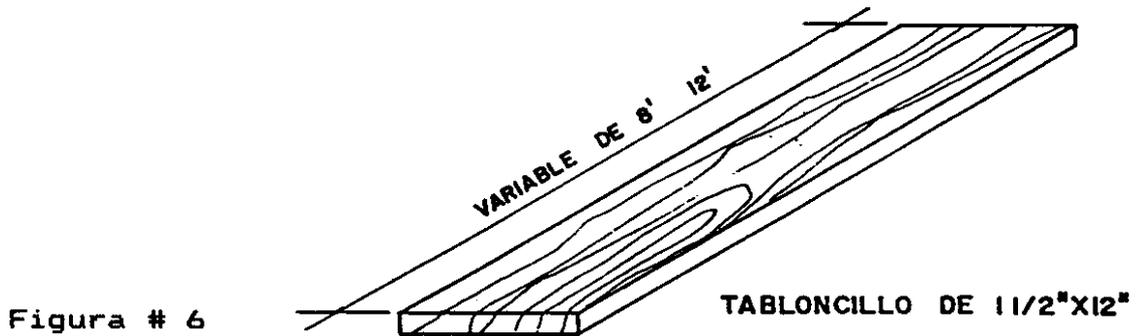
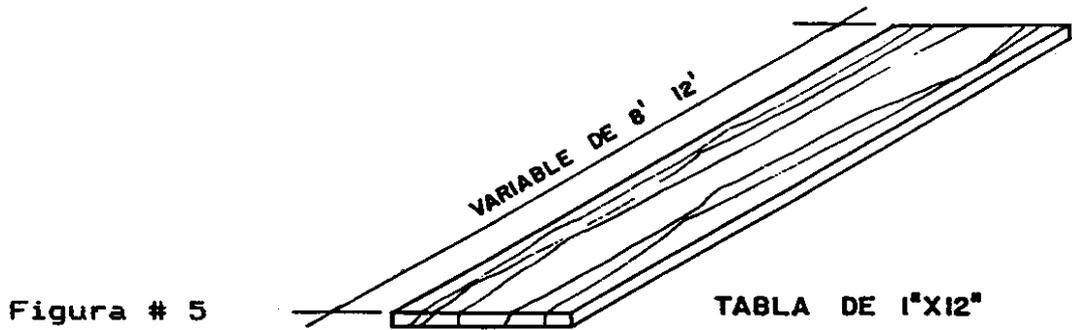
Los puntales se instalan aislados y pueden embreizarse horizontal y diagonalmente para mayor rigidez, estabilidad y aumento de la capacidad de carga.

Para colocarlos se deben inmovilizar la cabeza y el pie del puntal para evitar desplazamientos. Como la capacidad de carga depende de la esbeltez, se deben colocar brejas horizontales y diagonales para reducir las luces libres del puntal.

La mayoría de fundiciones se realiza utilizando carretillas de mano, palas, cucharas, mangueras y vibrador, y luego el concreto se vierte en un área limitada del encofrado. Estos medios pueden provocar que los encofrados se separen de los puntales si no están rigidamente unidos. Razón por la que los pies de los puntales, deben estar fijos a los durmientes.

Consideraciones básicas  
para la selección, cuidado y conservación  
de la madera para la construcción

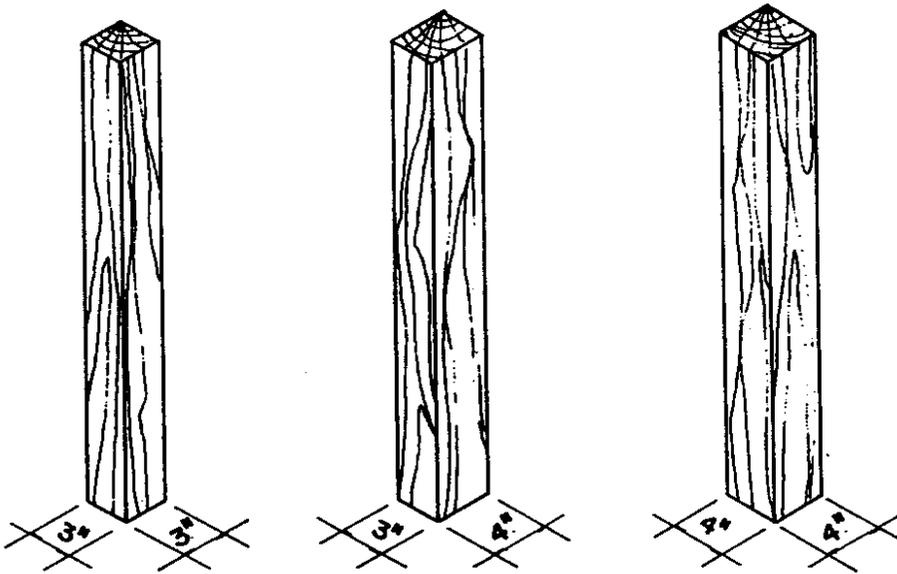
Secciones comerciales de madera de pino rústico para tablas, tabloncillos y tablones.  
Su aplicación es en encofrados, andamios y entibaciones. Ver figuras # 5, # 6 y # 7.



---

Figuras 5,6,7. Fuente: Trabajo de campo.  
Elaboración propia.

Secciones comerciales de piezas de madera de pino rústico, empleadas en puntales, andamios y apuntalamientos. Ver figuras # 8, # 9 y # 10.



Figuras # 8, # 9 y # 10

Secciones comerciales de madera de pino rústico para reglas, que también se usan en andamios, encofrados, entibaciones y apuntalamientos. Ver figuras # 11 y # 12.

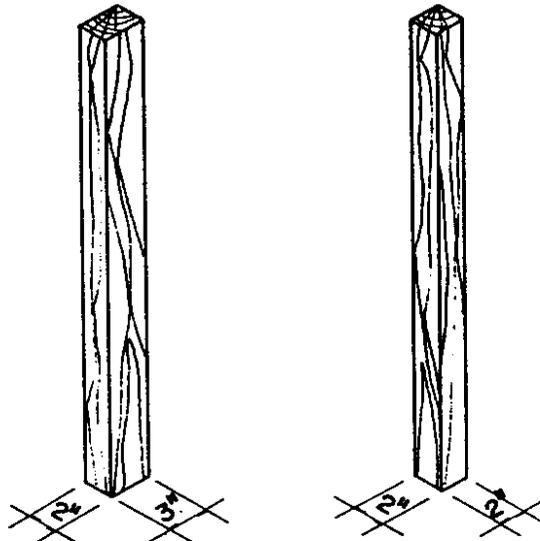


Figura # 11

Figura # 12

---

Figuras 8,9,10,11,12. Fuente: Trabajo de campo.  
Elaboración propia.

Secciones comerciales de madera de pino rústico para breizas, cachetes y patas de gallo, conocidas como fajas y que se utilizan para refuerzo de puntales, andamios, encofrados, cimbras, entibaciones y apuntalamientos. Ver figuras # 13, # 14, # 15 y # 16.

Figura # 13

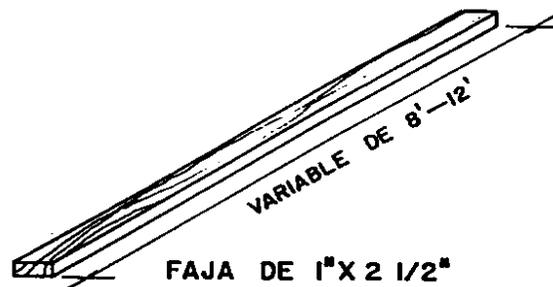


Figura # 14

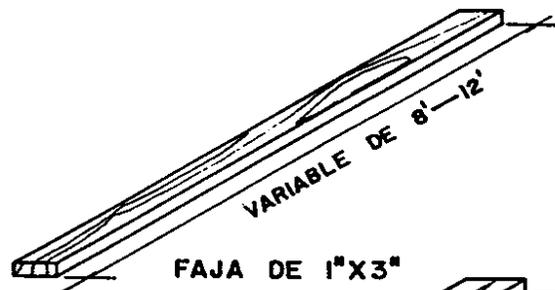


Figura # 15

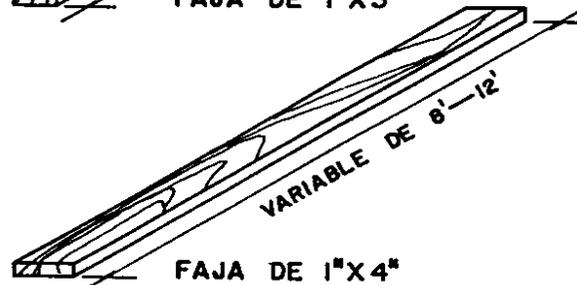
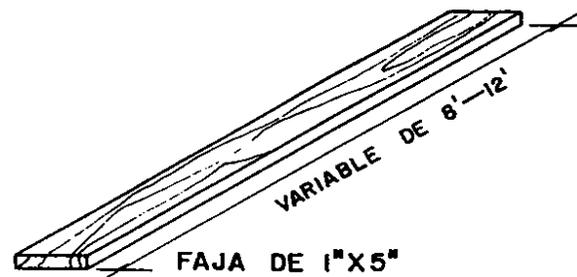


Figura # 16



---

Figuras 13,14,15,16. Fuente: Trabajo de campo.  
Elaboración propia.

Protección y cuidado de la madera de pino rústico para trabajos de construcción cuando ya está en la obra. Al ser colocada de esta forma, puede ventilarse, secarse y ayuda a evitar que se tuerza. Ver figuras # 17 y # 18.

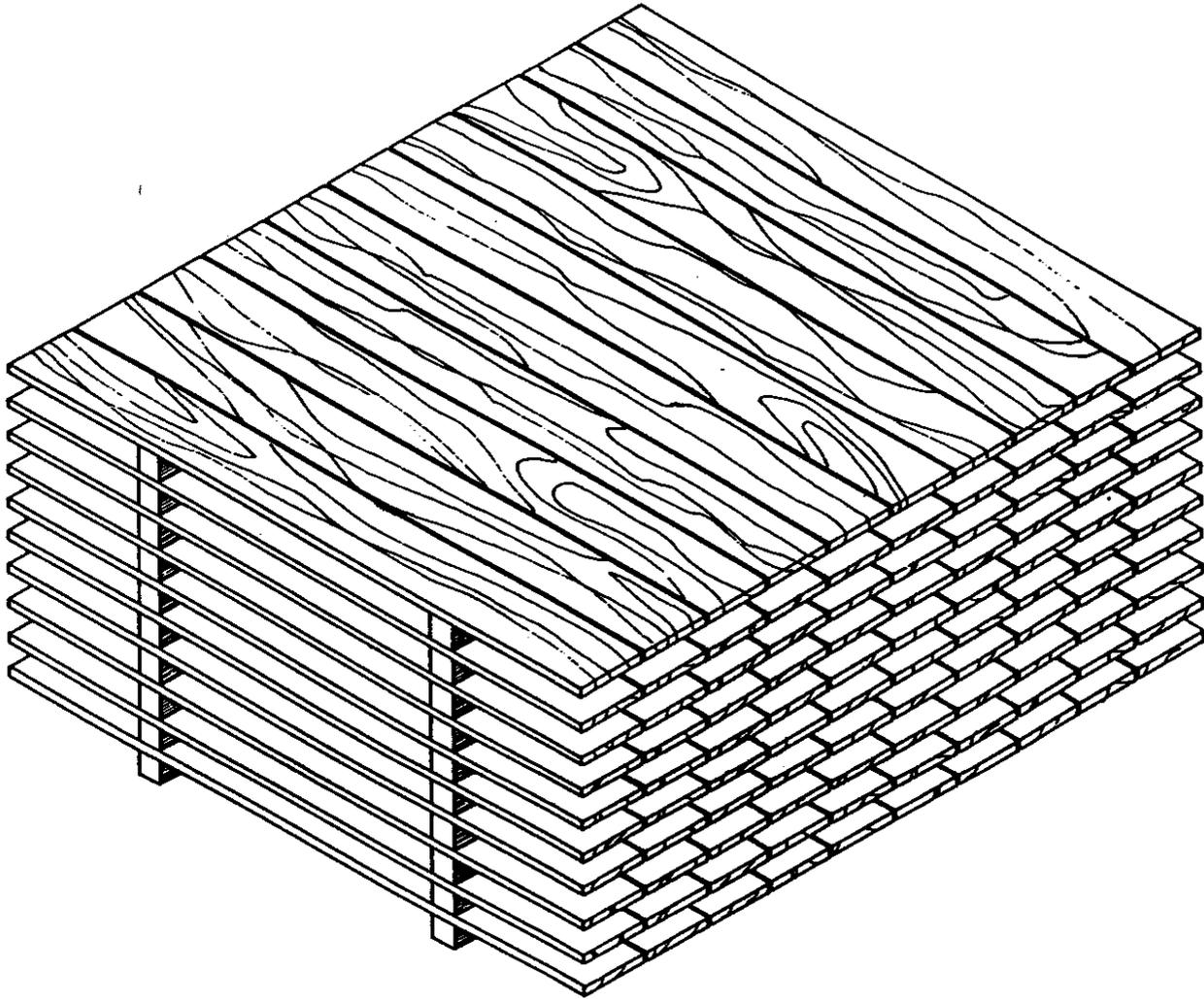
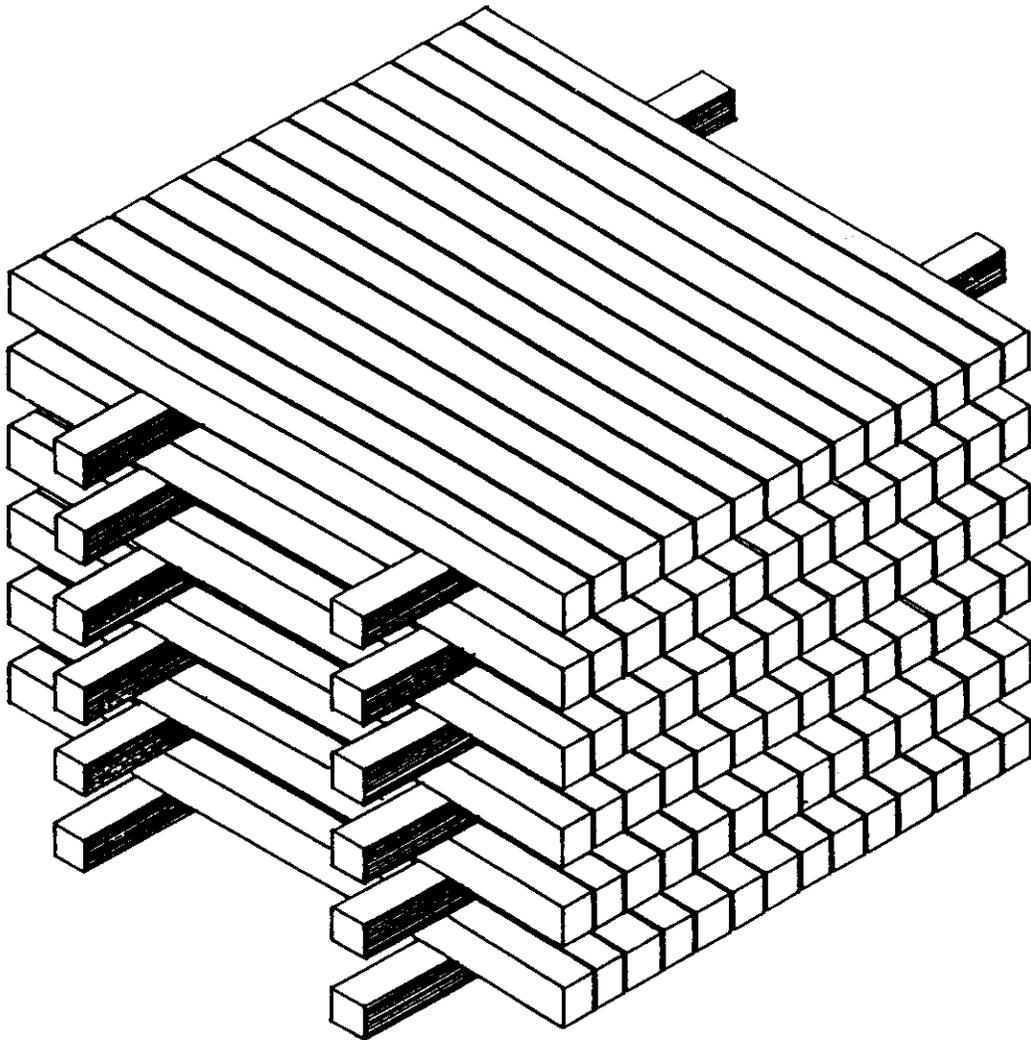


Figura # 17

### CUIDADOS DE LA MADERA

---

Figura 17. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.



CUIDADOS DE LA MADERA

Figura # 18

---

Figura 18. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

En la obra, la madera puede almacenarse adecuadamente, ordenándola, protegiéndola y conservándola de la humedad, siempre separarla del suelo.  
Ver figura # 19

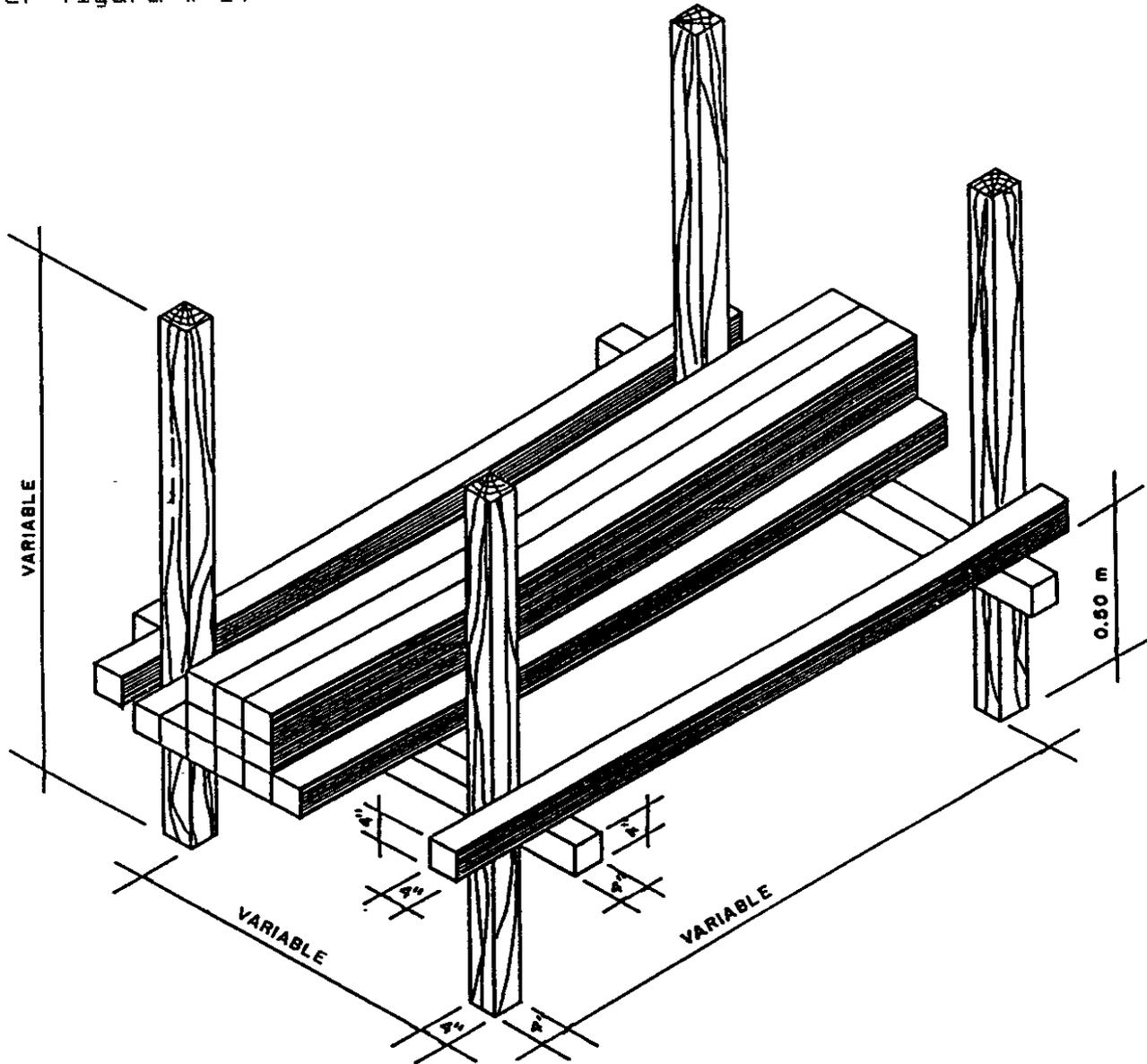


Figura # 19

### ALMACENAJE DE MADERA

Figura 19. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

### 3.2 Materiales

#### 3.2.1 Puntales de Madera

##### Ventajas:

- Bajo costo.
- Fáciles de conseguir en el comercio.
- Gran capacidad de carga.
- Facilidad de colocación y retirada de las breizas.

##### Desventajas:

- Difíciles de encajar sus longitudes.
- El costo de mano de obra para su colocación es más alto que en los prefabricados.
- Si no se almacenan con precaución, pueden deformarse definitivamente, disminuyendo su capacidad de carga.

Los ajustes de altura de los puntales, se realiza por medio de cuñas de madera colocadas bajo sus pies y en direcciones opuestas, clavadas con clavos lanceros.

Ver figura # 20.

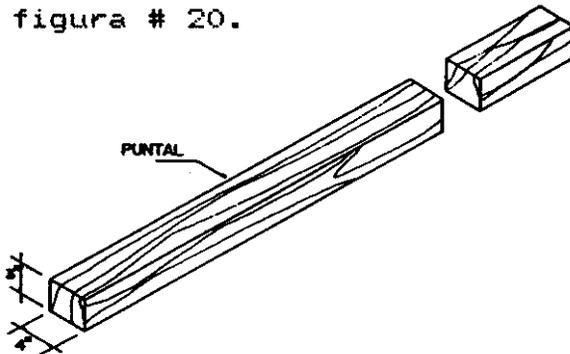


Figura # 21

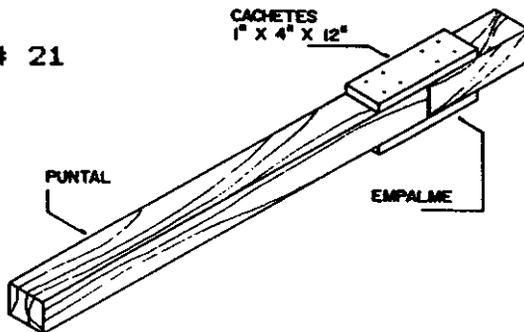


Figura # 22

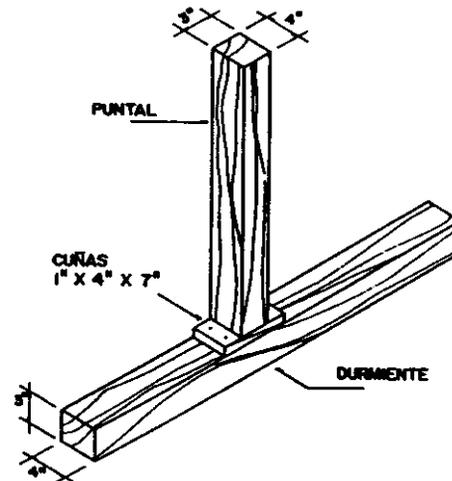


Figura # 20

Si los puntales son muy largos, es necesario cortarlos, desperdiciándose material. Fig. # 21 Si los puntales son muy cortos, deben realizarse empalmes, debilitándose así la resistencia del pental. Ver fig. # 22.

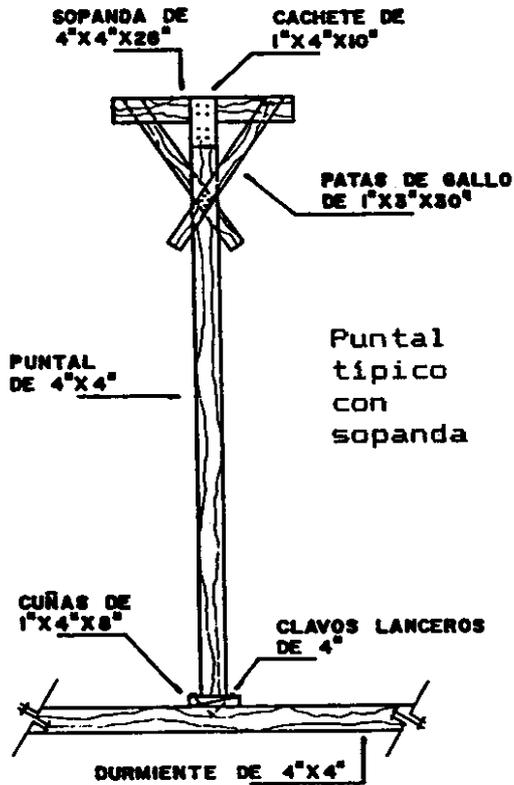


Figura # 23

**Castilletes de madera**

En ocasiones se sustituyen los puntales muy largos por castilletes formados por cuatro o más paralelos de madera, que se mantienen rígidos por medio de breizas horizontales y diagonales. Pueden volver a utilizarse en la misma obra. Los castilletes cuentan con gatos o tornillos de nivelación en las cabezas y pies de los paralelos, para su ajuste de altura y nivelación. Por seguridad deben sujetarse a los adyacentes o a la estructura por medio de breizas. Ver figura # 24.

Figura # 24

**Sopandas**

Cuando los puntales se utilizan para soportar encofrados de fondo de viga, es necesario colocar una sopanda en la cabeza de los puntales. Esta se une por medio de dos cachetes de cabeza y dos patas de gallo. Ver fig. # 23.

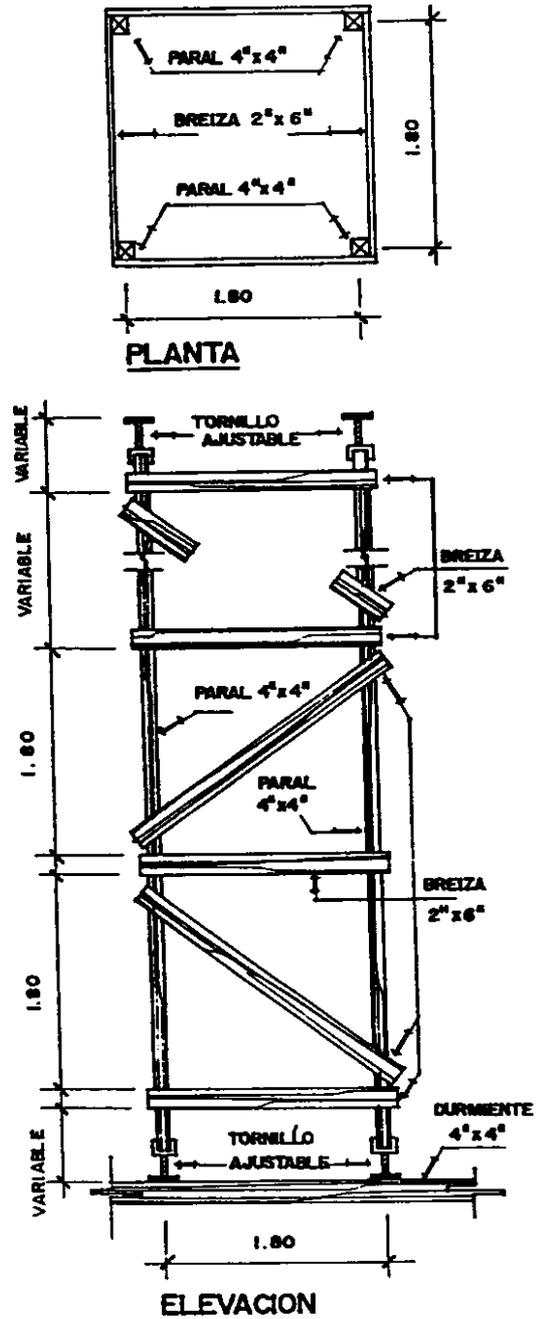


Figura 23. Fuente: Peurifoy, R.L. Encofrados para estructuras de hormigón. p. 105

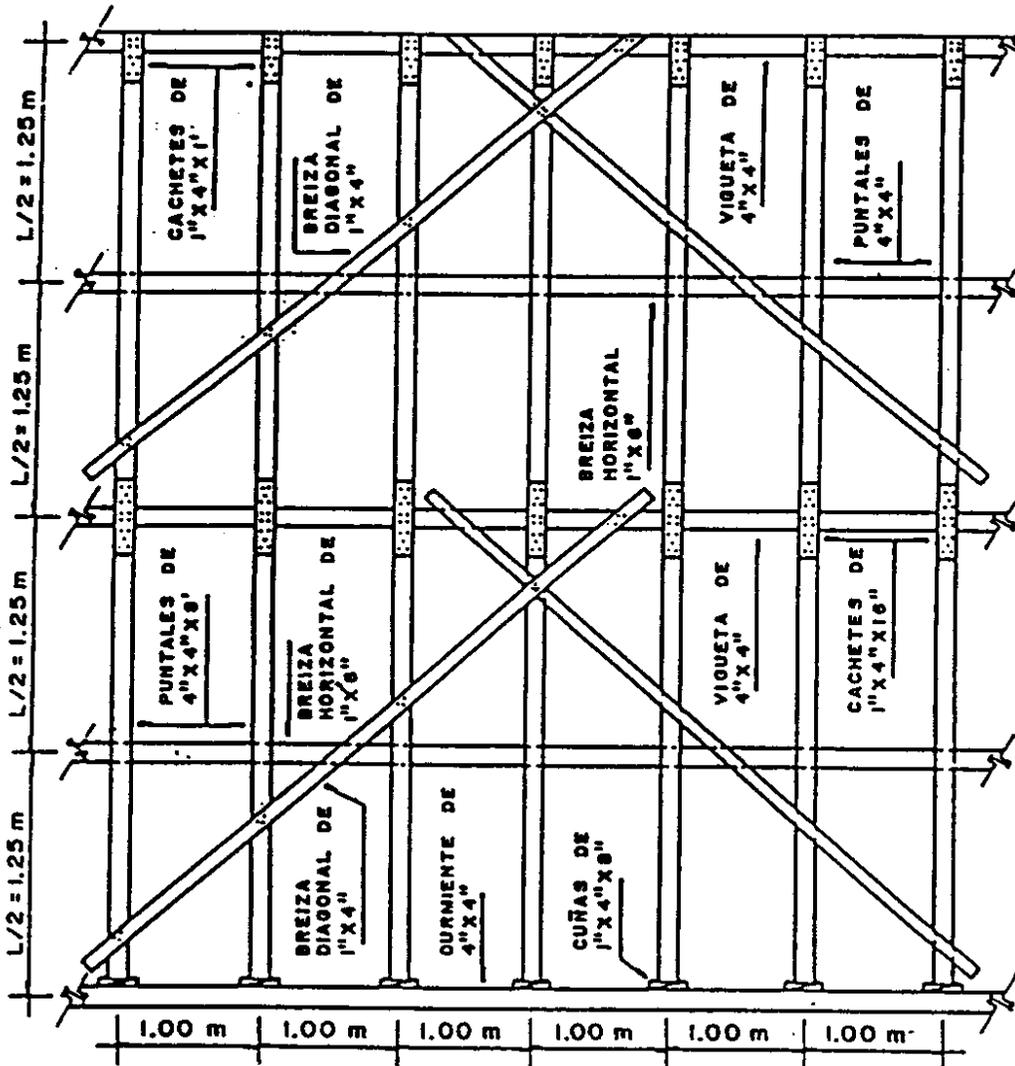
Elaboración propia.

Figura 24. Fuente: Ibid, p. 107

Elaboración propia.

### 3.2.2 Puntales de madera dobles

Cuando la altura desde el suelo a los encofrados es muy grande, se pueden montar dos o más elementos superpuestos, siempre que garanticen rigidez y resistencia por medio de cachetes en las uniones y breizas horizontales y diagonales, para prevenir pandeo o desplazamiento de los puntales. Ver figura # 25.



PUNTALES DE MADERA DOBLES

Figura # 25

Figura 25. Fuente: Ibid, p. 106  
Elaboración propia.

### 3.2.3 Puntales prefabricados

Los puntales prefabricados pueden ser de madera, acero y combinados.

#### Ventajas

- Se construyen en varias longitudes.
- Pueden ajustarse con facilidad a varias longitudes.
- El ajuste de alturas es rápido.
- Son muy resistentes y durables.
- Sus cabezas son buena superficie de apoyo.
- La mano de obra de montaje es menor que en puntales de madera.

#### Desventajas

- El costo inicial es más alto.
- Algunas veces, la colocación de breizas horizontales es más difícil que en los de madera.
- Por su esbeltez, son menos resistentes al pandeo.

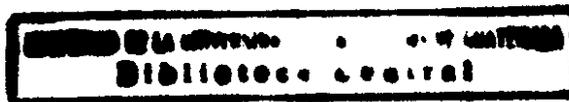
#### Puntales Tipo Ellis

Este puntal es un acoplamiento de dos paralelos de madera. El pie de un paralelo se apoya en el suelo y el otro se desliza verticalmente en una de las caras y se unen por medio de abrazaderas metálicas. Para asegurarlo se golpea fuertemente la abrazadera y se clava por arriba. Ver figura # 26.



Puntales Ellis  
Figura # 26

Figura 26. Fuente: Ibid, p. 108



### Tipo Dayton Sure-Grip

Estos puntales son combinados de madera y acero. Los ajustes de altura se realizan por medio de un tornillo colocado en la parte inferior del tubo de acero. Ver figura # 27.

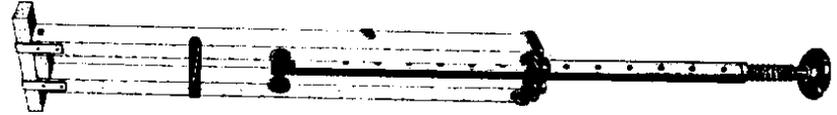


Figura # 27

### Puntal Dayton Sure-Grip

#### Puntales Tipo Burton

Estos puntales son de acero y de tipo telescópico. Ver figura # 28

### Puntal Burton

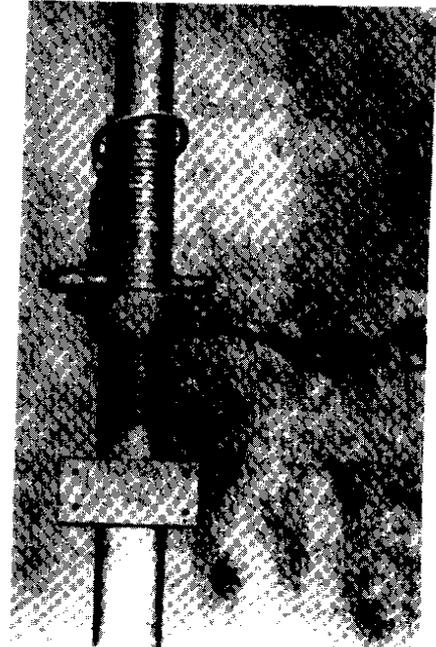


Figura # 28

### Puntales Baker-Roos Figura # 29

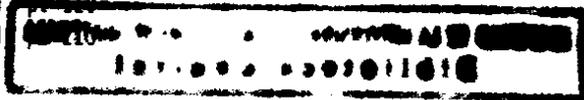
#### Puntales Tipo Baker-Roos

Esta es otra variedad de puntal combinado. Existe el tipo estándar y el tipo extensible. Ver figura # 29.

Figura 27. Fuente: Ibid, p. 109

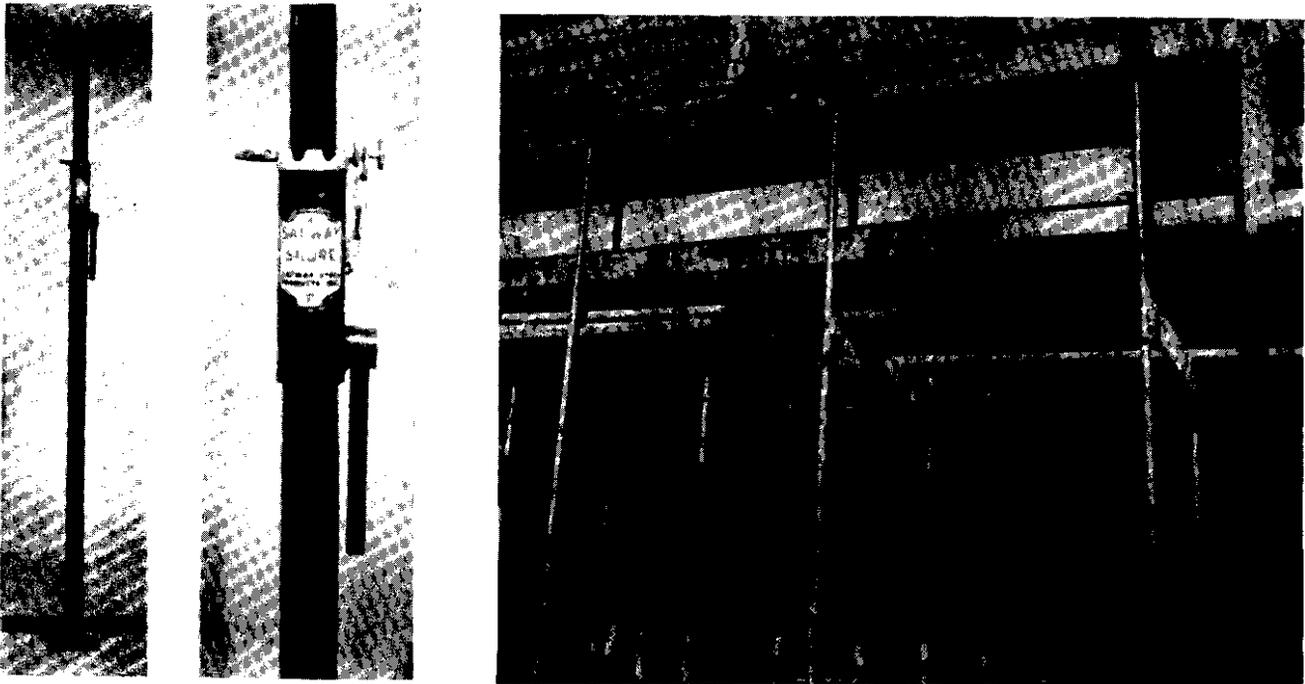
Figura 28. Fuente: Ibid, p. 110

Figura 29. Fuente: Ibid, p. 110



### **Puntales Tipo Safway**

Son puntales de acero que tienen una "U" de 8" como cabeza. El ajuste de altura se realiza fijando los tubos telescópicos con un pasador, moviendo un mango roscado colocado en el tubo más bajo. Ver figura # 30.



**Puntales Safway**

**Figura # 30**

### **Conservación de los puntales prefabricados**

Estos puntales pueden usarse muchas veces, siempre que se cuiden bien, en especial elementos como los gatos de rosca, de plancha y los mangos roscados, que deben limpiarse y engrasarse periódicamente.

**Puntales  
Tipo Acrow**

El puntal Acrow consiste en dos tubos telescópicos de acero que pueden ajustarse aproximadamente a la altura necesaria elevando, el tubo interior y fijándolo en su posición con un mango de acero de alta resistencia. Este mango está unido al puntal. Tiene placas en la base y la cabeza para mejor apoyo. Los puntales Acrow pueden ajustarse rápida y fácilmente, ahorrándose tiempo y trabajo. Este puntal es muy utilizado en Guatemala. Ver figura # 31.



Puntal de acero, marca Acrow  
Figura # 31

El puntal de acero no debiera rigidizarse con varillas de hierro de construcción.

El puntal de acero puede rigidizarse con fajas de madera.

### 3.2.4 Aplicación de los puntales

#### Procedimiento de colocación de puntales de madera para fondo de vigas

Se debe compactar la tierra don de se van a colocar los puntales.

Se mide la altura entre el nivel de tierra y la viga, descontando el grueso de la tabla de la cama de viga, la sopanda y el durmiente.

Se chequean los niveles y se marcan en las paredes como referencia. Ver figura # 32.

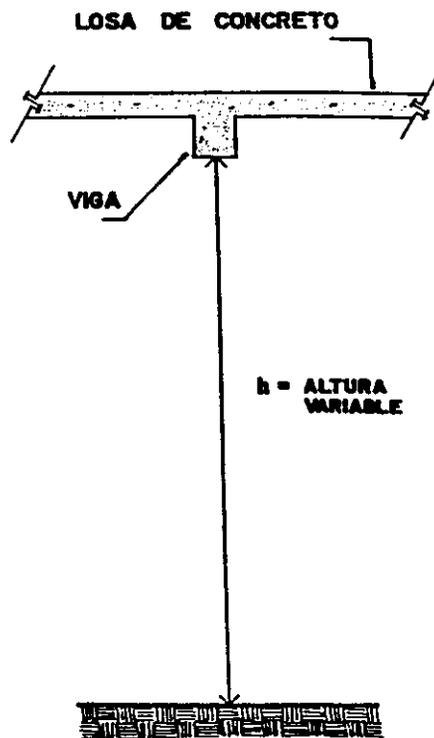


Figura # 32

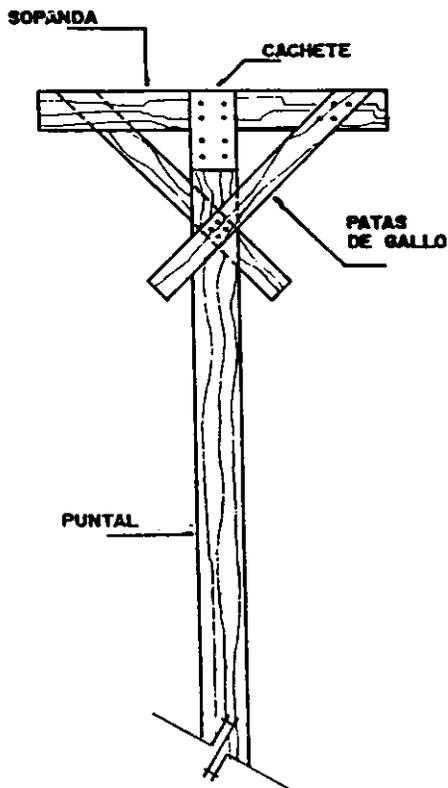


Figura # 33

Se eligen los puntales rectos. Se cortan a la medida, el pental, la sopanda, las patas de gallo y los cachetes.

Se arman en el suelo, formando en la cabeza del pental una "T" colocando una pata de gallo a delante y otra atrás para mayor rigidez de la sopanda. Todos los elementos van clavados.

Ver figura # 33.

Se baja con plomada el centro de la viga y se colocan los durmientes. Después se procede a colocar el puntal chequeando que esté a plomo y en el centro de la viga y el durmiente. Ver figuras # 34, # 35 y # 36.

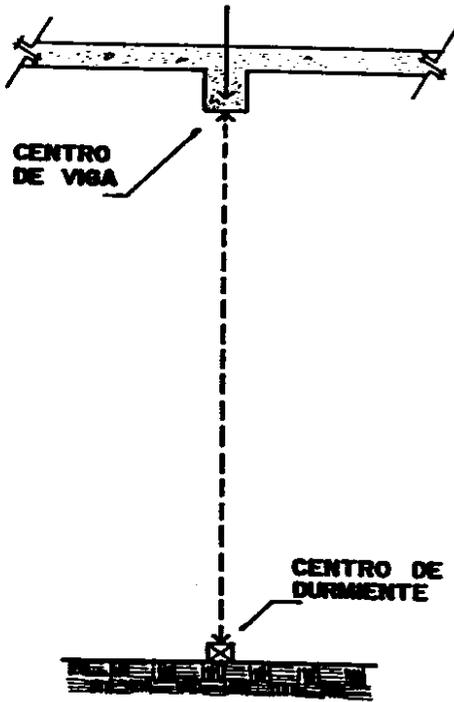


Figura # 34

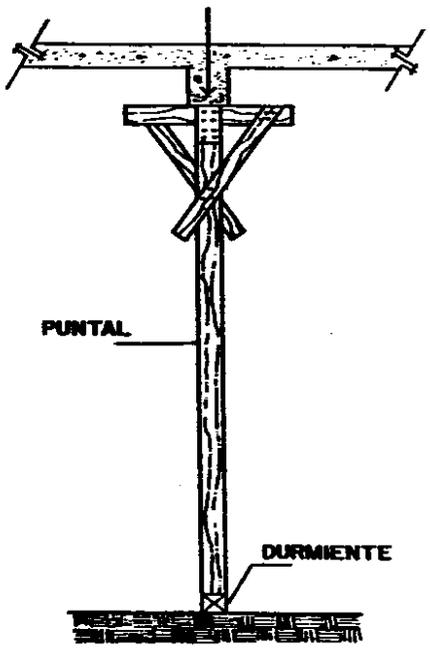


Figura # 35

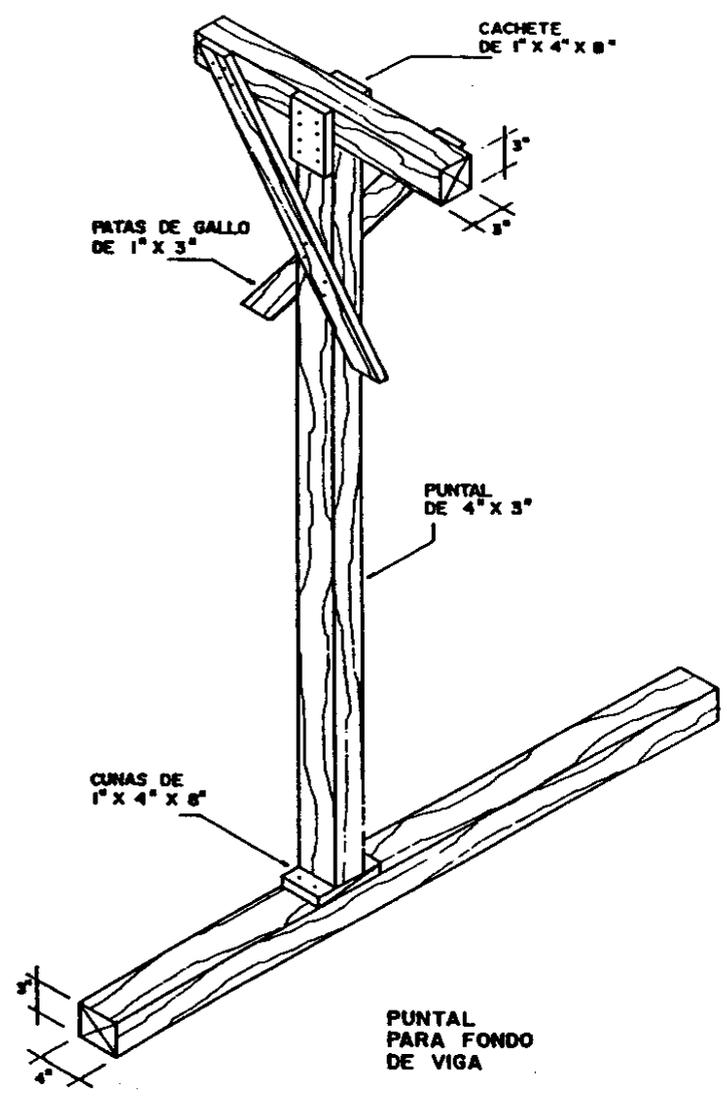
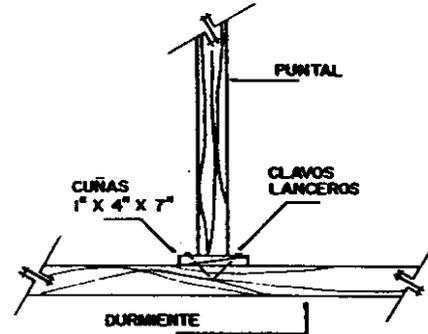


Figura # 36

Figura 34,35,36. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

Figura # 37



Ya colocado el puntal debajo del encofrado de la viga, se ajusta la altura con cuñas de madera dura, clavadas al durmiente con clavos lanceros. Ver fig. # 37.

Por último, para obtener mayor capacidad soporte del puntal y evitar que se desplome o se desplace, se debe colocar una fila de breizas horizontales a la mitad de la luz, con lo que se reduce la esbeltez y se vuelve más estable. Ver figura # 38.

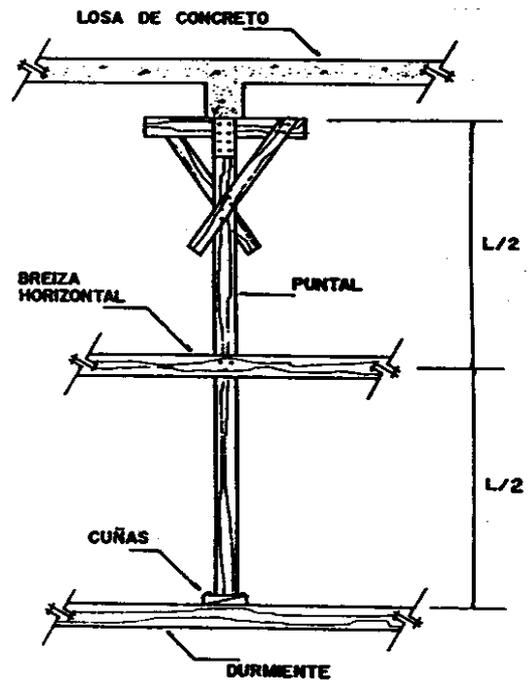


Figura # 38

Figura 37,38. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

### Aplicación de puntales simples para fondo de viga

Los puntales simples están formados por un sólo puntal, sopanda y patas de gallo. Estos son utilizados en encofrados para vigas pequeñas peraltadas hacia abajo.

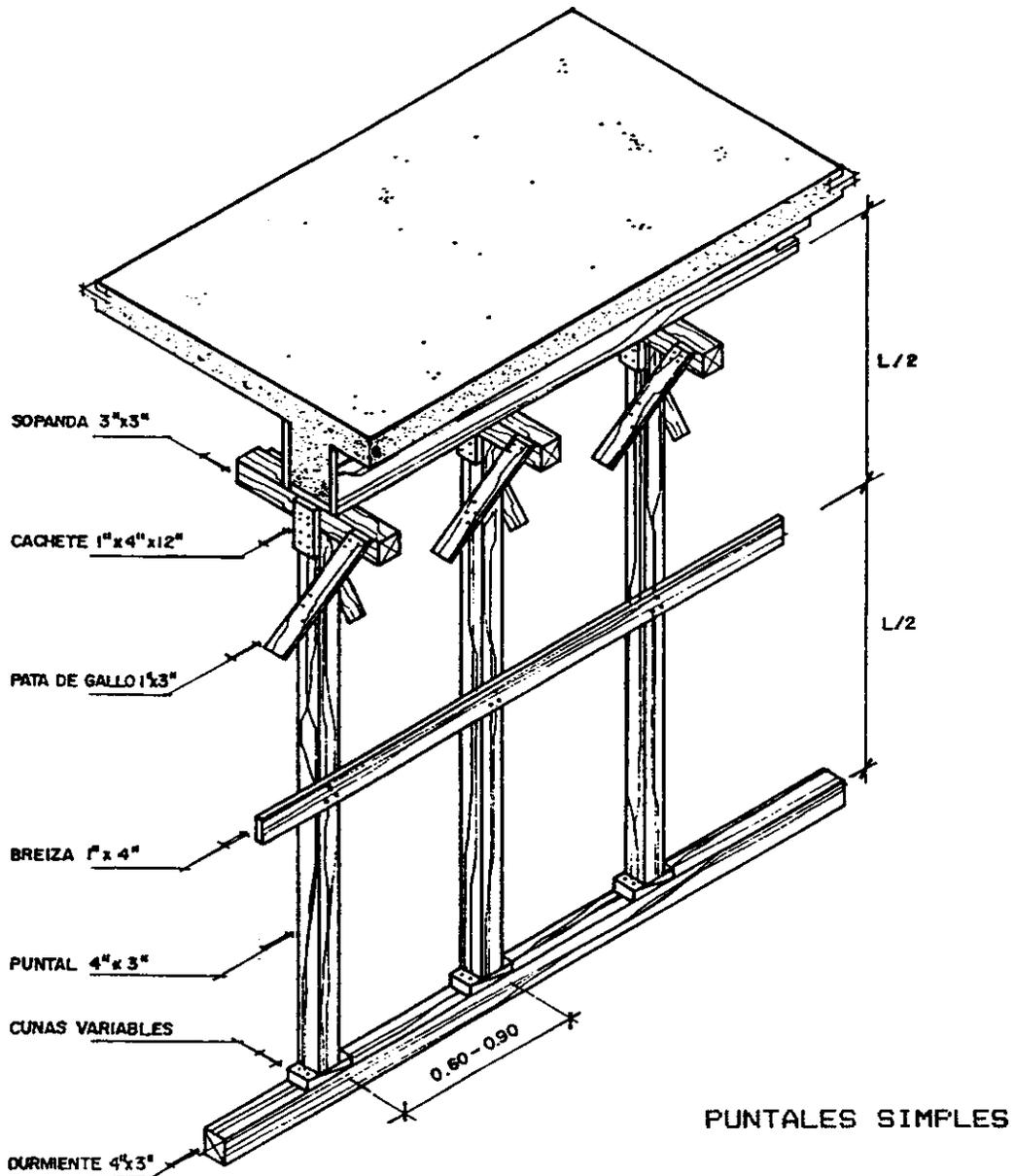
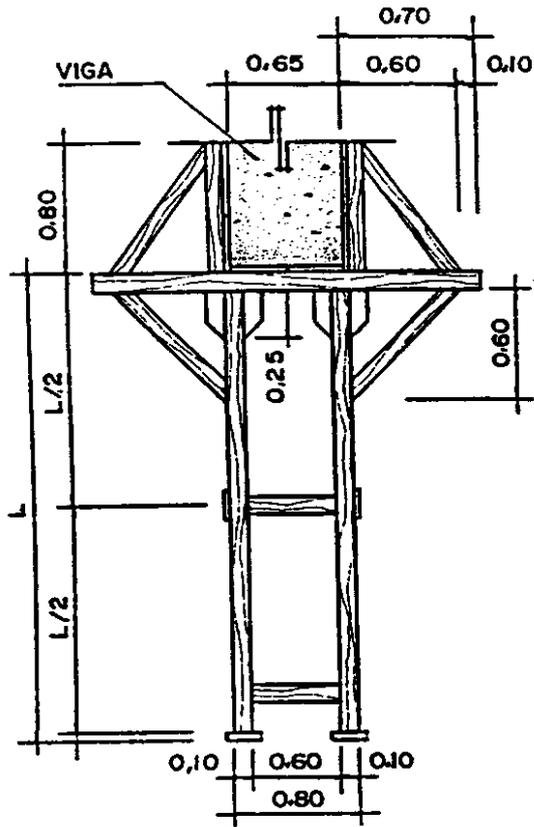


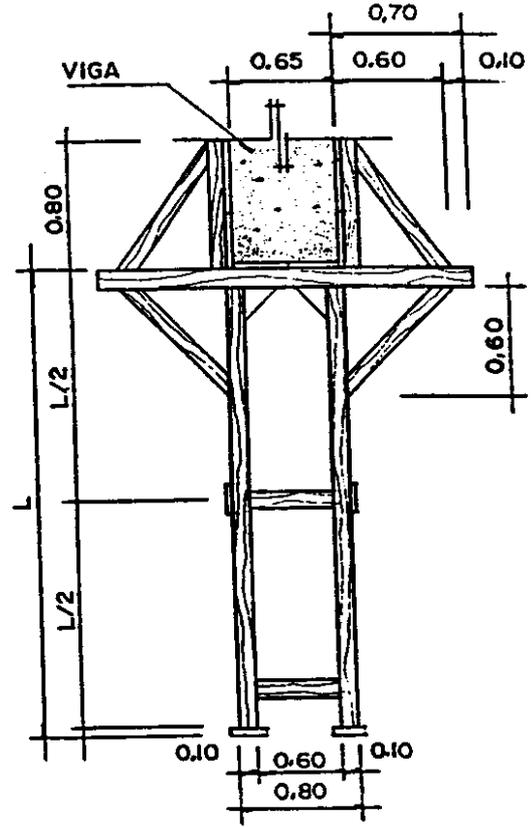
Figura # 39

Figura 39. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

Puntales compuestos para fondo de viga

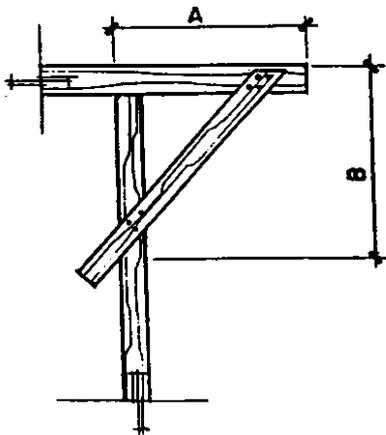


ELEVACION  
Figura # 40

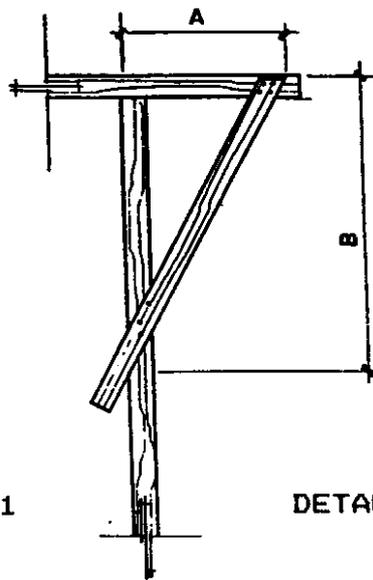


ELEVACION  
Figura # 41

Figura # 42



DETALLE No 1



DETALLE No 2

Detalle típico de colocación de patas de gallo, donde  $A = B$  o  $B = 1.5 A$ . Ver figuras # 42 y # 43.

Figura # 43

Figura 40,41. Fuente: Hotel Las Américas.  
Elaboración propia.  
Figura 42,43. Fuente: Trabajo de campo.  
Elaboración propia.

### Aplicación de puntales compuestos para fondo de viga

Los puntales compuestos están formados por dos puntales unidos por una sopanda, patas de gallo y refuerzos horizontales. La mayoría de estos puntales, se emplean en vigas grandes peñaltadas hacia abajo.

#### ISOMETRICO

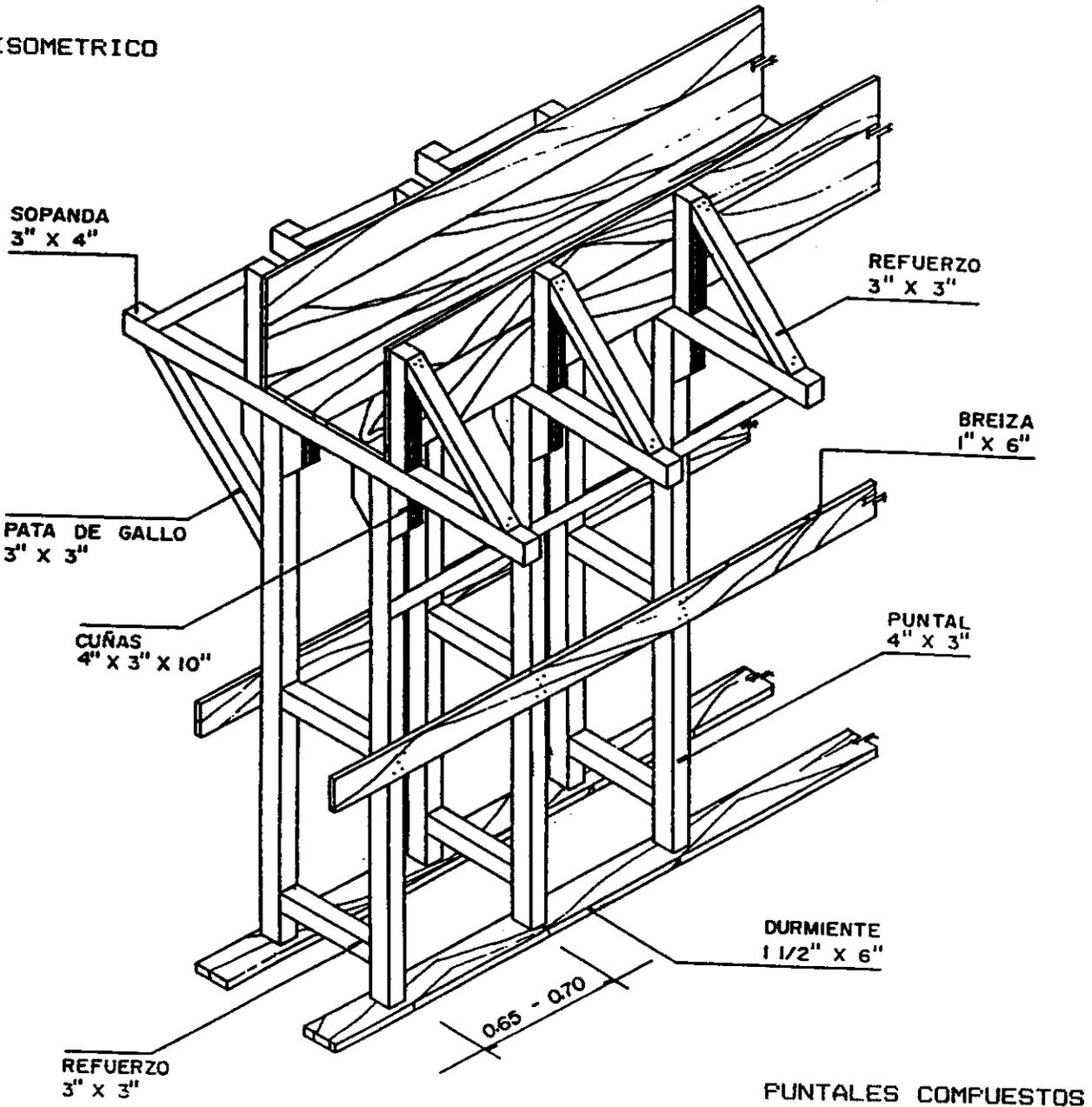
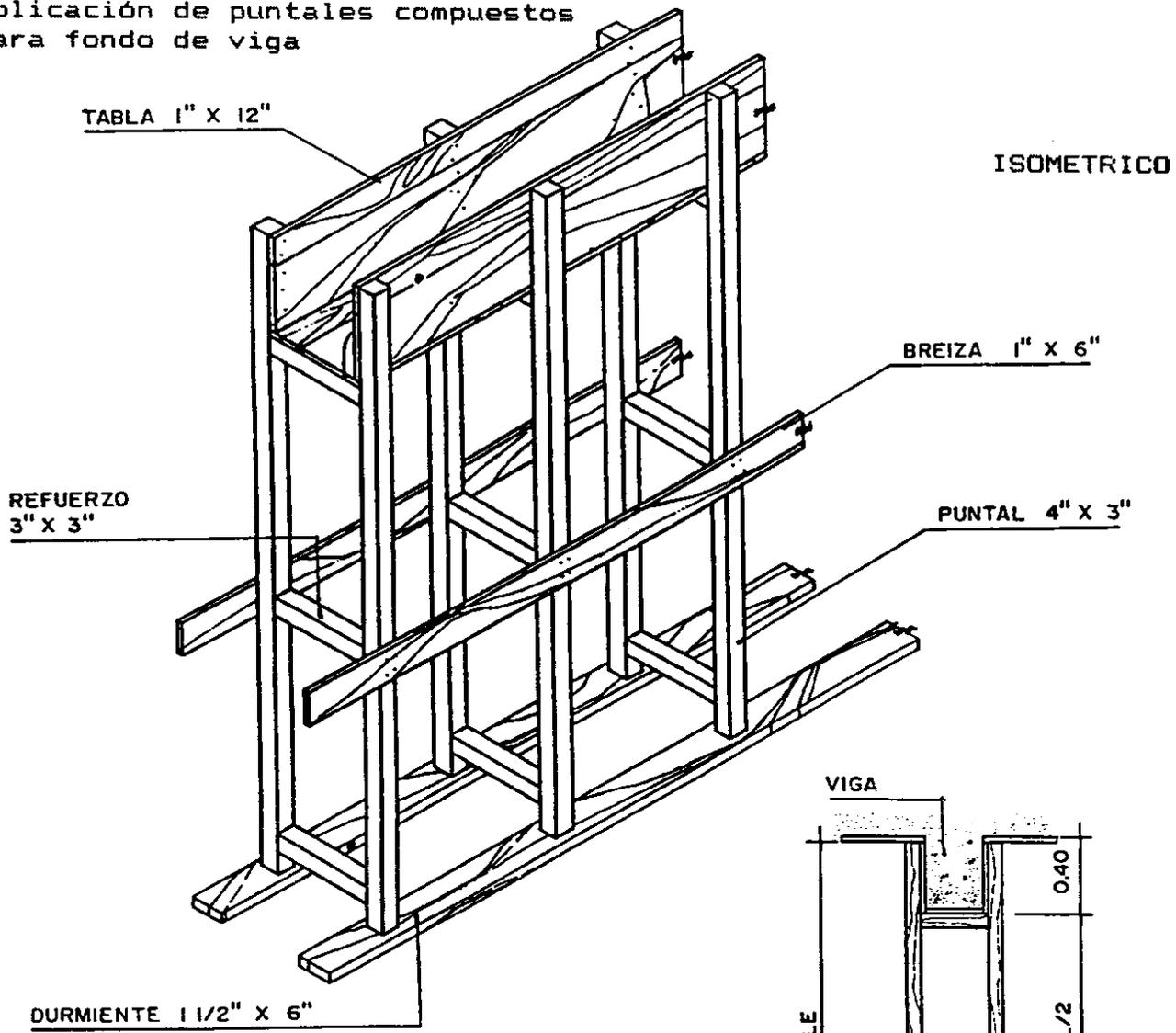


Figura # 44

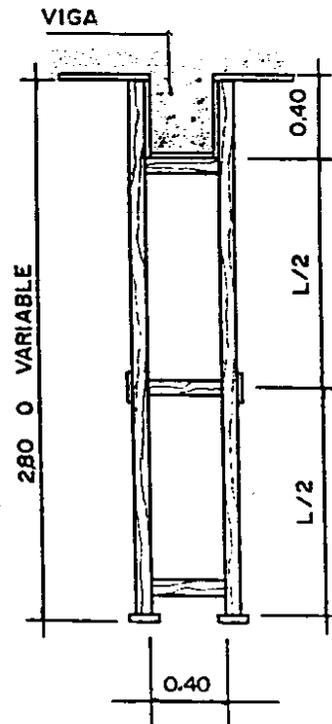
Figura 44. Fuente: Hotel Las Américas.  
Elaboración propia.

Aplicación de puntales compuestos para fondo de viga



PUNTALES COMPUESTOS

Figura # 45



ELEVACION

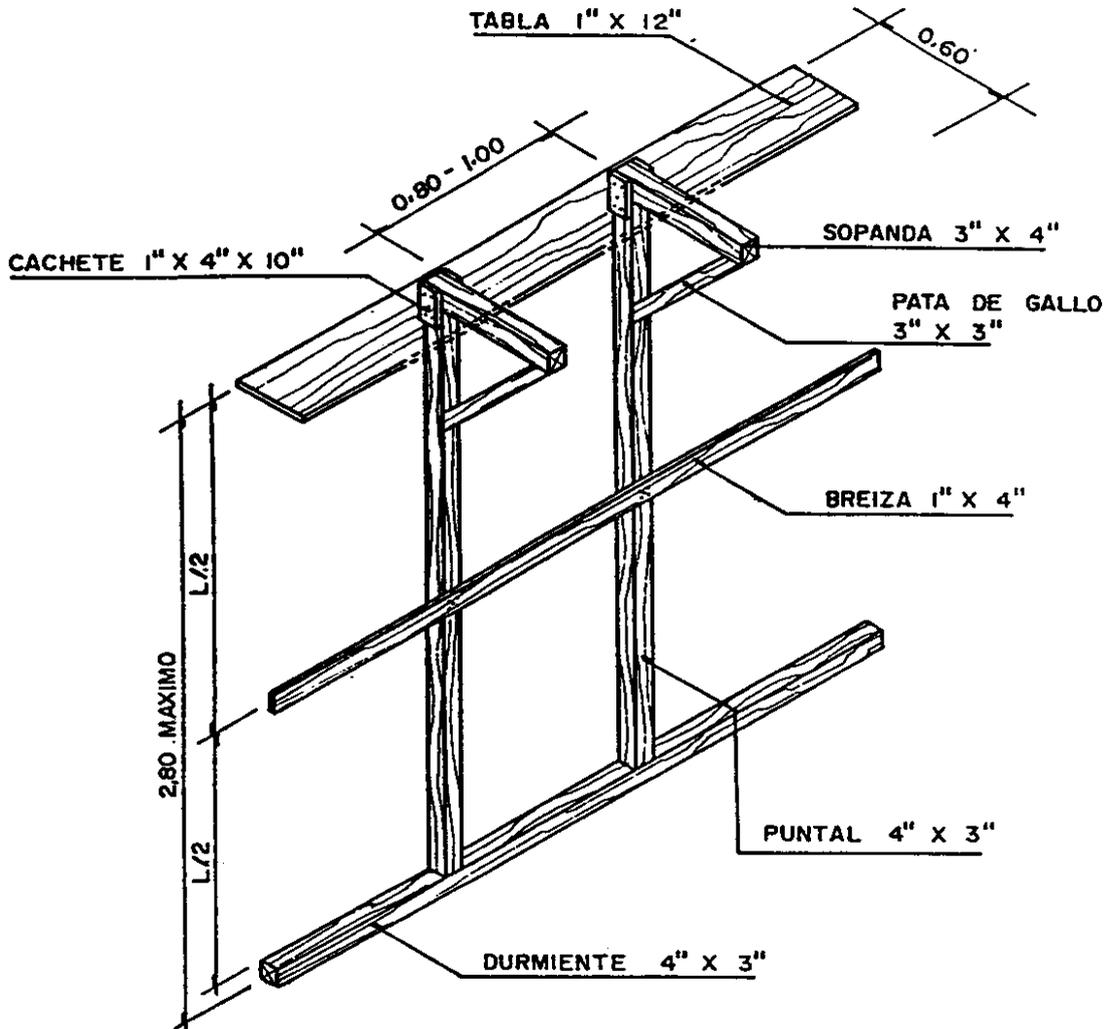
Figura # 46

Figura 45,46. Fuente: Locales comerciales, 32 av. y 2a. calle, zona 7.  
Elaboración propia.

Aplicación de puntales simples  
para losa de concreto en voladizo

Este tipo de puntal, por su sencillez es utilizado en viviendas con voladizos pequeños.

ISOMETRICO



PUNTALES SIMPLES

Figura # 47

Figura 47. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

El cuadro # 4, da una breve explicación del proceso que se debe seguir para la colocación de puntales de madera o acero.

Cuadro No. 4

RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA COLOCACION DE PUNTALES	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Acondicionar suelo, con maso o vibrocompactadora</li><li>- Chequear los niveles de fondo de viga y losa. ( plana o inclinada )</li><li>- Chequear medidas.</li><li>- Seleccionar el tipo de puntales.</li><li>- Colocar puntal de madera para fondo de viga.</li><li>- Colocar puntal de madera para losa plana o inclinada.</li><li>- Apoyar el puntal de madera o acero.</li><li>- Ajustar la altura del puntal de madera.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Compactar y apisonar.</li><li>- Marcar y cerrar los niveles en las paredes.</li><li>- Medir la altura libre requerida para el puntal.</li><li>- Elegir los puntales más rectos y que se ajusten a la altura. Se debe evitar cortarlos o empalmarlos. ( puntales de madera).</li><li>- Colocar una sopanda de sección igual a la menor del puntal. Dos cachetes y dos patas de gallo. ( clavadas ).</li><li>- El puntal debe recibir directamente el tendal, unido por medio de dos cachetes clavados.</li><li>- Se debe colocar a plomo el puntal sobre un durmiente, por estabilidad del puntal y evitar que se hunda en la tierra.</li><li>- Colocar cuñas con clavos lanceros en el pie del puntal.</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>- Rigidizar y estabilizar los puntales de <u>m</u>adera y <u>a</u>cero.</li>          <li>- Colocar el puntal de <u>a</u>cero.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Colocar y centrar el puntal. Se colocan brei<u>z</u>as horizontales en un sentido, para fondo de vigas; y en dos senti<u>d</u>os, para losas. Clava<u>d</u>as, si son puntales de madera y amarradas con alambre de amarre, si son puntales de ace<u>r</u>o. El puntal de acero pue<u>d</u>e rigidizarse con made<u>r</u>a o tubos de hierro, no, con varillas de hie<u>r</u>ro de construcción.</li> <li>- Asegurar el puntal con alambre de amarre, cuan<u>d</u>o recibe un joist de <u>a</u>cero.</li></ul>
--	--

#### RECOMENDACIONES ANTES DE FUNDIR

- Revisar el plomo de los puntales.
- Revisar que el pie y la cabeza del puntal estén fijos y seguros.
- Revisar las breizas horizontales.
- Revisar la separación entre puntales.  
Sección de 3" x 3" separados a 0.60 mts.  
Sección de 4" x 4" separados a 1.00 mts.

Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

En el siguiente cuadro, se dan los puntales más utilizados en las construcciones, las longitudes más comerciales, los precios por pie/tabla y los precios por longitud del puntal.

Cuadro No. 5

TIPOS DE PUNTALES DE MADERA MAS COMERCIALES				
SECCION PULG.	LONGITUD PIES	LONGITUD METROS	PRECIO PIE/TABLA	PRECIO UNITARIO
3" X 3"	8'	2.40	Q 2.20	Q 13.20
	9'	2.70	Q 2.20	Q 14.85
	10'	3.00	Q 2.20	Q 16.50
	11'	3.30	Q 2.20	Q 18.15
	12'	3.60	Q 2.20	Q 19.80
3" X 4"	8'	2.40	Q 2.20	Q 17.60
	9'	2.70	Q 2.20	Q 19.80
	10'	3.00	Q 2.20	Q 22.00
	11'	3.30	Q 2.20	Q 24.20
	12'	3.60	Q 2.20	Q 26.40
4" X 4"	8'	2.40	Q 2.20	Q 23.47
	9'	2.70	Q 2.20	Q 26.40
	10'	3.00	Q 2.20	Q 29.33
	11'	3.30	Q 2.20	Q 32.27
	12'	3.60	Q 2.20	Q 35.20

**OBSERVACIONES**

- La madera que se utiliza para construcción, es pino rústico.
- Los precios de la madera están sujetos a las fluctuaciones en el mercado.
- Estos precios fueron obtenidos en el año de 1992.

NOTA: al cambio de \$ 1.00 por Q 5.10.

- El pie/tabla se obtiene desarrollando lo siguiente:  
Tabla, tabloncillo, tablón, fajas. Puntales, parales, reglas, etc.

$$\frac{\text{grueso} \times \text{ancho} \times \text{long.}}{12} = \text{p/t}, \quad \frac{\text{lado} \times \text{lado} \times \text{long.}}{12} = \text{p/t}$$

Ejemplos:

$$\frac{1" \times 12" \times 8'}{12} = 8 \text{ pie/tabla}, \quad \frac{3" \times 4" \times 12'}{12} = \text{pie/tabla}$$

Signos (") = pulgadas, (') = pie, p/t = pie tabla.

Fuente: Trabajo de campo.

Elaboración propia.

CUADRO No. 6

TIPOS DE PUNTALES DE ACERO, MAS COMERCIALES					
TIPO DE PUNTAL	DIAMETRO DEL TUBO	LONGITUD CERRADO	LONGITUD ABIERTO	MARCA	ALQUILER MENSUAL
TIPO 2x	2 1/2'	1.98 m.	3.35 m.	ACROW	Q 4.75
TIPO 3x	2 1/2"	2.59 m.	3.96 m.	ACROW	Q 5.10
TIPO 4x	2 1/2"	3.20 m.	4.87 m.	ACROW	Q 5.40

**OBSERVACIONES:**

- Puntales ingleses, tipo telescópico, con tornillo ajustable.
- Los precios de los puntales, están sujetos a las fluctuaciones en el mercado.
- Los precios fueron obtenidos en el año 1992.

NOTA: Al cambio de \$ 1.00 por 5. 10

Fuente: Intaco, Ltda.  
Elaboración propia.

**Procedimiento de colocación  
de puntales de madera  
de una tarima para losa de concreto**

Se compacta la tierra donde se van a colocar los puntales, pies derechos o parales.

Se mide la altura entre el nivel de tierra y la losa, se descuenta el grueso de tabla de cama de viga, tendal y durmiente.

Se chequean los niveles y se marcan en las paredes.

Luego se colocan los durmientes en el lugar requerido por la separación de los puntales.

Se colocan los puntales en un mismo sentido y, al mismo tiempo, se coloca el tendal, con el objeto de sostenerlos, revisando que estén a plomo.

La unión de tendales y puntales, se realiza por medio de cachetes clavados, que reciben las tablas colocadas en el sentido opuesto a éstos, formando juntos la tarima.

La altura se va ajustando con las cuñas de madera, colocadas en el pie de cada puntal.

Al final, para lograr la mayor rigidez y capacidad portante de los puntales, con una altura promedio de 2.40 m., conviene colocar a la mitad del puntal, una fila de breizas horizontales en ambos sentidos.



Aplicación de puntales de madera para losa de concreto

Figura # 48

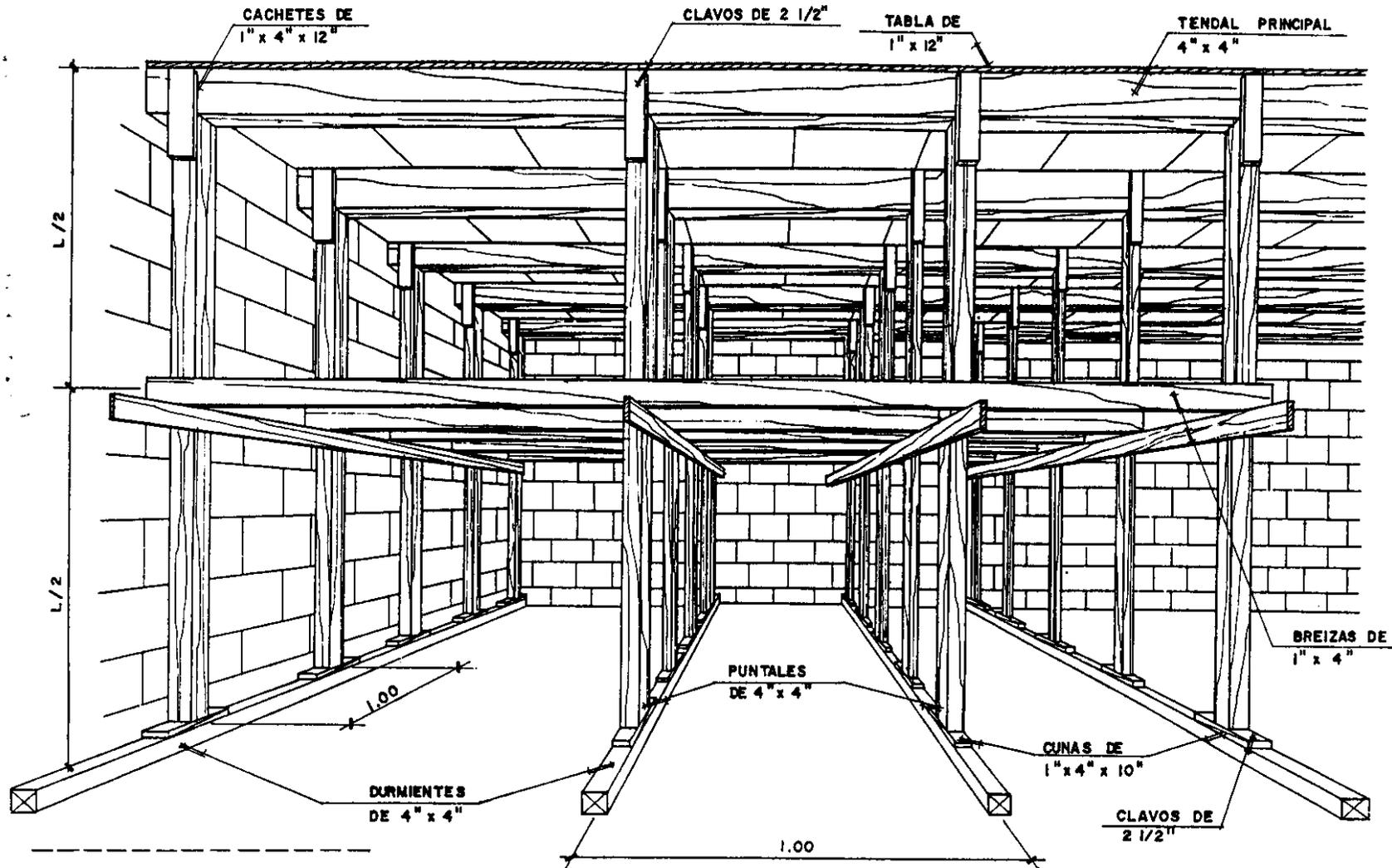
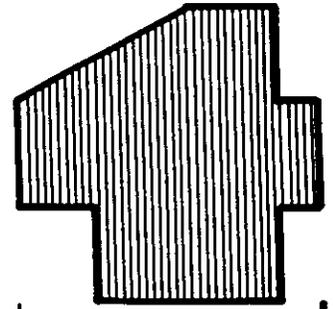


Figura 48. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.



**Andamios**

#### 4.1 Generalidades

En la construcción, unos trabajos se realizan a nivel del piso, y otros, a diferentes alturas, de acuerdo con el avance y las necesidades de la obra. Para colocar los materiales, moverse con facilidad y alcanzar lo que está lejos de las manos del trabajador, se recurre al taburete, al banco, a las escaleras y, principalmente al andamio. El andamio es un medio auxiliar del albañil, imprescindible para trabajar y tan necesario como cualquier herramienta de su oficio.

Los andamiajes son construcciones provisionales formados por tablas, parales, tendales y breizas que se utilizan en trabajos de construcción, conservación y reparación.

Existen dos clases de andamios: los andamios pesados para los trabajos de albañilería y los andamios ligeros para trabajos de acabados, conservación y mantenimiento de un edificio.

## 4.2 Auxiliares de los andamios

Los elementos auxiliares están relacionados con el andamio, medio auxiliar de la obra, porque se utilizan para la elevación o arrastre de materiales y su puesta en obra.

### 4.2.1 Grúas

Son aparatos destinados para levantar una carga y transportarla a un lugar determinado de la obra, dentro del círculo que describe la pluma. Dependiendo del tamaño de la obra, es el tipo de grúa que se utiliza. En Guatemala, se puede utilizar en edificios mayores de cinco niveles, pero es un equipo opcional.

Figura # 49

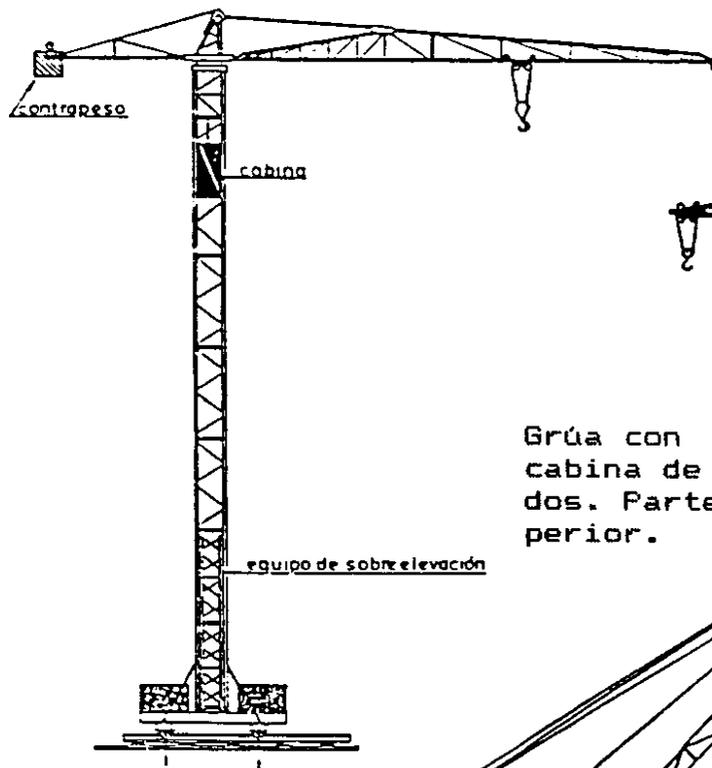
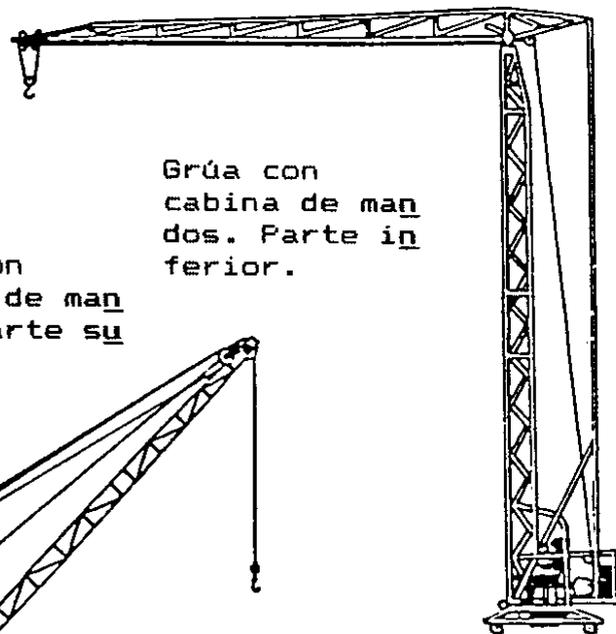
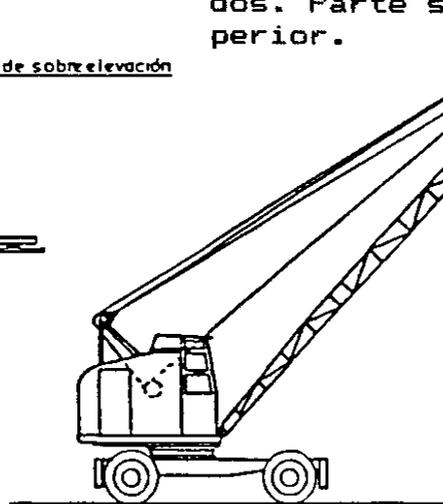


Figura # 50



Grúa con cabina de mandos. Parte superior.

Figura # 51



Grúa locomotriz giratoria

Figura 49. Fuente: Ledo, José María. Andamios, apeos y entibaciones. p. 11

Figura 50. Fuente: Ibid, p. 12

Figura 51. Fuente: Ibid, p. 13

Grúas Potain

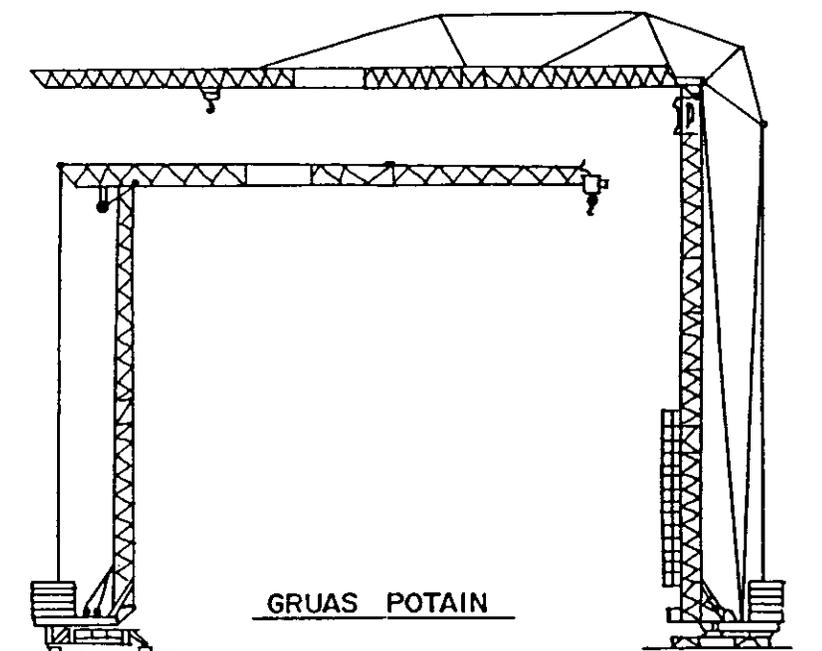


Figura # 52

En Guatemala una de las grúas que más se utiliza en los proyectos de gran altura, es la grúa Potain. Es una torre instantánea que puede levantarse y desarmarse rápidamente.

Puede remolcarse detrás de un camión, por lo que es fácil trasladarse de una obra a otra. Se emplea para vaciar concreto, mover elementos prefabricados, armazones de acero y cualquier estructura o material que se desee trasladar o subir.

La altura se le va dando dependiendo de la necesidad del proyecto.

La grúa Potain está proyectada especialmente para levantar edificios de hasta 33 metros debajo del gancho. Ver figura # 52.

#### 4.2.2 Montacargas

Son empleados en construcción y sirven para levantar las cargas y colocarlas en el lugar de la obra donde se necesitan. Existen varios tipos que dependen del uso que se les da. Ver figuras # 53, # 54 y # 55.

Algunos tipos de montacargas

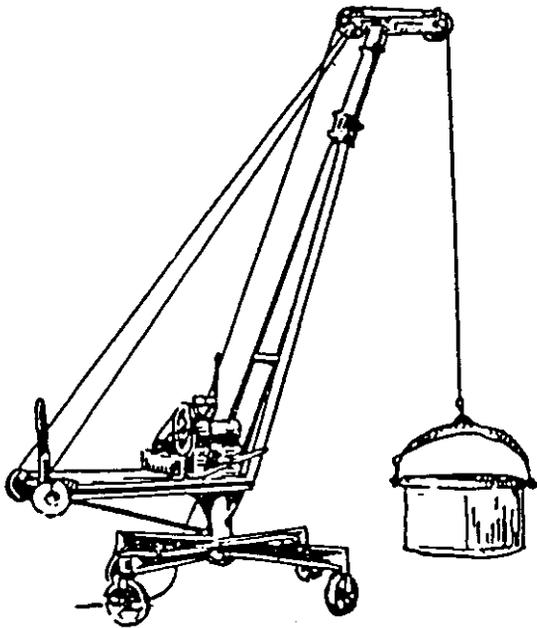


Figura # 54

Esquema de pluma o montacargas

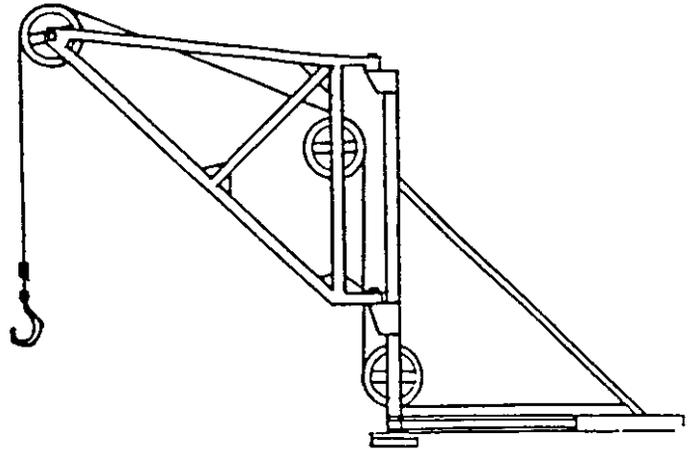


Figura # 53

Montacargas para obras

Montacargas de doble brazo

Figura # 55

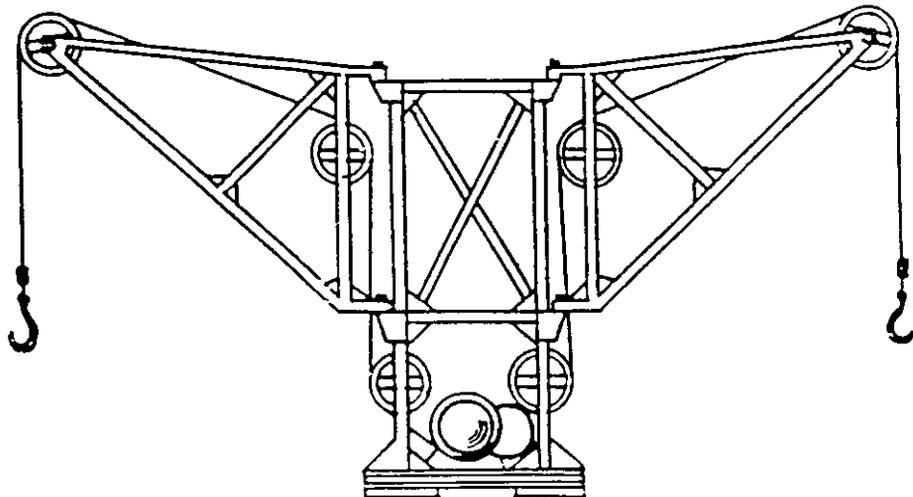


Figura 53. Fuente: Ledo, J.M. Op. Cit., p. 15

Figura 54. Fuente: Ibid, p. 14

Figura 55. Fuente: Ibid, p. 15

#### 4.2.3 Tornos

El torno es un cilindro atravesado por unos ejes de hierro que descansan en horquillas sobre las que giran. Son muy utilizados en la excavación de pozos. Ver figura # 56.

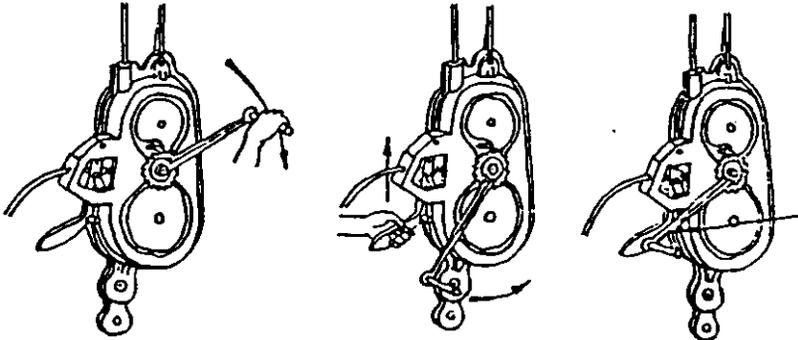


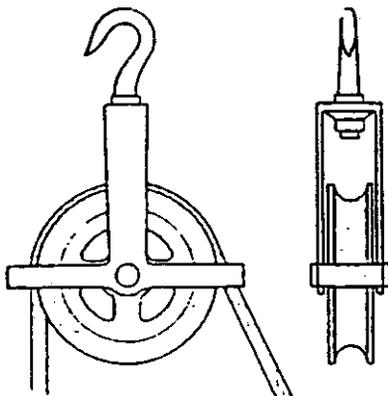
Figura # 56  
Torno de andamio

Existe también el torno de andamio que es sencillo y necesario, de fácil manejo y de mucha utilidad para el albañil. Eleva y baja el andamio a la altura deseada. El torno también puede ser sustituido por poleas.

#### 4.2.4 Gatos

Según los usos existen diversos tipos: gatos para elevación de pequeña potencia (hasta 15 toneladas); gatos de potencia superior a las 15 toneladas, utilizados en puntales; gatos de husillo (hasta 20 toneladas); gatos hidráulicos de acción continua (de 20 a 300 toneladas); gatos de husillos continuos (hasta 20 toneladas); y los gatos de cuñas (hasta 50 toneladas).

#### 4.2.5 Poleas

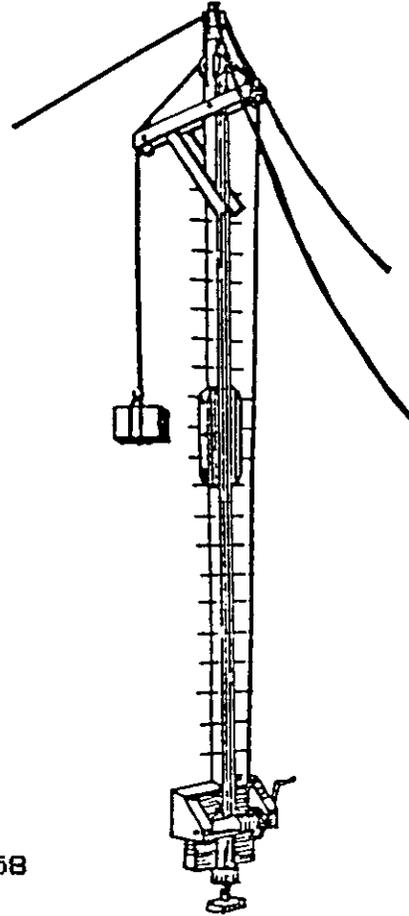


Este es un instrumento de mucha utilidad en la construcción como medio de elevación. También se le conoce como garrucha. Ver figura # 57

Polea típica  
Figura # 57

#### 4.2.6 Pescantes

Pescante es una pieza saliente, que se sujeta a la pared o un poste, y sirve para colgar o sostener algo. En construcción se emplea para colocar en ella una polea que facilite la elevación de materiales, funcionando como grúa o montacargas. Puede ser de madera o de hierro. Ver figura # 58.



Pescante  
Figura # 58

#### 4.2.7 Cables

Son elementos formados por varios alambres finos enrollados, que resisten a la tracción.

#### 4.2.8 Cuerdas

Están compuestas por hilos enrollados en forma helicoidal. Son flexibles y aptos para sostener cargas, aunque no con la resistencia del cable.

#### 4.2.9 Cadenas

Están formadas por eslabones enlazados entre sí. Son muy resistentes y carecen de flexibilidad.

#### 4.3 Condiciones que deben reunir los andamios

Los principios fundamentales que sirven para la elección y concepción de esta construcción temporal son:

1. Seguridad y solidez.
2. Rapidez de montaje y desmontaje
3. Ligereza de los elementos constitutivos.
4. Posibilidad de volver a emplear los materiales utilizados.

#### 4.4 Andamios

Los andamios pueden ser de madera, acero y combinados. Se clasifican en cuatro categorías:

- a. Andamios convencionales, formados por grandes elementos unitarios de madera o tubos de acero.
- b. Los andamios prefabricados fijos, formados por la sobreposición de elementos completos.
- c. Los andamios rodantes, móviles o practicables.
- d. Los andamios suspendidos o volantes.

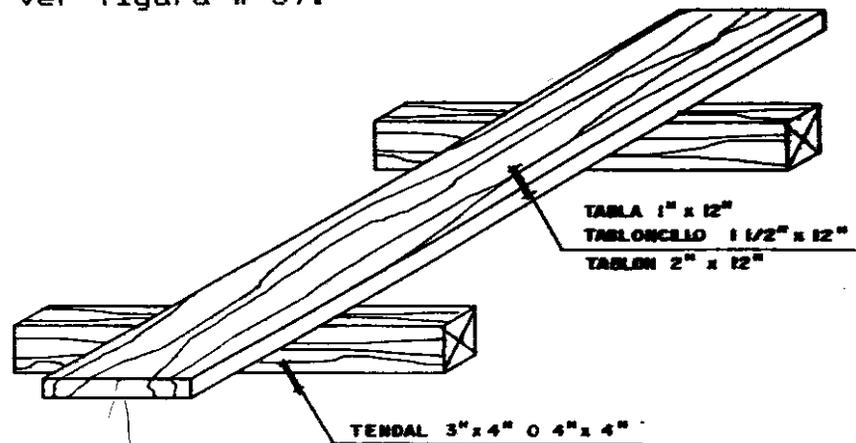
#### 4.5 Andamios de madera

La madera es un material fácil de adaptar para la construcción de andamiajes pesados o livianos, destinados a soportar fuertes cargas con un coeficiente de seguridad.

##### 4.5.1 Condiciones de resistencia

El andamio desde el más sencillo al más completo, sirve para colocar sobre él y, a una altura requerida por la obra, al albañil y sus materiales, para que pueda trabajar sin peligro. Ver figura # 59.

Estructura básica del andamio  
Figura # 59



Figura/59, Fuente: Ibid, p. 22  
Elaboración propia

El resto de la estructura será una armazón de sostén, donde la forma y altura dependerá de las necesidades de la obra.

Ver figura # 60.

Al colocar sobre el andamio el peso de los materiales, los albañiles, un elemento auxiliar y el peso propio, se ejerce una fuerza sobre los apoyos, y ésta provoca esfuerzos que se transmiten a los demás elementos hasta que llegan al suelo. Estos esfuerzos pueden ser de tracción, compresión flexión, etc.

Conviene conocer los esfuerzos a que está sometido un andamio.

No profundizo en el cálculo estructural por no ser éste el propósito del trabajo.

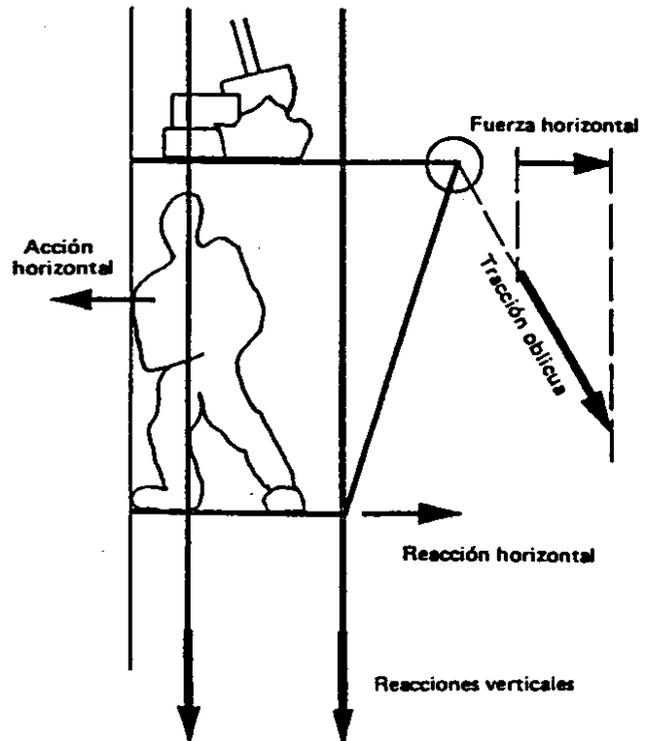


Figura # 60

Una tracción oblicua provoca una fuerza horizontal. Y ésta origina una reacción horizontal.

#### 4.5.2 Clases de maderas utilizadas en los andamios

Puede utilizarse cualquier clase de madera, siempre que resista los esfuerzos a que va a someterse. Si los andamios son ensamblados, la madera debe ser sana, con escuadrias exactas y sin nudos.

En nuestro medio, se utilizan el pino rústico, el ciprés y el pinabete. Sin embargo se recomienda el pino rústico por ser más económico y fácil de obtener.

#### 4.5.3 Estabilidad y rigidez

Un andamio debe ser estable y rígido, esto depende de una buena estructura y buen embreizado. Para mayor rigidez, se colocan contravientos. El embreizado es fundamental en la construcción de un andamio, y no debe omitirse ninguna breiza donde sea necesaria. Para la estabilidad y rigidez debe cumplirse como mínimo con lo siguiente:

- a. Deben evitarse los paralelos o pies derechos menores a 3".
- b. Los vanos de un andamio no deben ser mayores de 3.00 metros. Si fuera mayor, deben estar bien embreizados, y los empalmes y clavazones bien hechos.

Un embreizado en cruz garantiza contra los empujes horizontales.

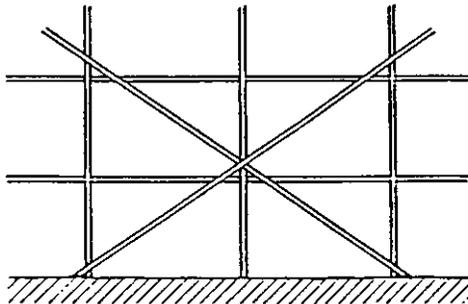


Figura # 61

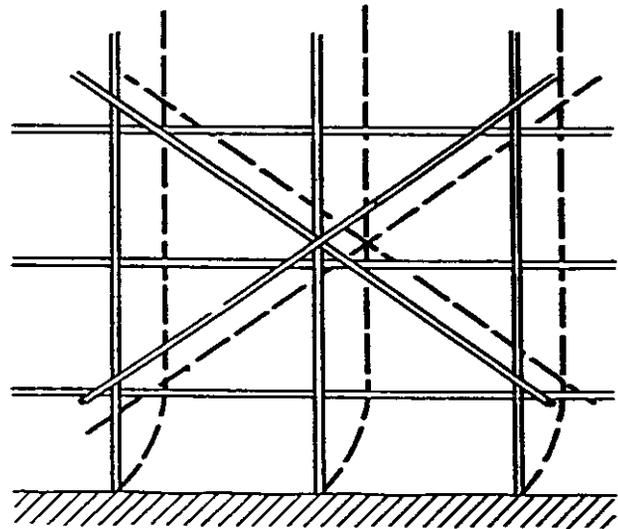


Figura # 62

Si el embreizado no parte de la base, puede producirse una deformación por flexión.

#### 4.5.4 Elementos que constituyen un andamio

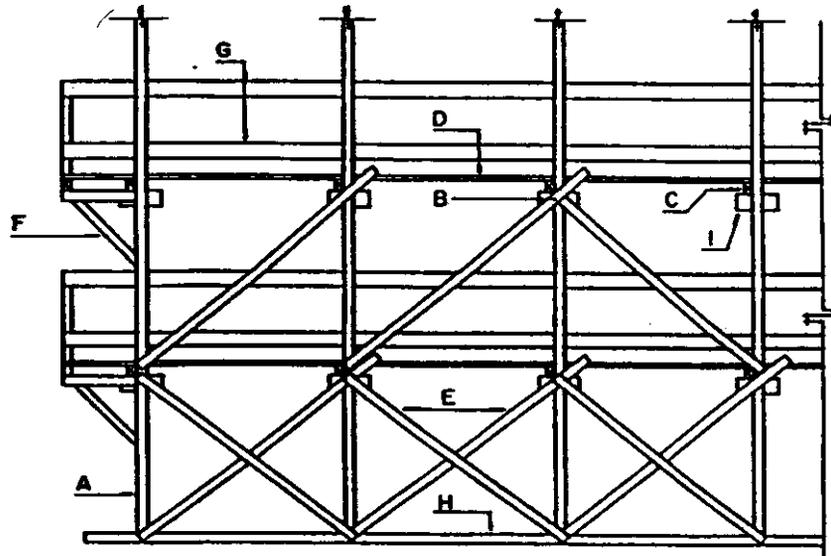
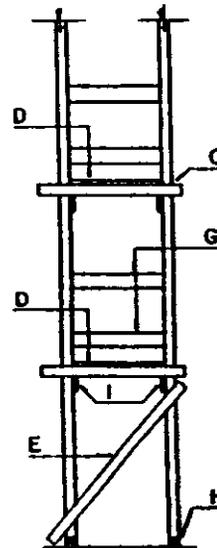


Figura # 63

#### ELEVACION

- A - Paral, pie derecho o alma (67)
- B - Abrazadera (clavada, amarrada o anclada)
- C - Tendal horizontal
- D - Cama del andamio (tabla, tabloncillo o tablón) (68) (69)
- E - Breiza o riostra diagonal
- F - Pata de gallo o contraviento
- G - Baranda de protección
- H - Durmiente o zapata
- I - Cuña



#### SECCION

Figura # 64

Figura 63. Fuente: Ledo, J.H. Op. Cit., p. 37  
Elaboración propia.

Figura 64. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

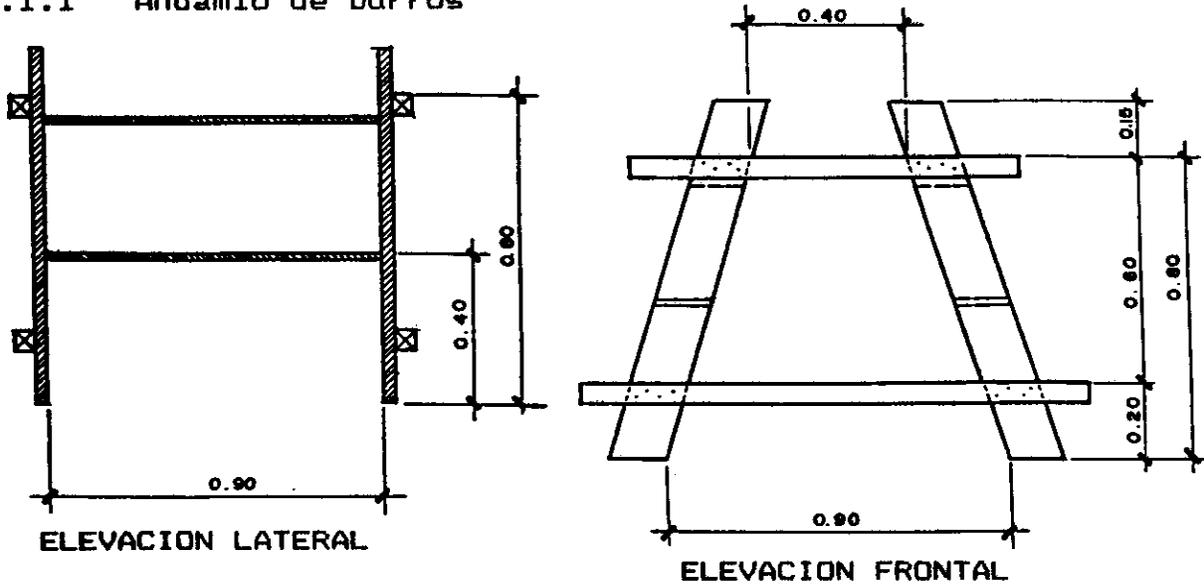
#### 4.6 Variedad de andamios de madera

- a. Andamios ordinarios
- b. Andamios colgados
- c. Andamios ensamblados y sus variedades
- d. Andamios sobre cúpulas
- e. Andamios suspendidos

##### 4.6.1 Andamios ordinarios

Son los andamios simples construidos por los albañiles

##### 4.6.1.1 Andamio de burros



El andamio de burro es el más sencillo y más empleado en las obras. Es de pequeña altura y sólo para un nivel. Ver figura # 65.

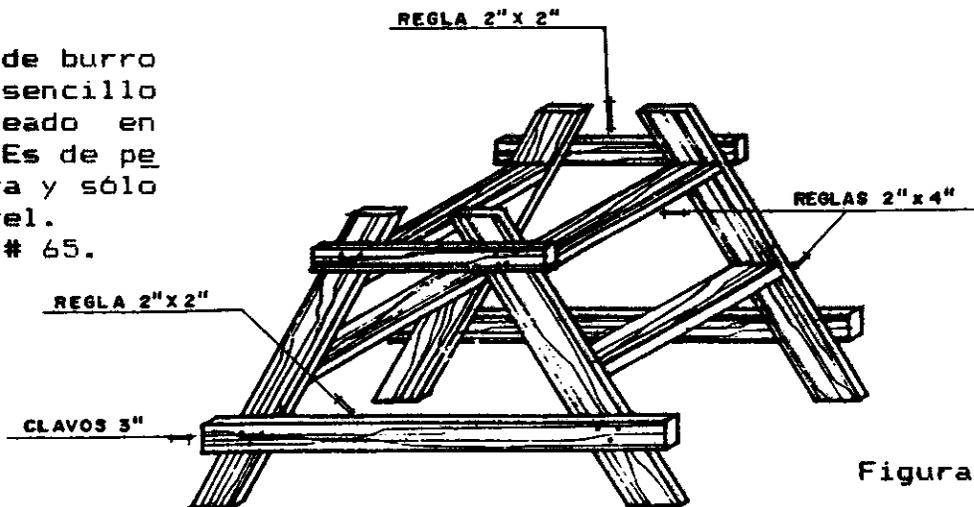
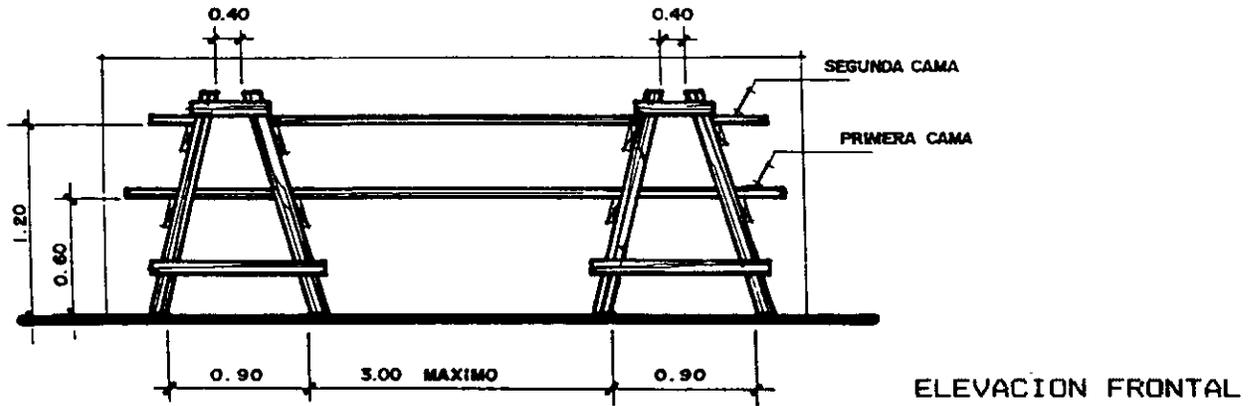


Figura # 65

Figura 65. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

El andamio de burros de uno y dos niveles, se usa para levantado de paredes, fundición hasta la solera de coronamiento y acabados finales. Ver figuras # 66 y # 67.

Figura # 66



BURRO DE DOS CAMAS PARA LEVANTADO DE MURO

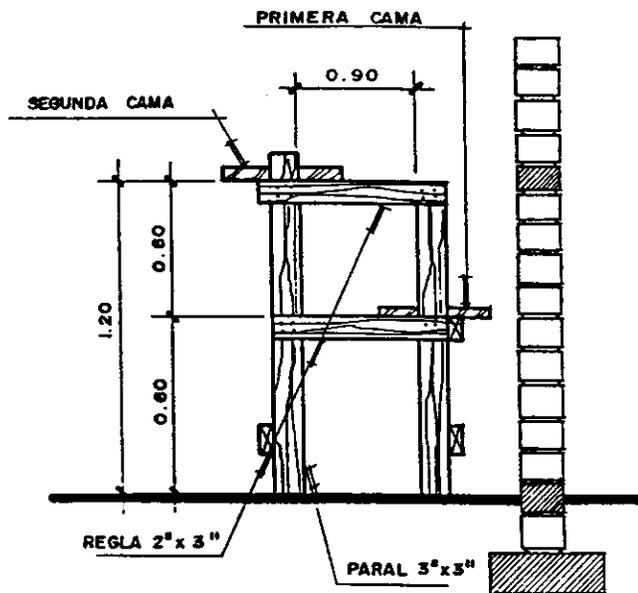


Figura # 67

ELEVACION LATERAL

Figura 66,67. Fuente: Vides T. Amando. Enseñanza práctica en la construcción de la vivienda. pp. 158 y 159  
Elaboración propia.

Otra variedad de burros que por su sencillez y baja altura, son utilizados solo para un nivel. Ver figuras # 68, # 69, # 70 y # 71

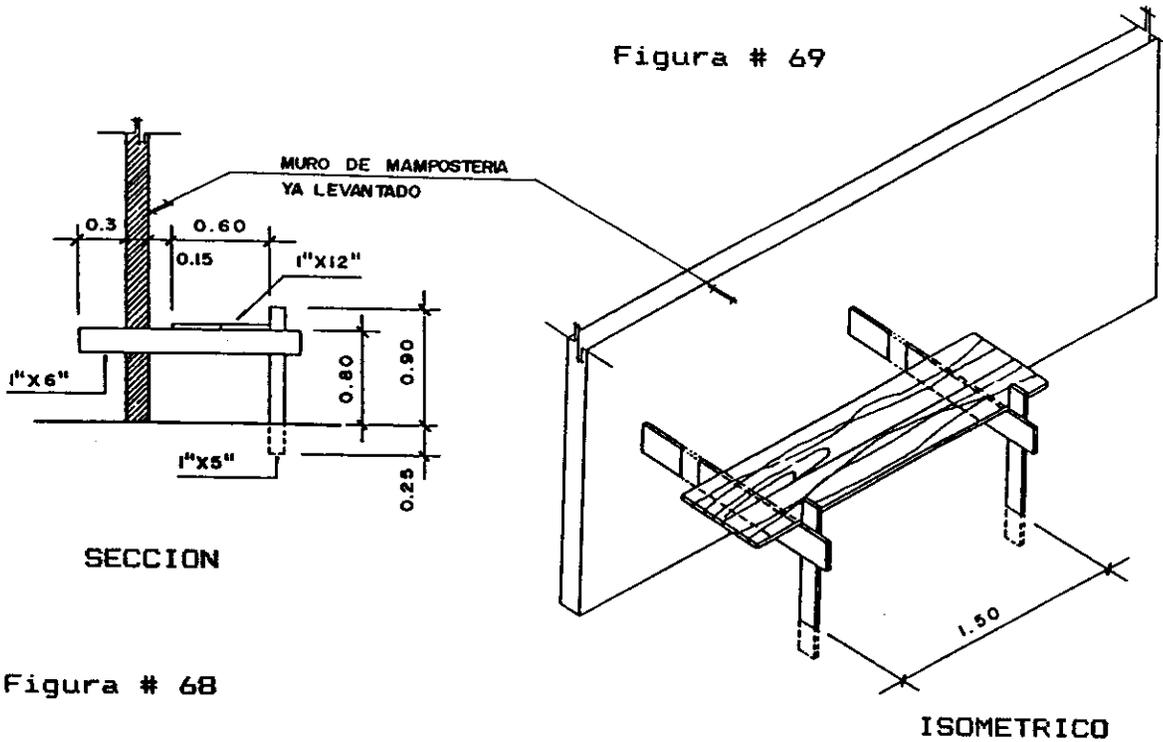


Figura # 68

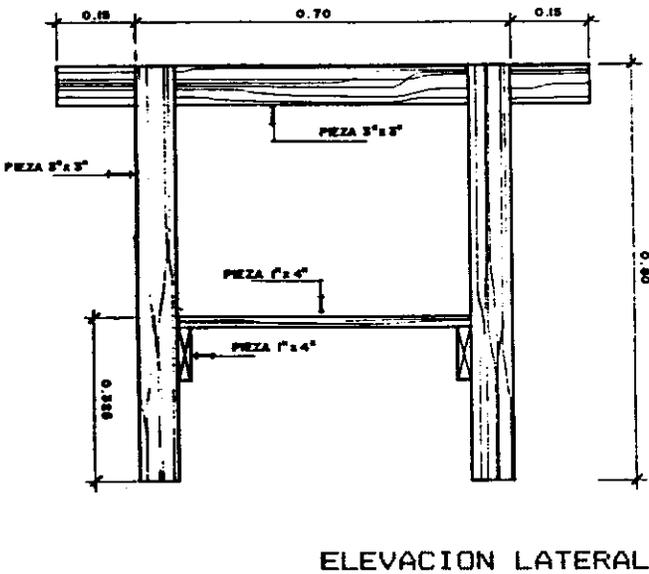
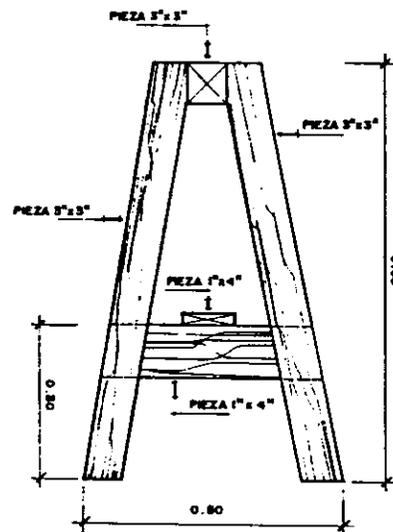


Figura # 70

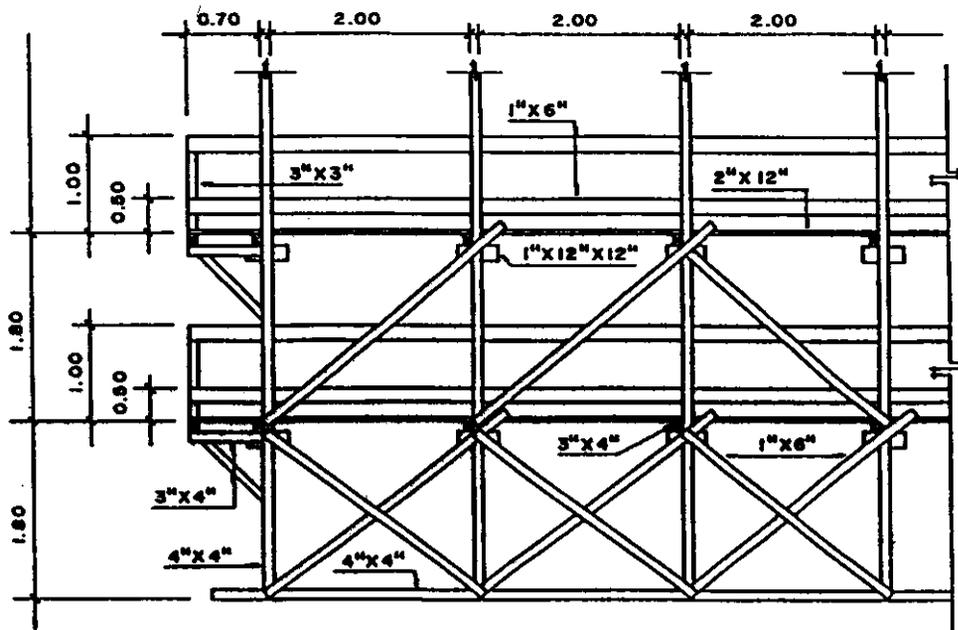


ELEVACION FRONTAL  
Figura # 71

Figura 68,69. Fuente: Guan M., Carlos R. "Introducción al estudio de Sistemas y métodos constructivos". p. 21  
Elaboración propia.

Figura 70,71. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

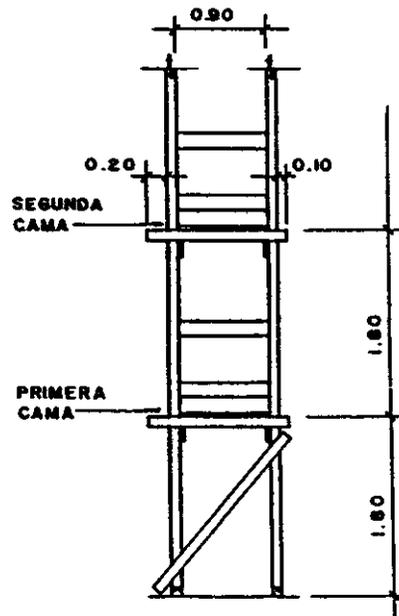
#### 4.6.1.2 Andamio de almas



ELEVACION

Figura # 72

Los andamios de almas son torres formadas por elementos verticales, horizontales y diagonales unidos entre sí, que evitan deformaciones y le dan mayor rigidez a la estructura. Se utilizan en construcción, acabados, etc. Ver figuras # 72 y # 73.



SECCION

Figura # 73

Figura 72. Fuente: Ledo, J.M. Op. Cit., p. 37  
Elaboración propia.

Figura 73. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

Andamio de almas  
La figura # 72 a, representa  
el isométrico del andamio de  
almas más utilizado.

ISOMETRICO  
DEL ANDAMIO

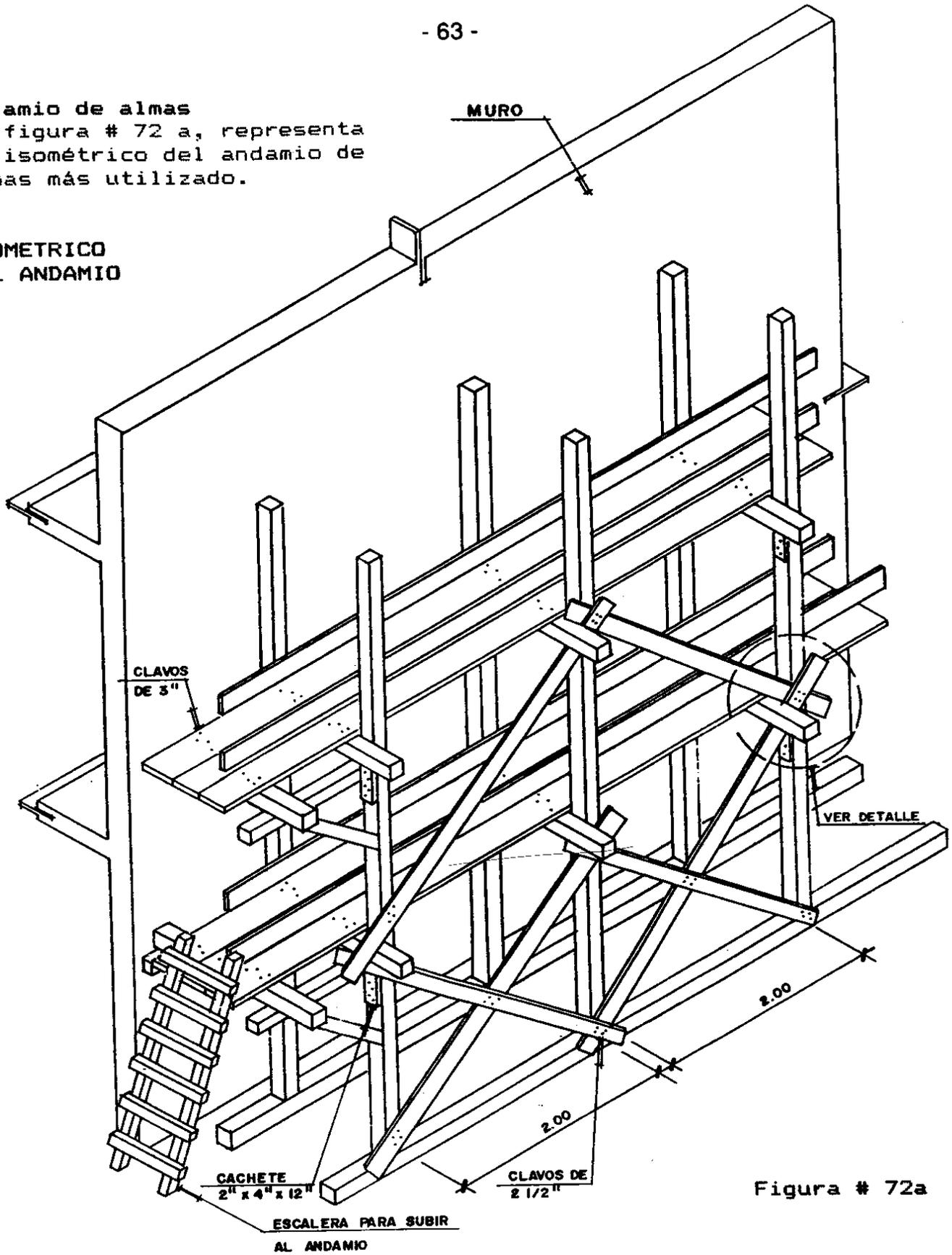
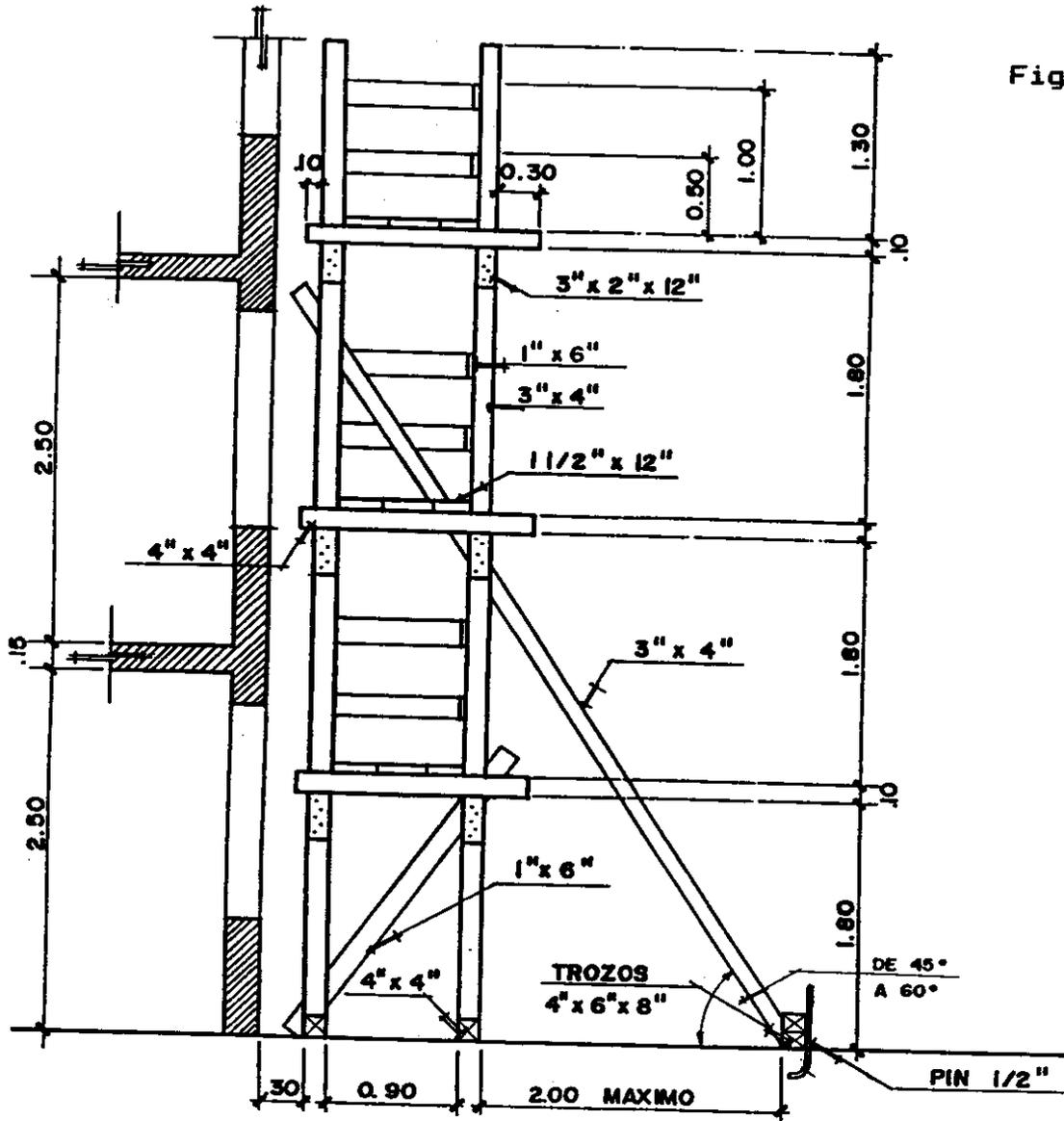


Figura # 72a

Figura 72a. Elaboración propia.

Figura # 73a



SECCION DEL ANDAMIO

En la figura # 73 a, se muestra la sección de un andamio de almas apuntalado por medio de puntales de madera. Estos van clavados al andamio y apoyados en trozos al suelo.

DETALLE

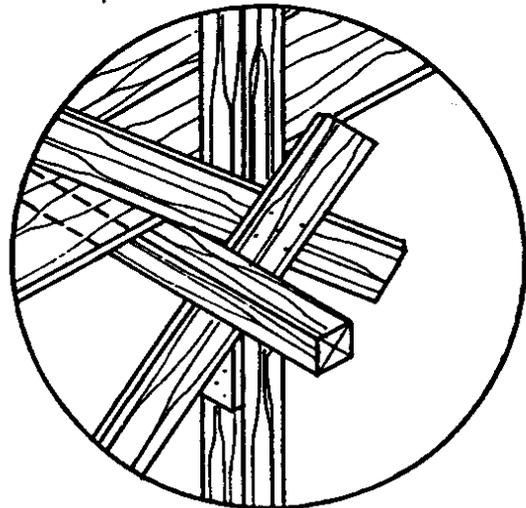
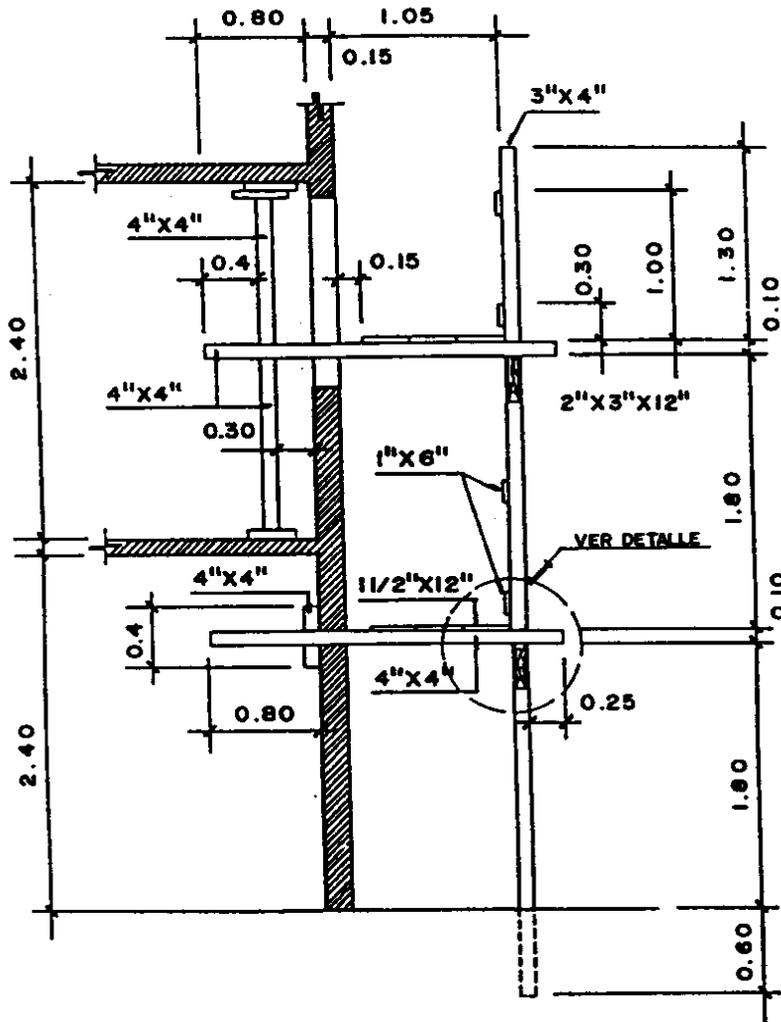


Figura 73a. Fuente: Banco Continental, Calzada Roosevelt, zona 7. Elaboración propia.

Otra variedad de andamio de almas



Los paraleles de este andamio van enterrados en el suelo y los ten dales empotrados en el muro o a travesando una ventana. Ver figura # 74.

SECCION

Figura # 74

DETALLE

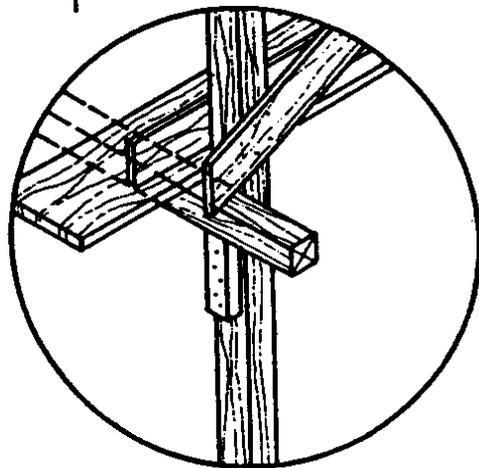


Figura 74. Fuente: Trabajo de campo.  
Elaboración propia.

En los andamios de almas, se colocan breizas en "X" en el primer nivel, para mayor estabilidad. A partir del segundo nivel, se pueden colocar breizas diagonales. Ver figura # 75.

ISOMETRICO

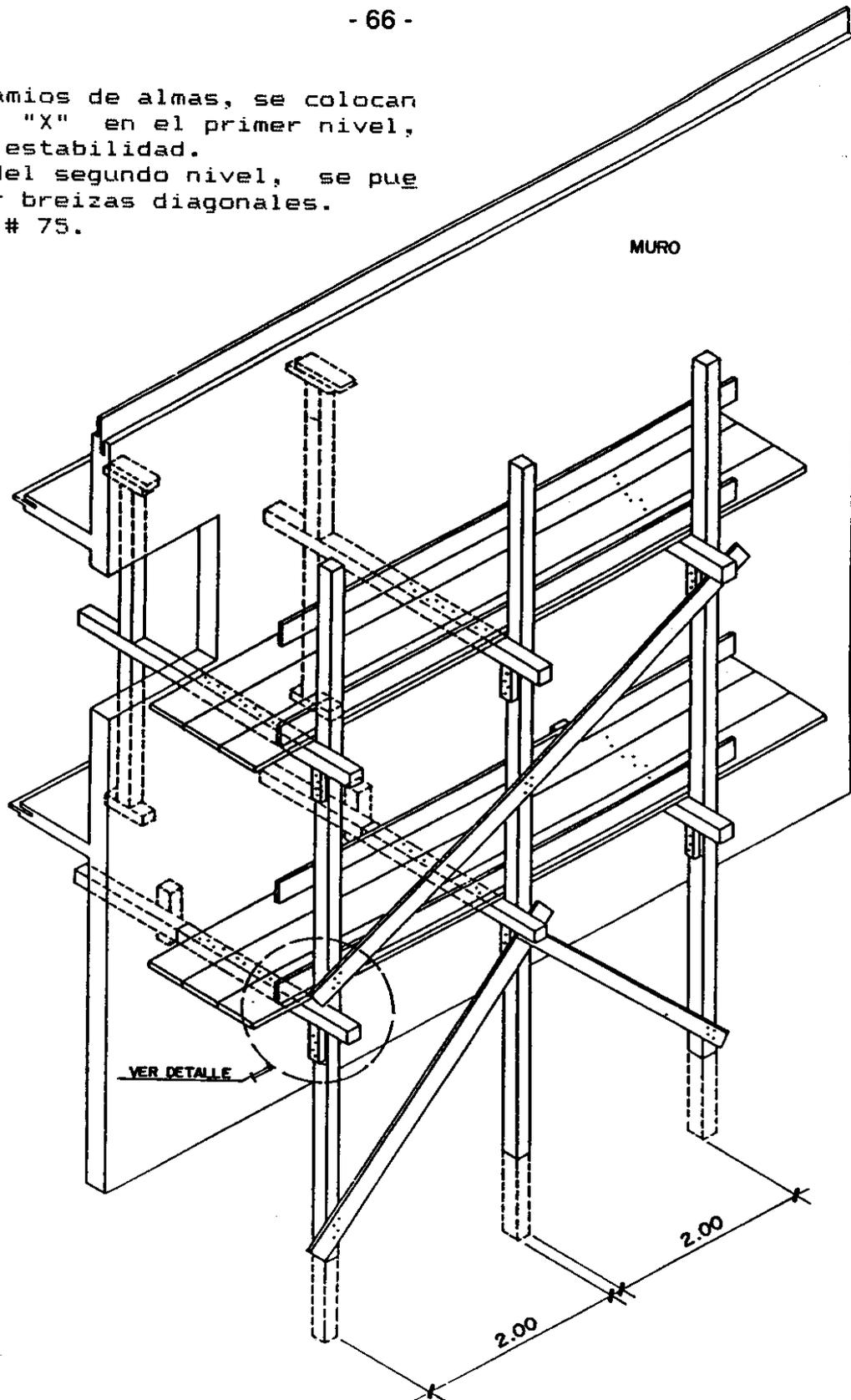
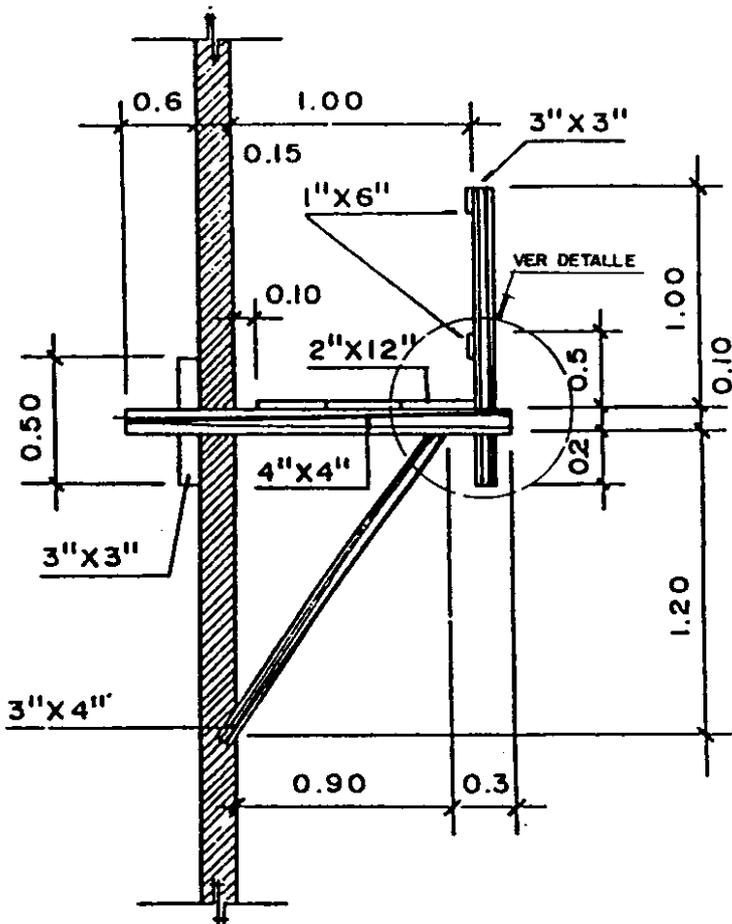


Figura # 75

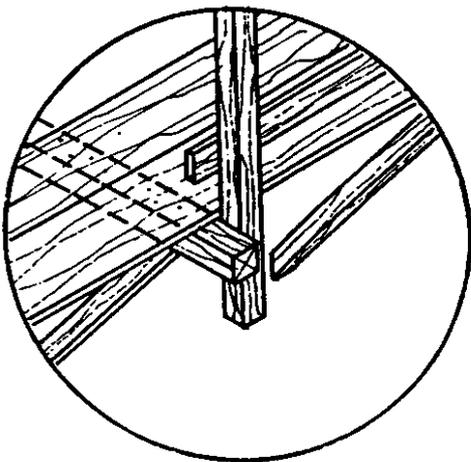
Figura 75. Elaboración propia.

4.6.1.3 Andamio de puente volado y algunas variedades

Estos andamios son puentes volados que salen y se empotran en el muro o atraviesan una ventana, recibiendo las tablas o los tablonces del entramado o cama. Se utiliza en acabados o reparaciones exteriores. Se construyen independientemente a partir del segundo nivel. Ver figuras # 76 y # 77.



SECCION



DETALLE

Figura # 76

Figura 76. Fuente: Trabajo de campo.  
Elaboración propia.

Andamio de puente volado

Figura # 77

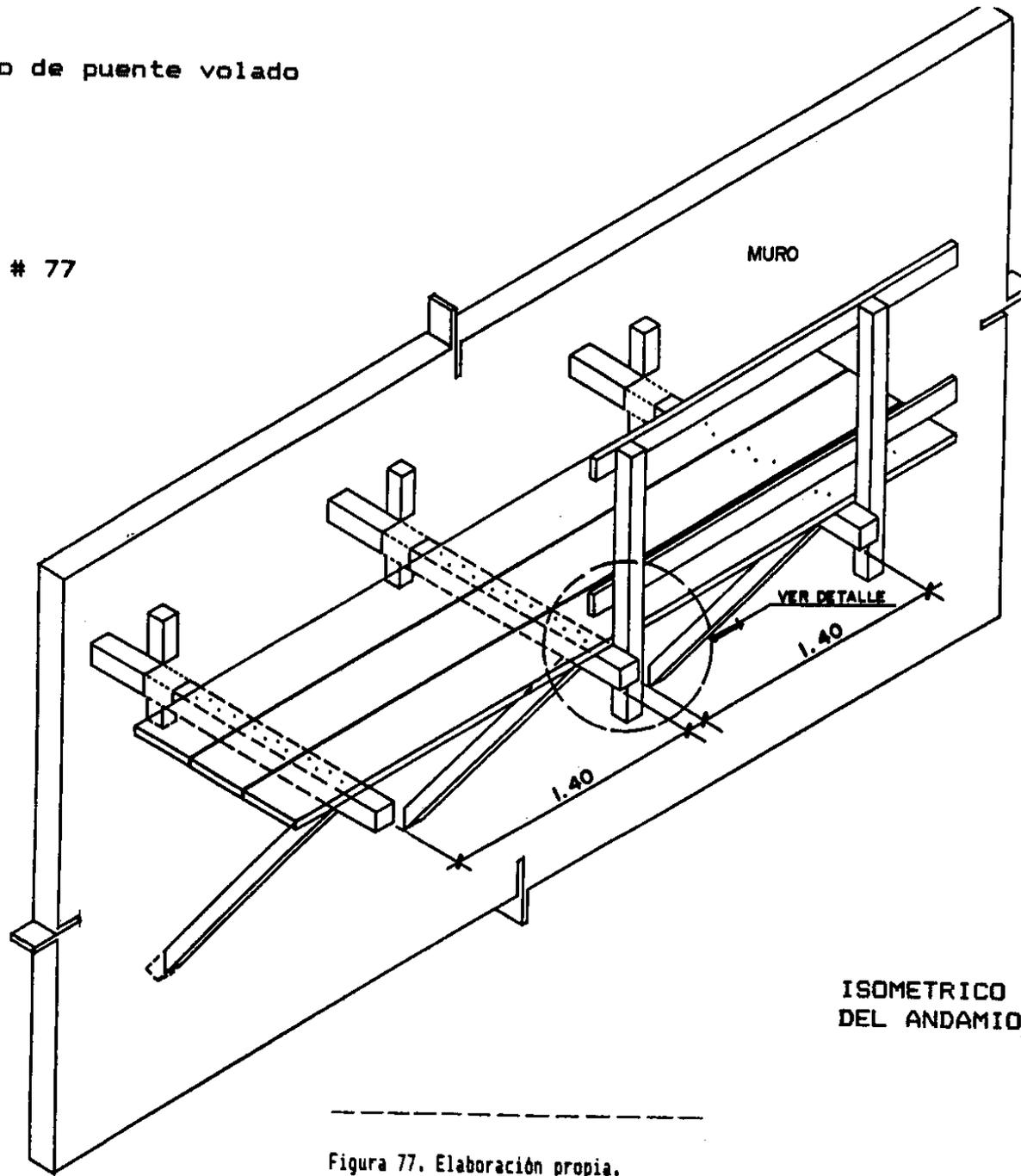


Figura 77. Elaboración propia.



Andamio de puente volado  
de dos camas

Figura # 79

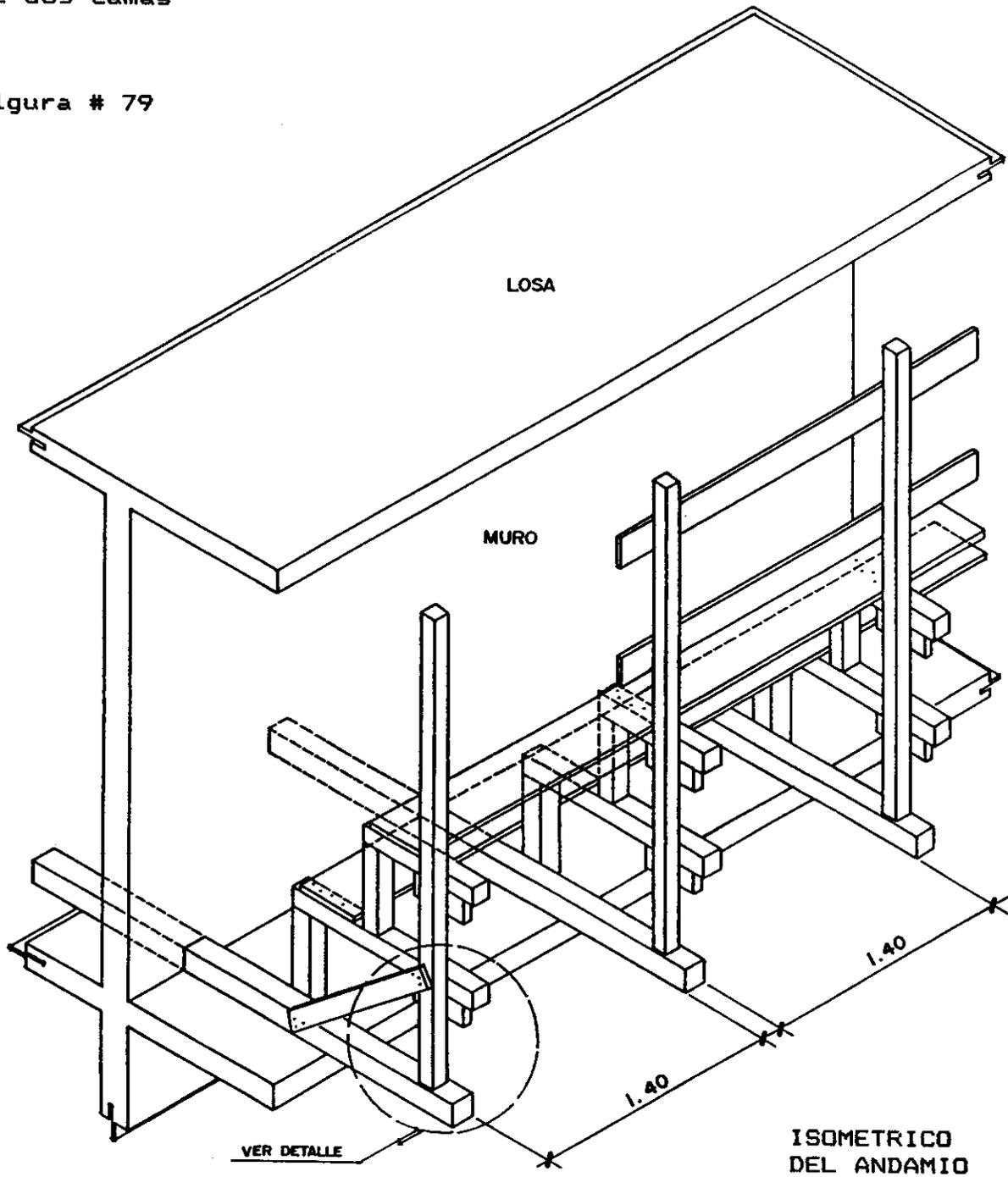
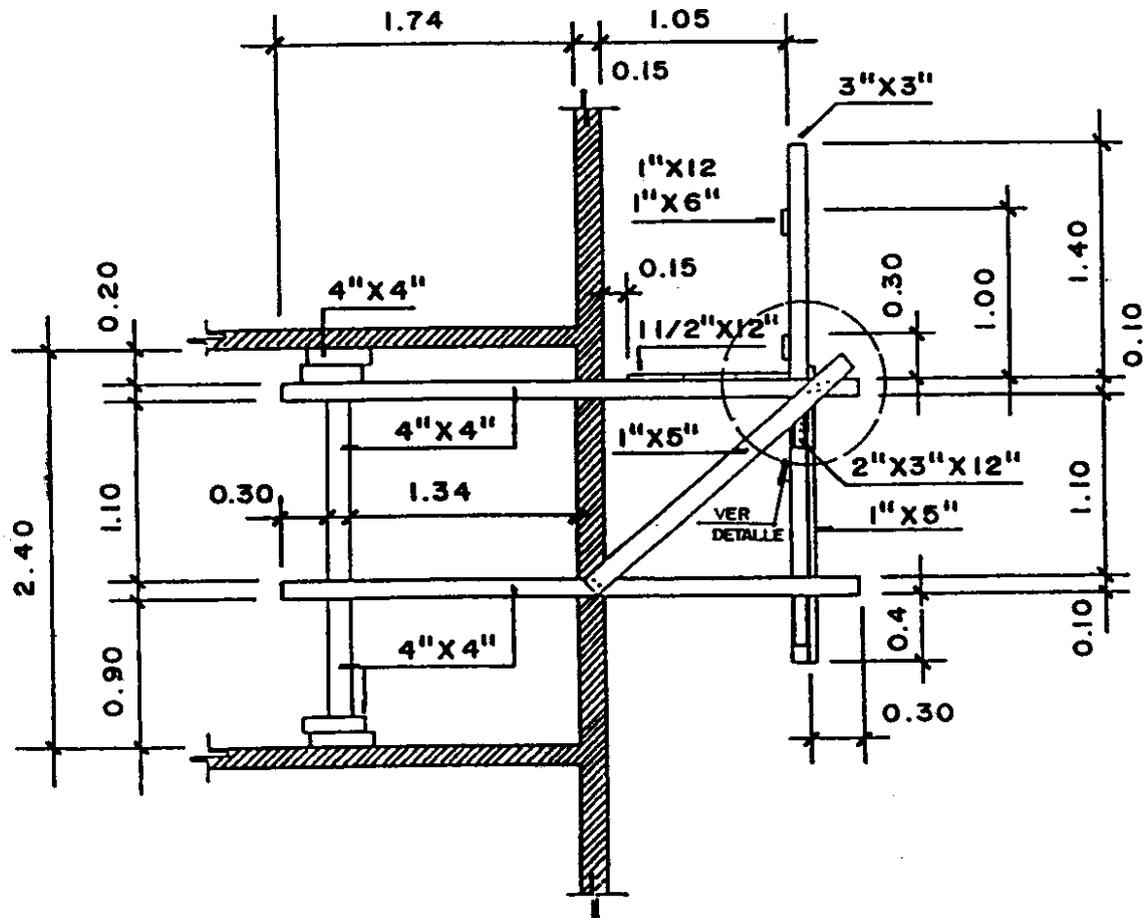


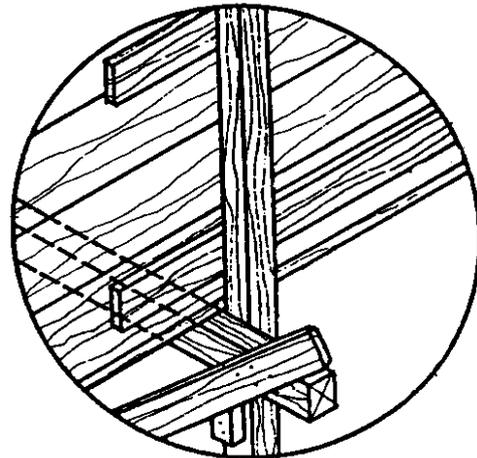
Figura 79. Elaboración propia.

Figura # 80



SECCION

DETALLE



ANDAMIO DE  
PUENTE VOLADO  
DE UNA CAMA  
Ver figuras  
# 80 y # 81.

Figura 80. Fuente: Baud, Gérard. Op. Cit., p. 200  
Elaboración propia.

**Andamio de puente volado  
de una cama**

Para una luz menor de 1.50 m., usar una breiza.  
Para una luz mayor de 1.50 m., usar dos breizas.

Figura # 81

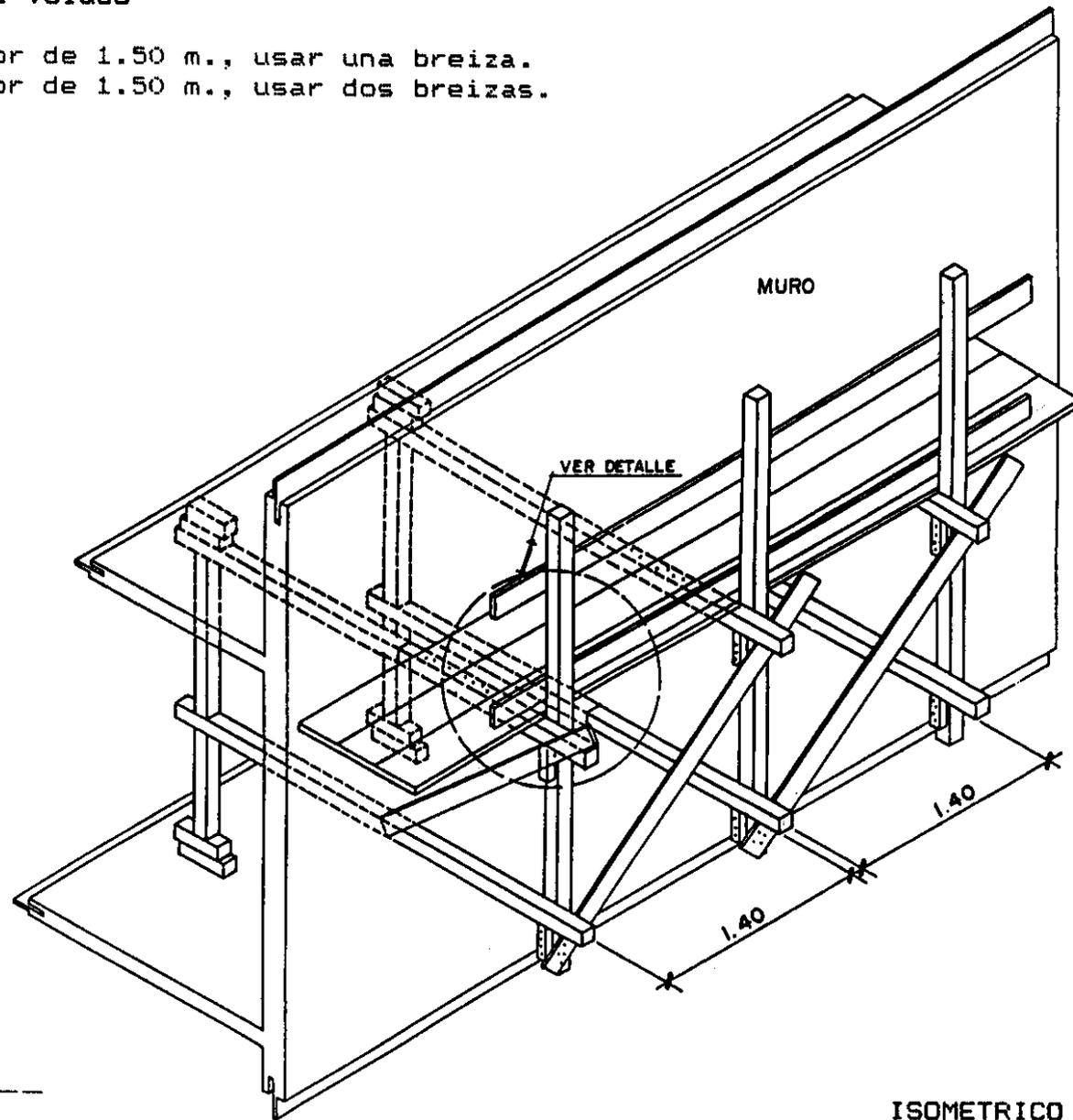
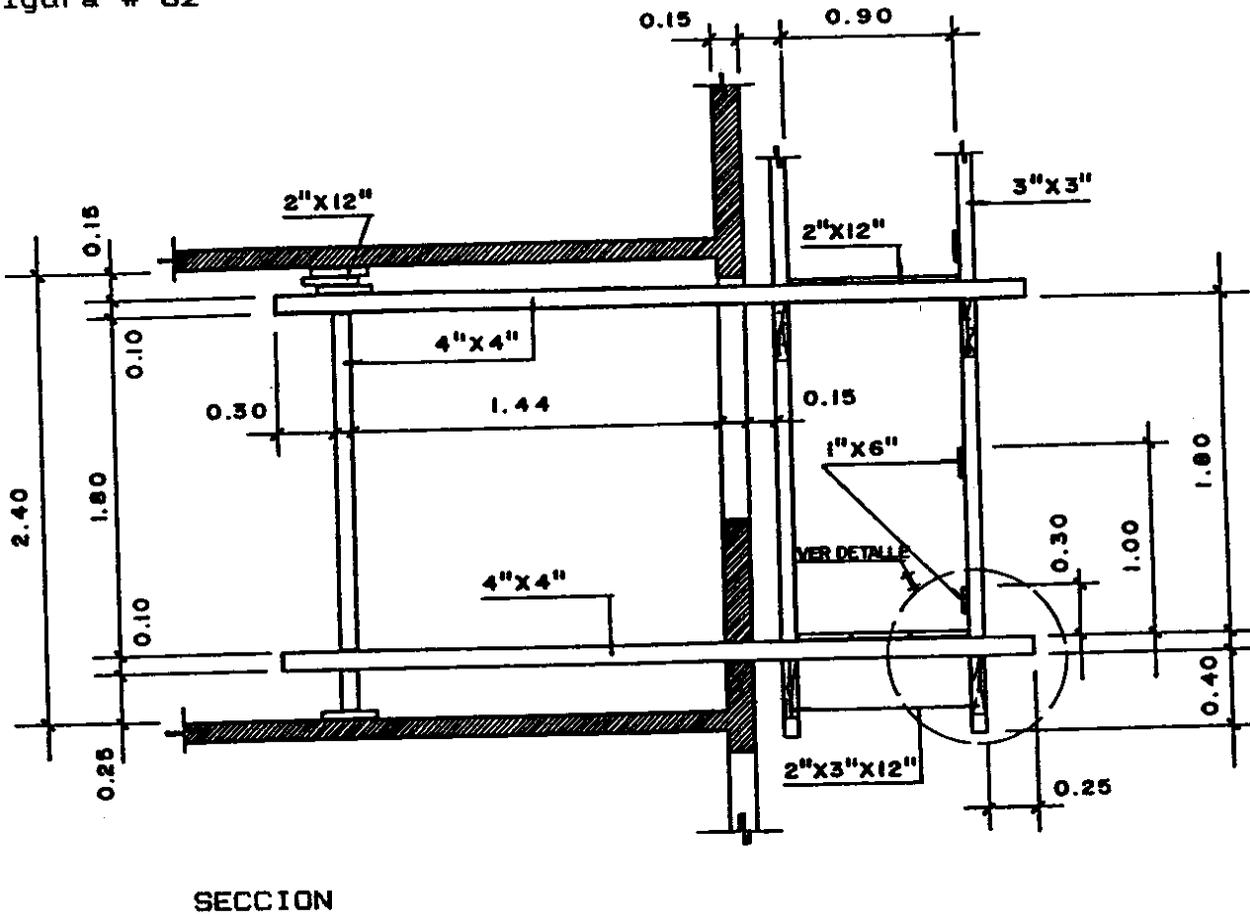


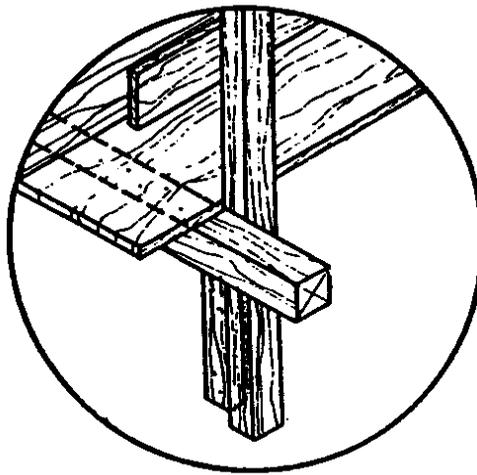
Figura 81. Elaboración propia.

ISOMETRICO  
DEL ANDAMIO

Figura # 82



ANDAMIO DE  
PUENTE VOLADO  
QUE SE CONSTRUYE  
EN TORRE  
A PARTIR DEL  
SEGUNDO NIVEL  
Ver figuras  
# 82 Y # 83.



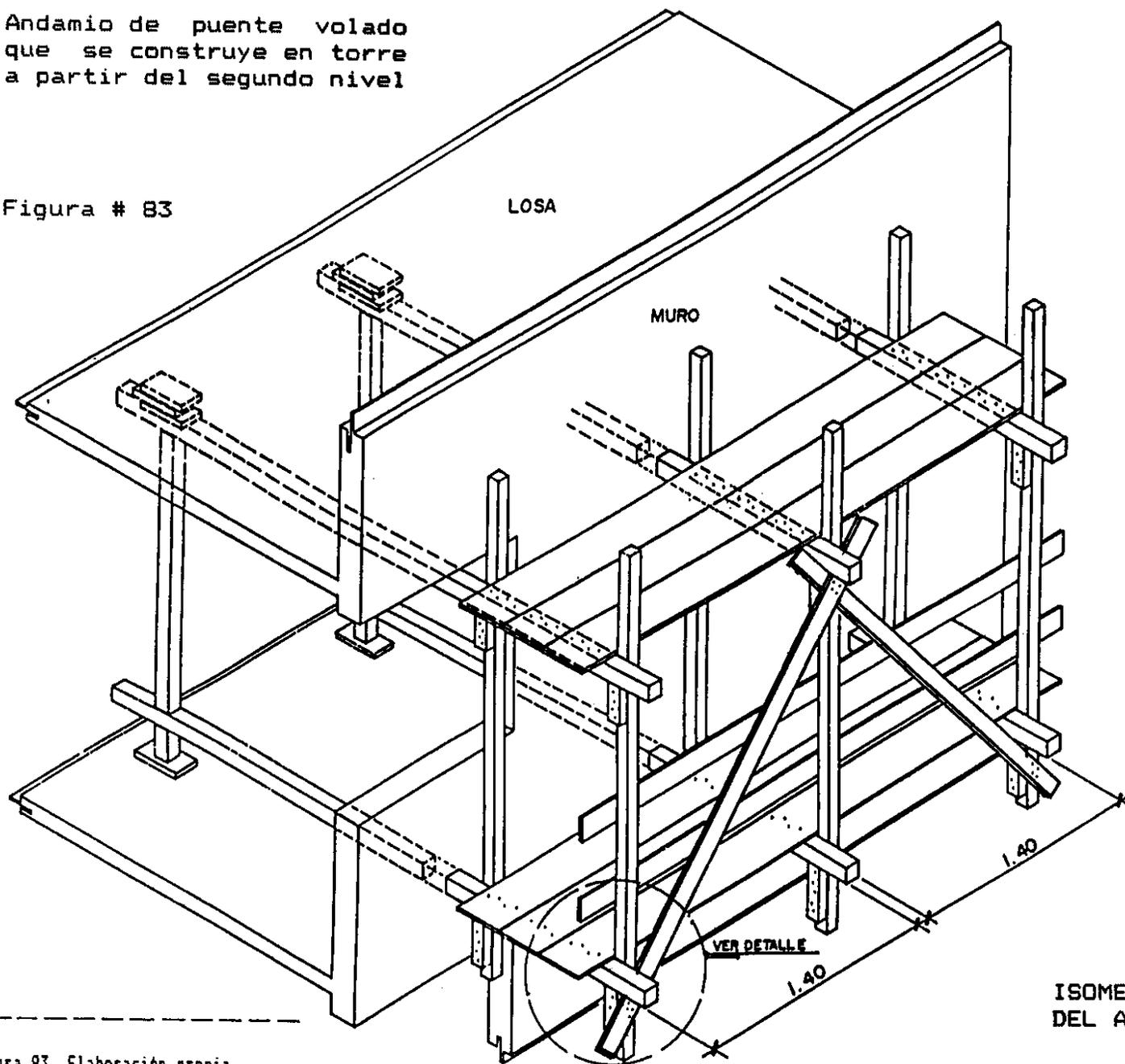
DETALLE

Figura 82. Fuente: Trabajo de campo.  
Elaboración propia.



Andamio de puente volado  
que se construye en torre  
a partir del segundo nivel

Figura # 83



ISOMETRICO  
DEL ANDAMIO

Figura 83. Elaboración propia.

#### 4.6.1.4 Andamios de parales

Están formados por marcos embreizados. En éstos, se clavan las tablas que forman la cama o piso del andamio. Se usa en interiores para acabados de techo, montaje de estructuras, etc. Ver figuras # 84 y # 85.

Figura # 84

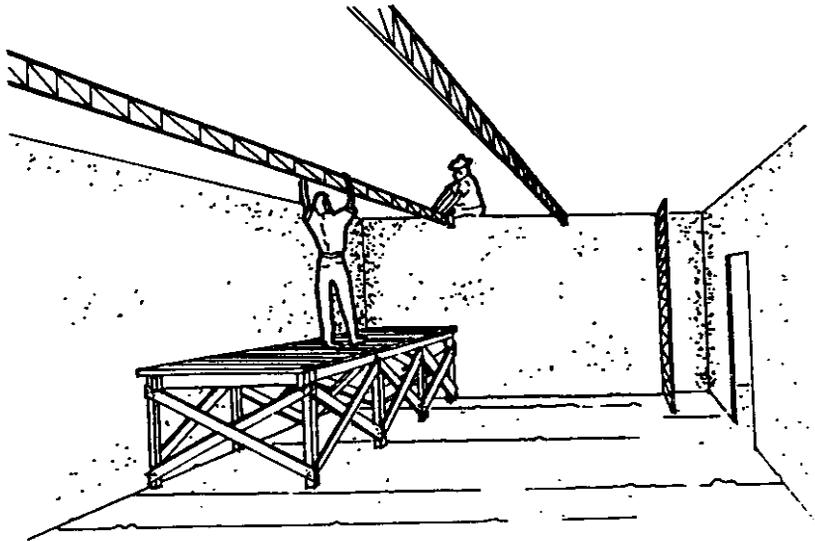


Figura # 85

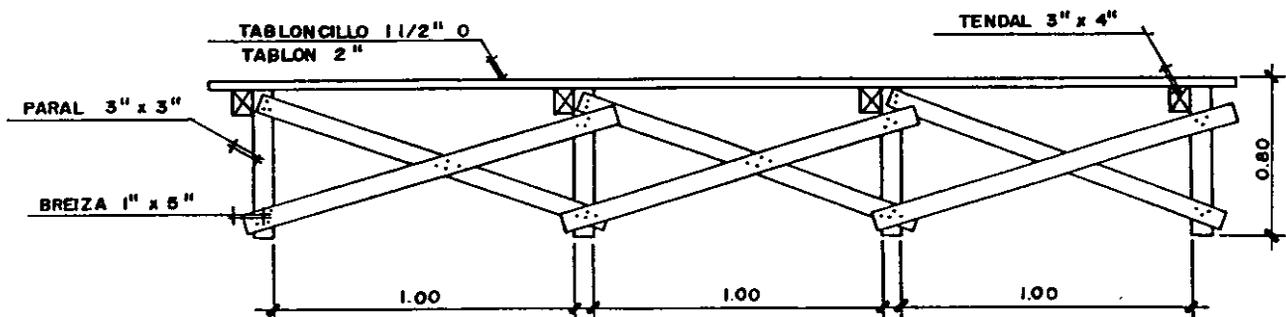
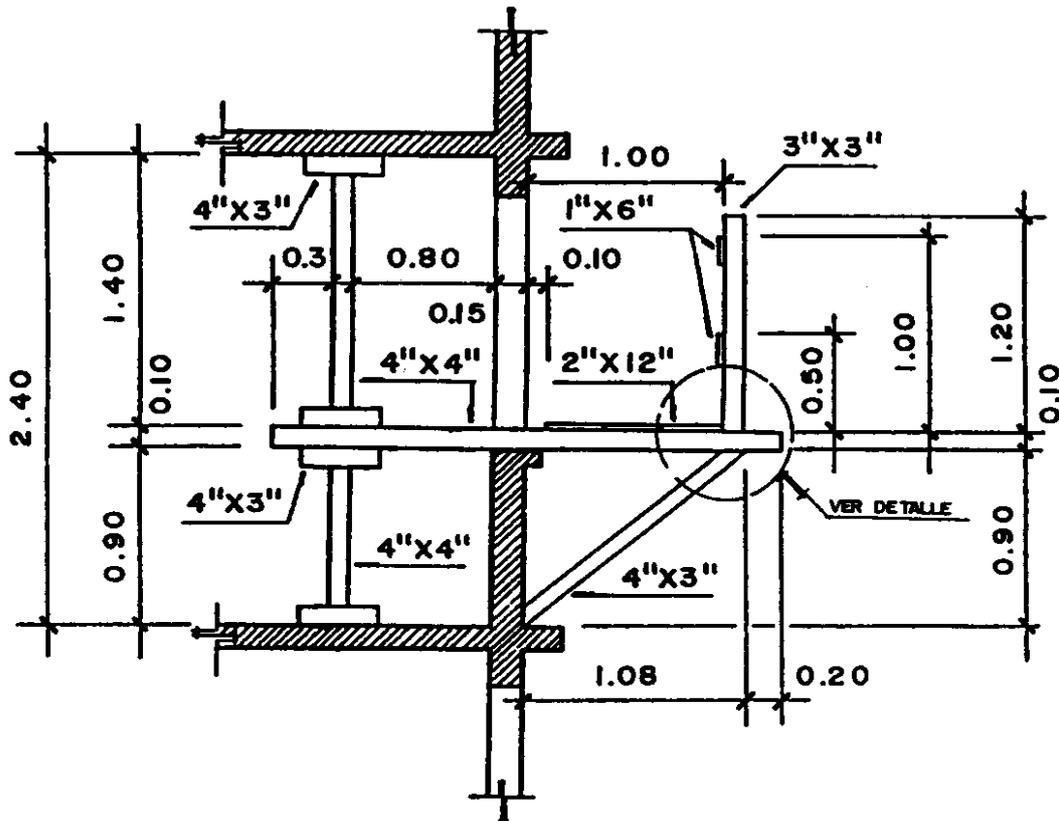


Figura 84. Fuente: Vides, Amando. Op. Cit., p. 327  
Elaboración propia.  
Figura 85. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

#### 4.6.1.5 Andamio de palomillas

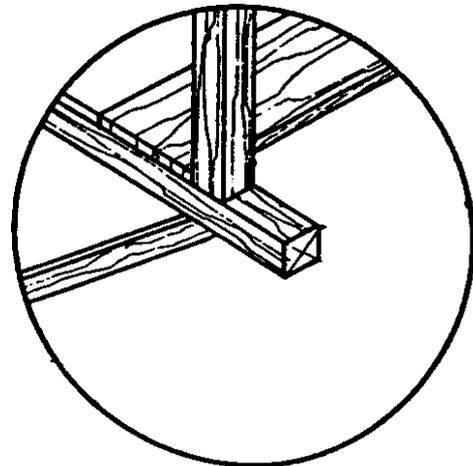
Está compuesto por una cama, patas de gallo y parales verticales. Se utiliza para acabados, reparación y mantenimiento en exteriores. Ver figuras # 86 y # 87.



SECCION

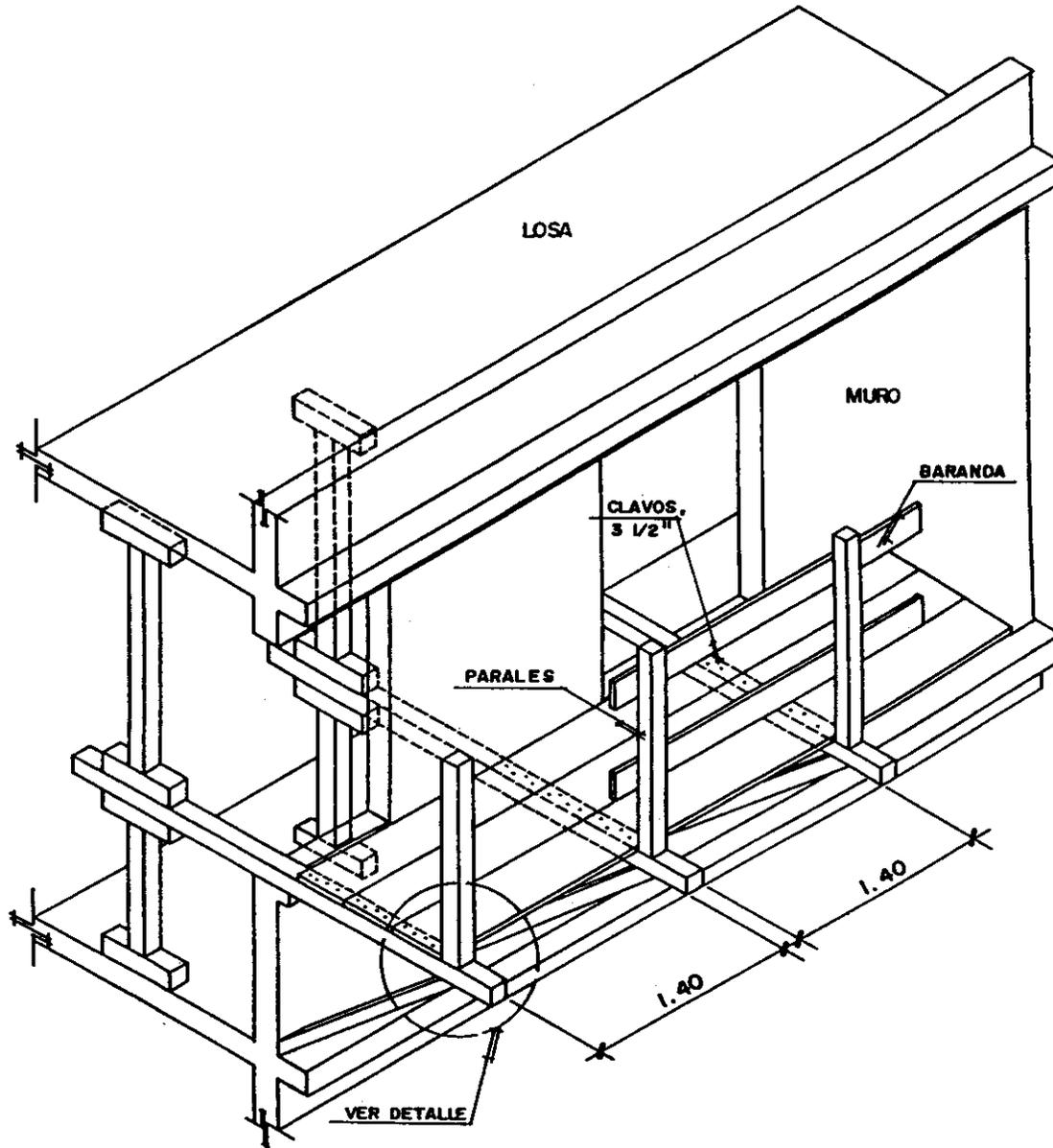
Figura # 86

DETALLE



Andamio de palomillas

Figura # 87

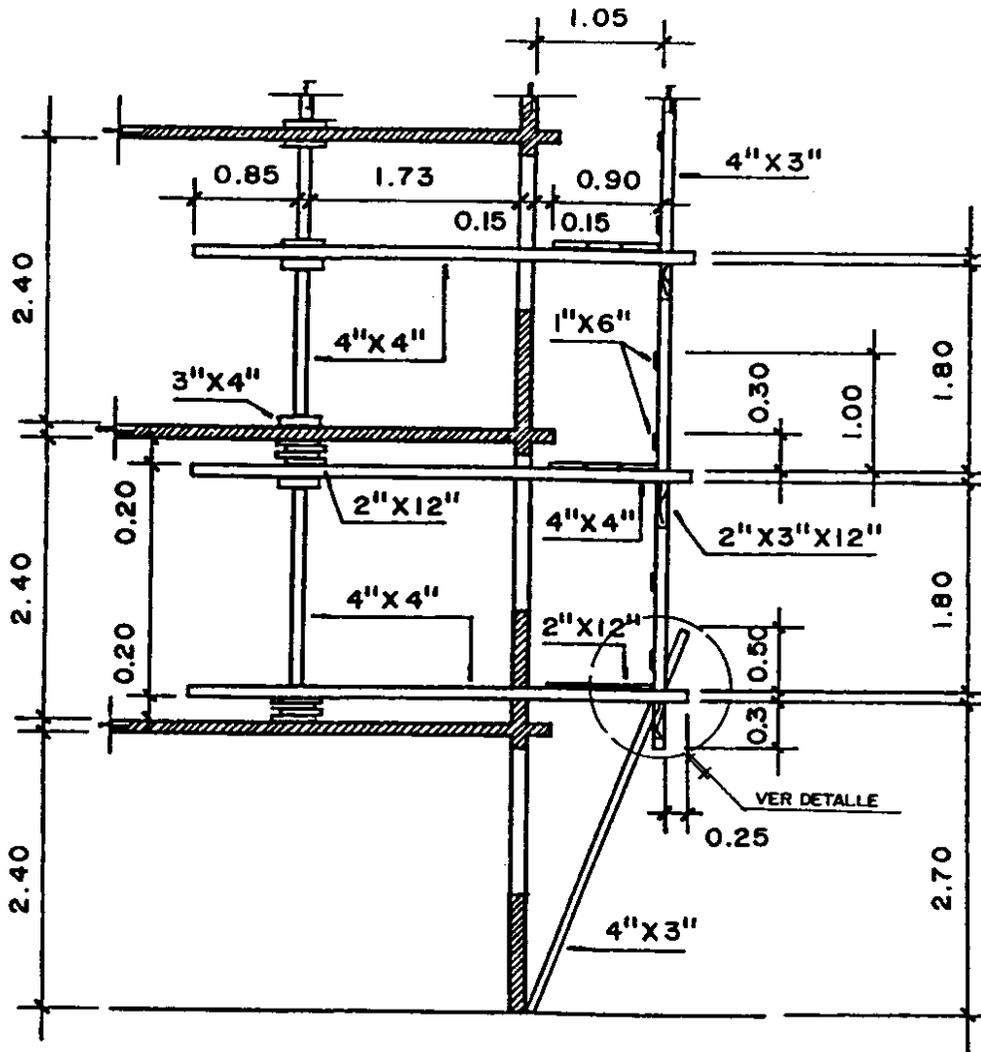


ISOMETRICO  
DEL ANDAMIO

Figura 87. Elaboración propia.

4.6.2 Otras variedades de andamios

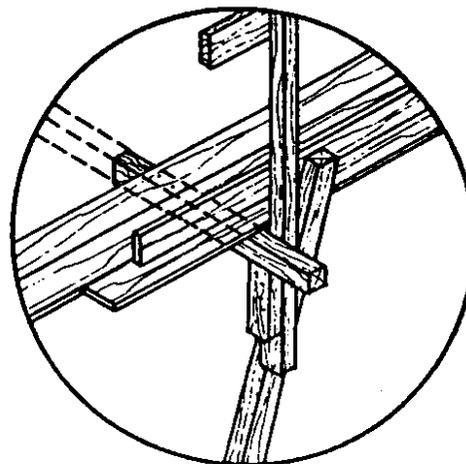
Figura # 88



SECCION

4.6.2.1 Andamio de tornapuntas

Se construye cuando no se puede obstaculizar el paso peatonal en una acera. Se utiliza para acabados y reparaciones en fachadas. Ver figs. # 88 y # 89.



DETALLE

El andamio de torca  
puntas, se puede  
construir en torre,  
desde el segundo ni  
vel. Ver figura # 89.

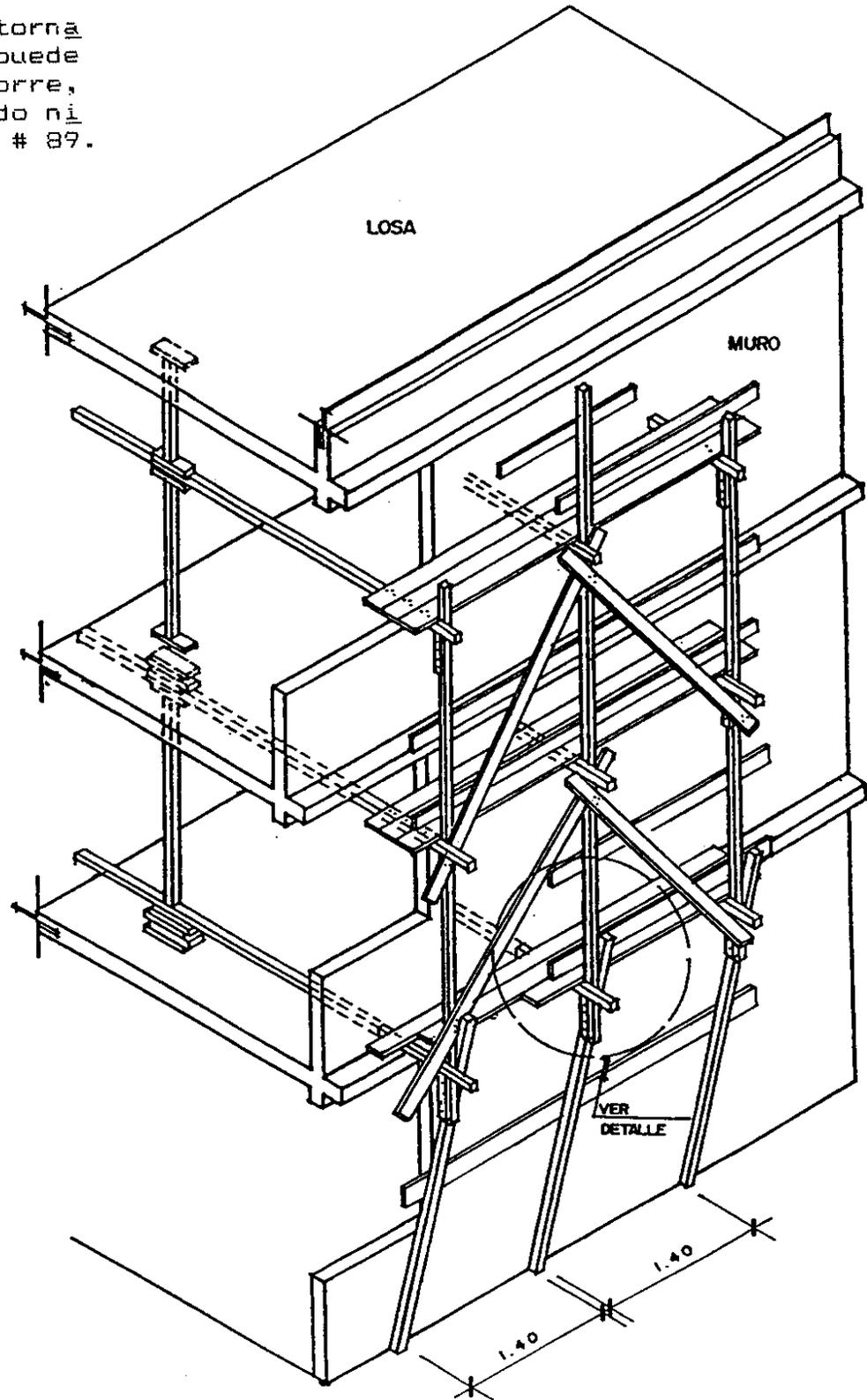


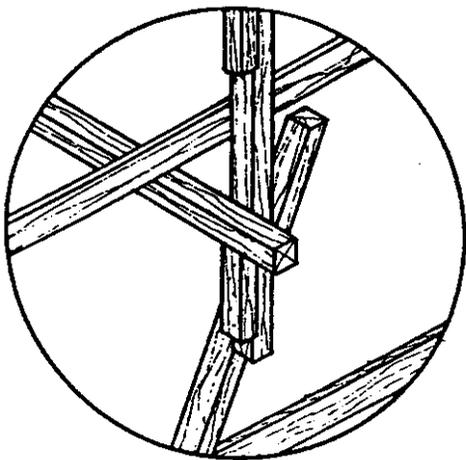
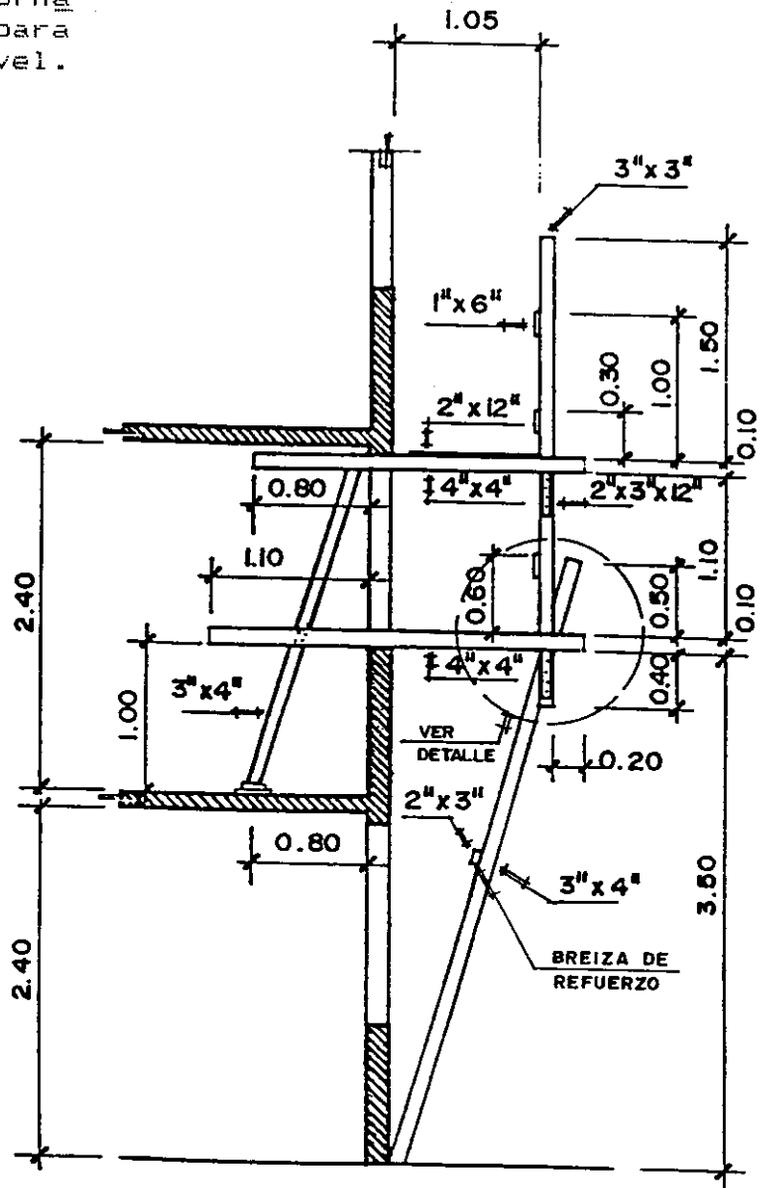
Figura # 89

Figura 89. Elaboración propia.

Esta clase de andamio de torca puntas es exclusivamente para emplearlo en un segundo nivel. Ver figuras # 90 y # 91.

Figura # 90

SECCION



DETALLE

Figura 90. Fuente: Baud, Gérard. Op. Cit., p. 200  
Elaboración propia.

Andamio de tornapuntas

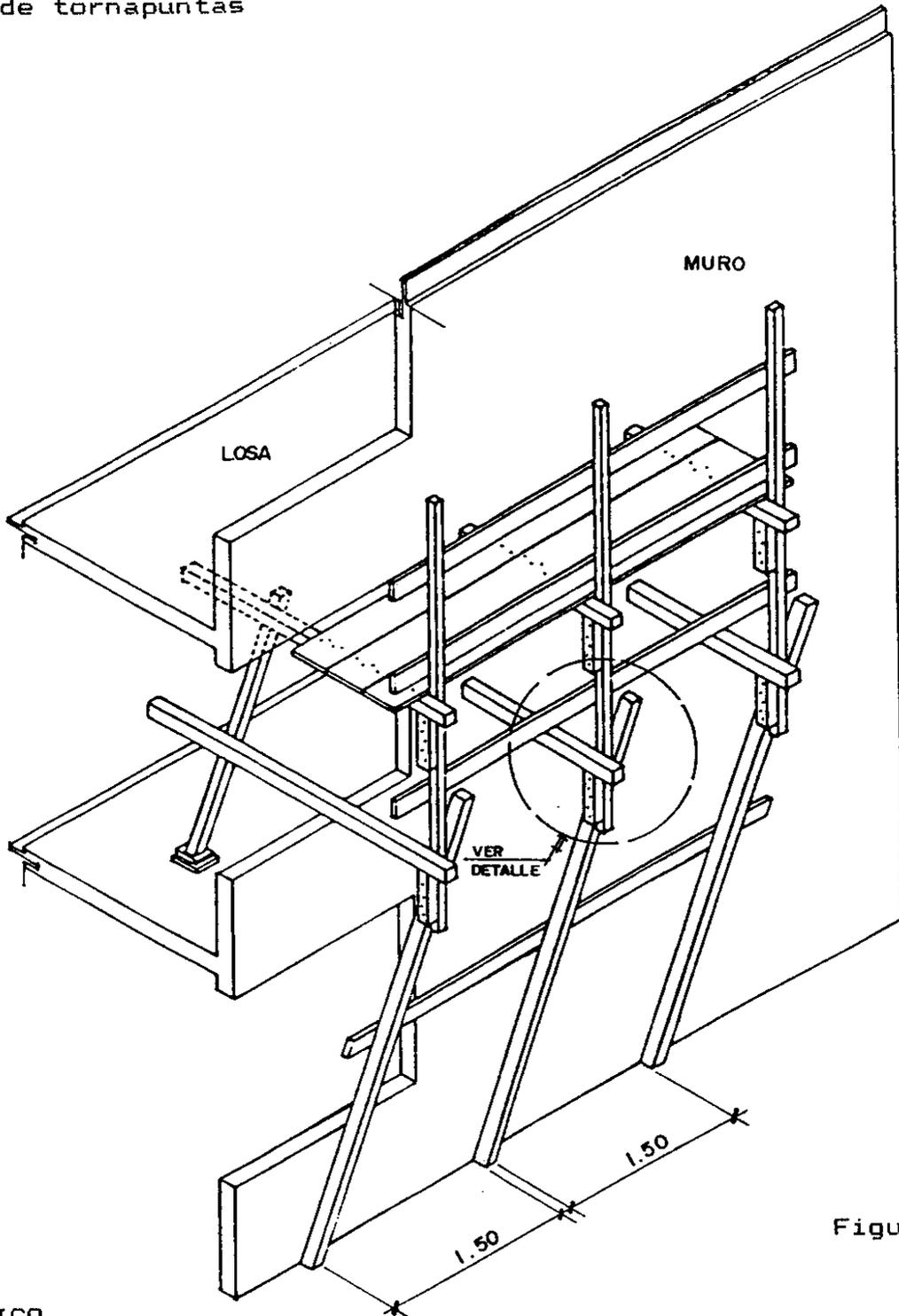


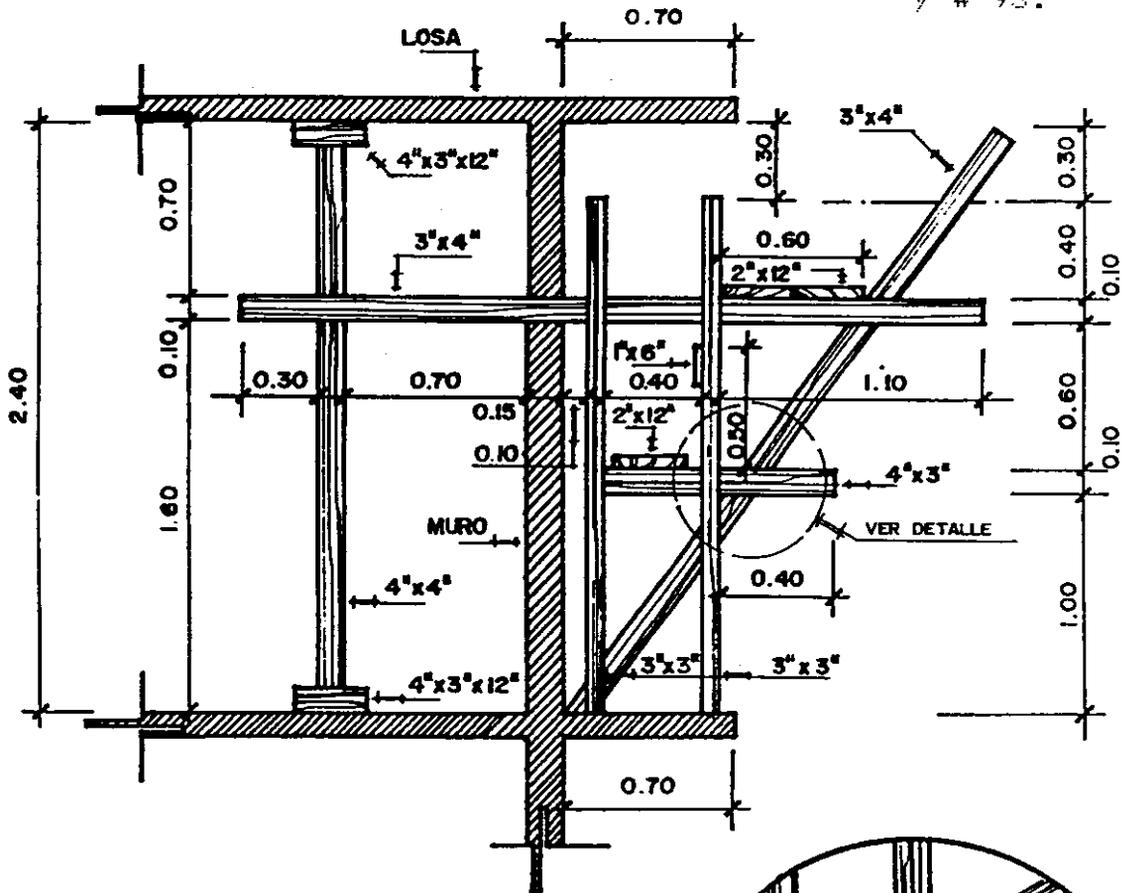
Figura # 91

ISOMETRICO

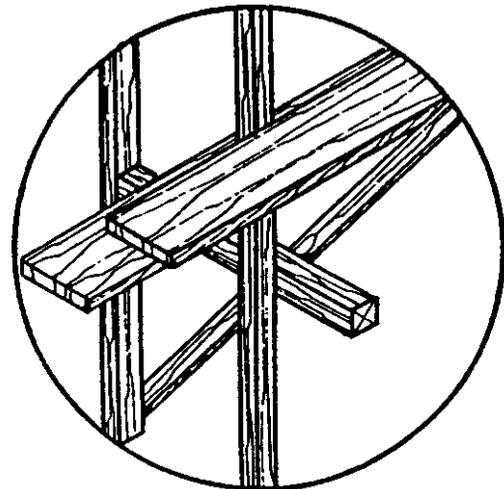
Figura 91. Elaboración propia.

Figura # 92

ANDAMIO  
COMBINADO  
DE PUENTE VOLADO  
Y TORNAPUNTAS  
Ver figuras # 92  
y # 93.



SECCION



DETALLE

Figura 92. Fuente: Trabajo de campo.  
Elaboración propia

Andamio de  
puente volado  
y tornapuntas

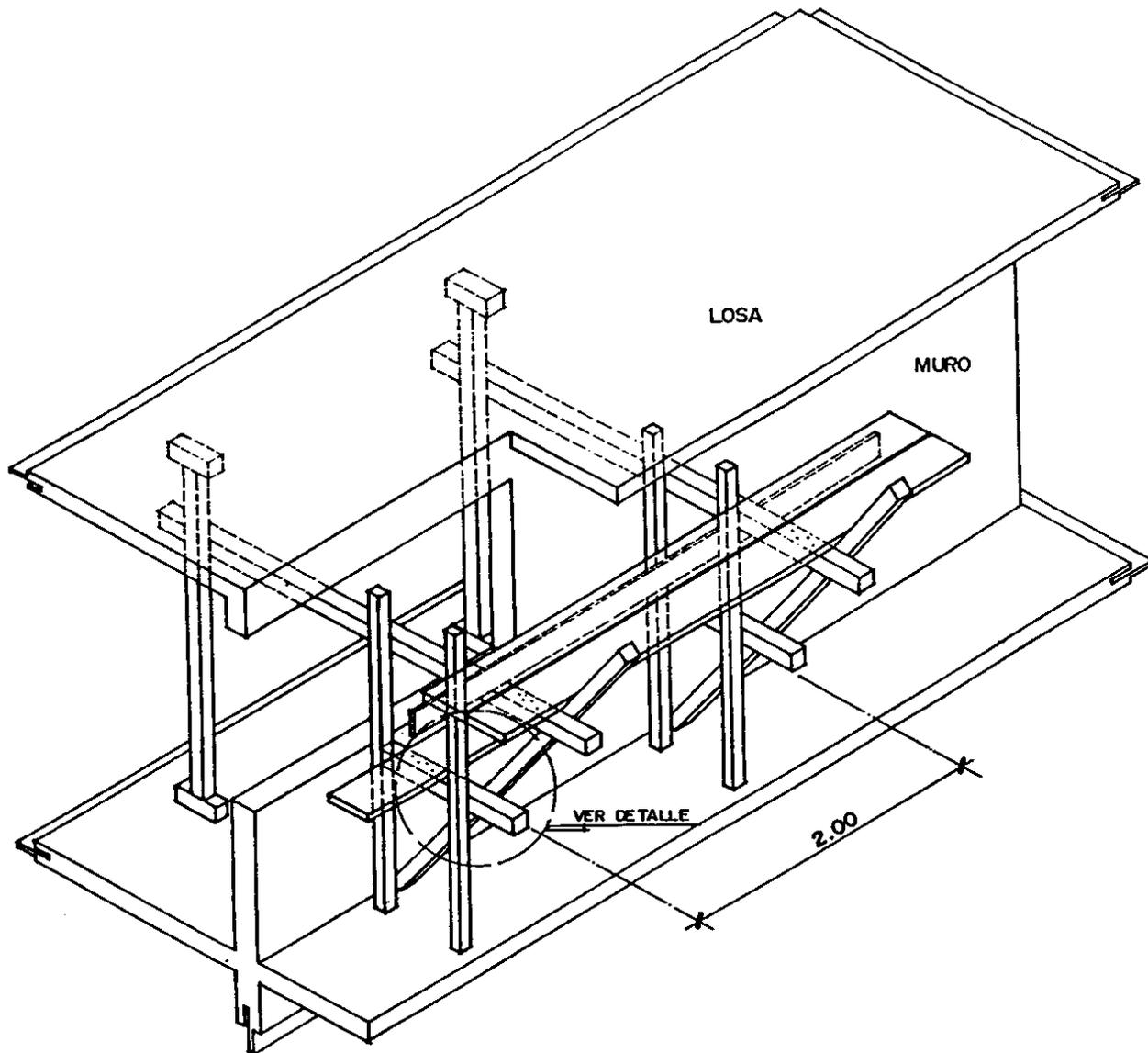
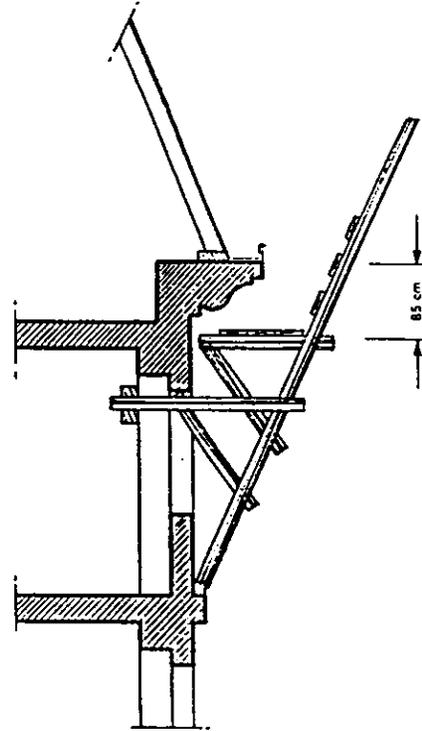


Figura # 93

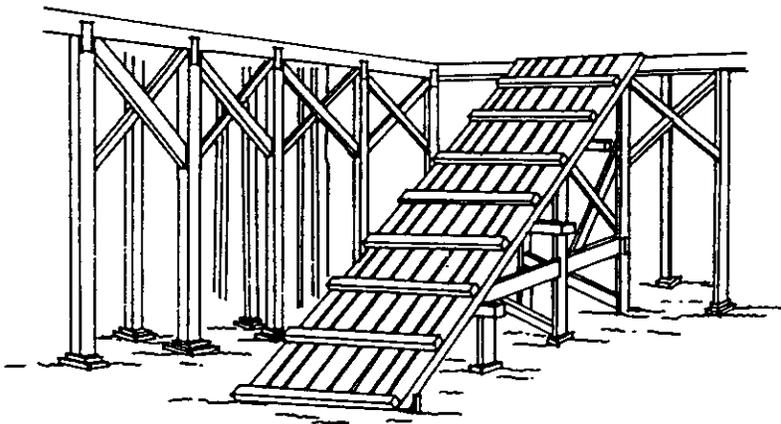
Figura 93. Elaboración propia.

- 4.6.2.2 Andamio para reparación y mantenimiento de canales de agua pluvial en techos inclinados o planos. Ver figura # 94.

SECCION  
Figura # 94



- 4.6.2.3 Andamio para subir materiales a un segundo nivel. Ver figura # 95.



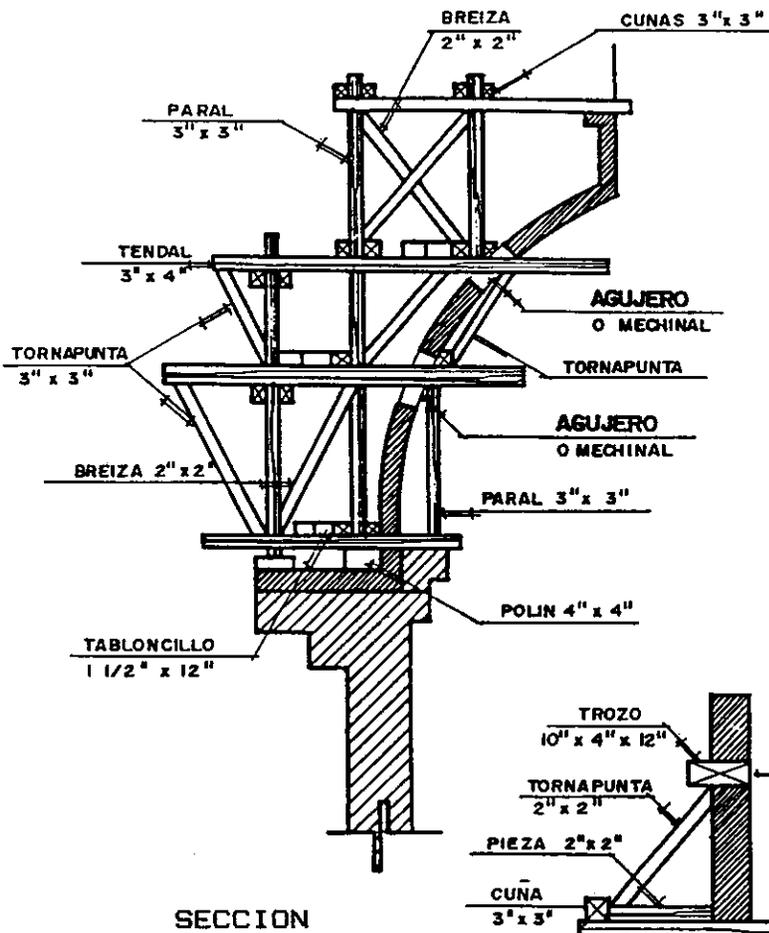
ANDAMIO TIPO RAMPA

Figura # 95

Figura 94. Fuente: Baud, Gérard. Op. Cit., p. 200  
Elaboración propia.

Figura 95. Fuente: Vides, Amando. Op. Cit., p. 290  
Elaboración propia.

Figura # 96

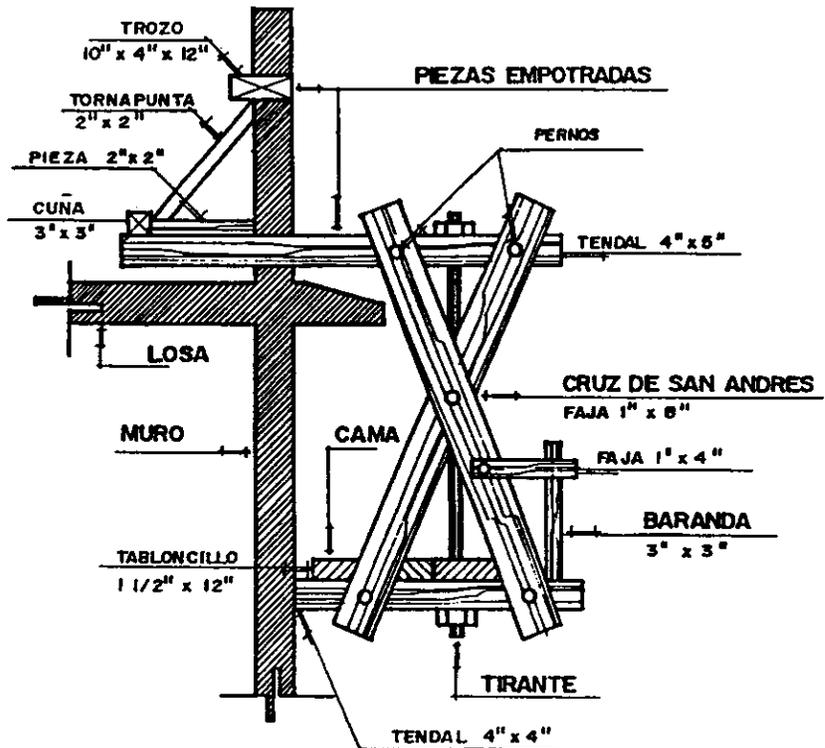


SECCION

4.6.2.4 Andamio sobre cúpulas

Este andamio debe ajustarse a la forma de la cúpula sobre la cual se apoya y se va a trabajar. Ver figura # 96.

Figura # 97

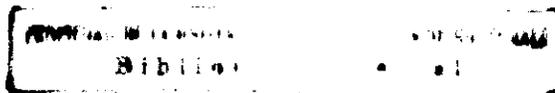


SECCION

4.6.2.5 Andamio suspendido

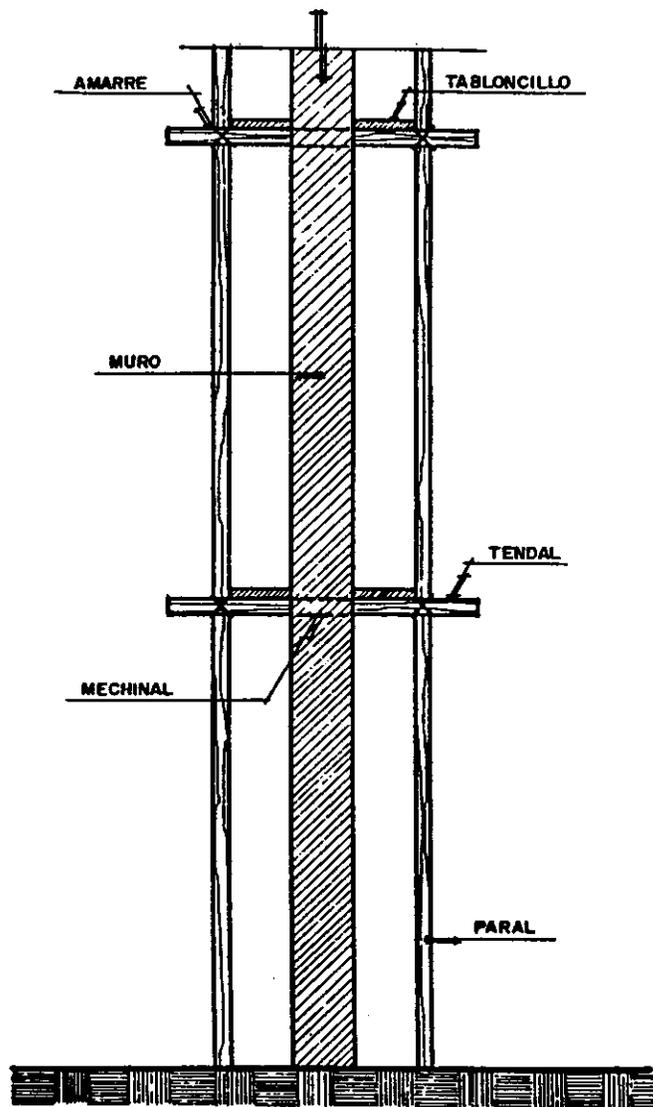
Este se utiliza en casos excepcionales por lo complicado de su construcción. Ver figura # 97.

Figura 96,97. Fuente: Ledo, J.M. Op. Cit., p. 83



#### 4.6.2.6 Andamio utilizado desde la época de la colonia

Figura # 98



SECCION TRANSVERSAL

Este andamio es característico de la época colonial. En la figura # 98, se observa una particularidad de esta clase, donde el tendal atraviesa el muro -mechinal-, formando una cama de cada lado del muro.

Estos andamios eran muy altos, angostos y sus uniones iban amarradas o clavadas. Se utilizaba madera serrada o rolliza.

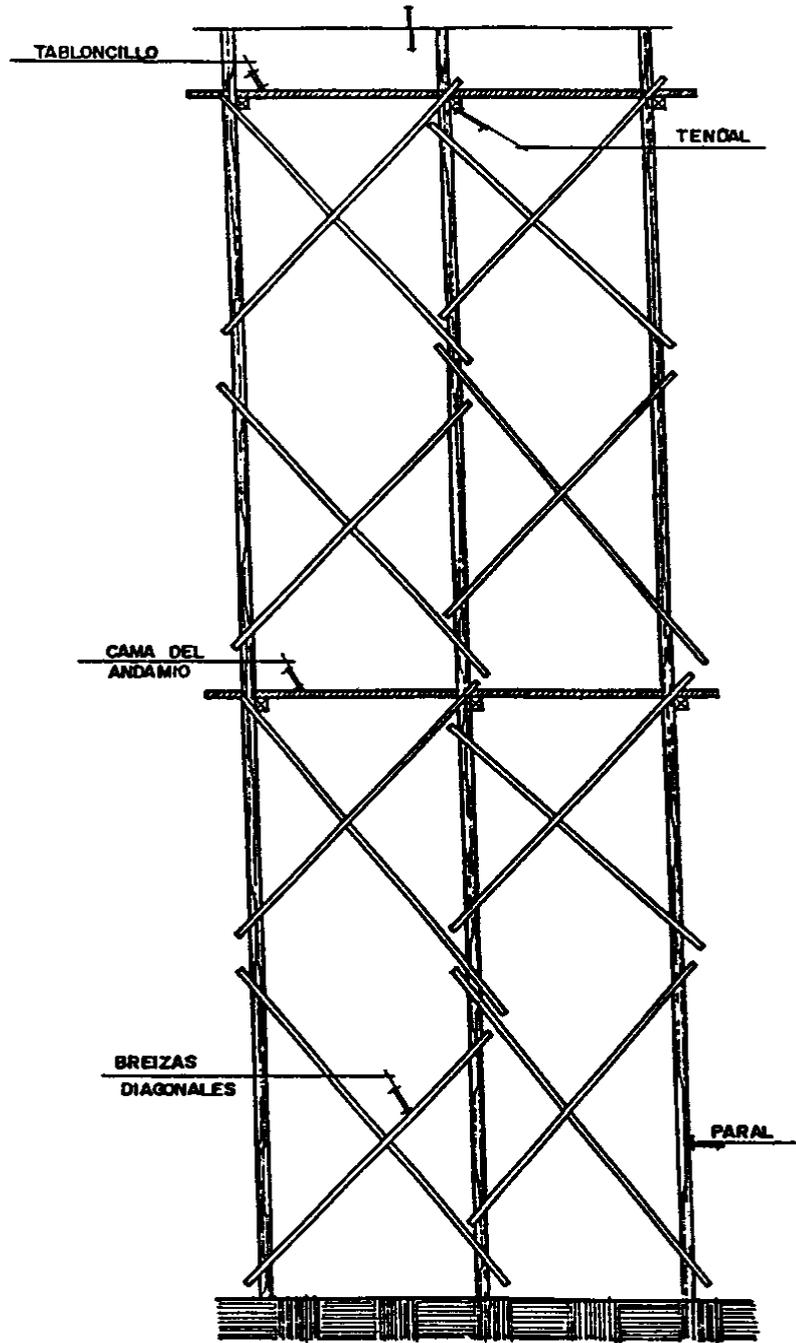
Las figuras # 99 y # 100 complementan la información.

#### ANDAMIO UTILIZADO EN LA EPOCA DE LA COLONIA

Figura 98. Fuente: López Collado, Gabriel. Las ruinas en construcciones antiguas. Elaboración propia.

Figura # 99

En esta elevación, se pueden observar la altura del andamio y la colocación y distribución de las breizas diagonales -dos filas de breizas entre cama y cama- clavadas a los paraleles. Ver figura # 99.

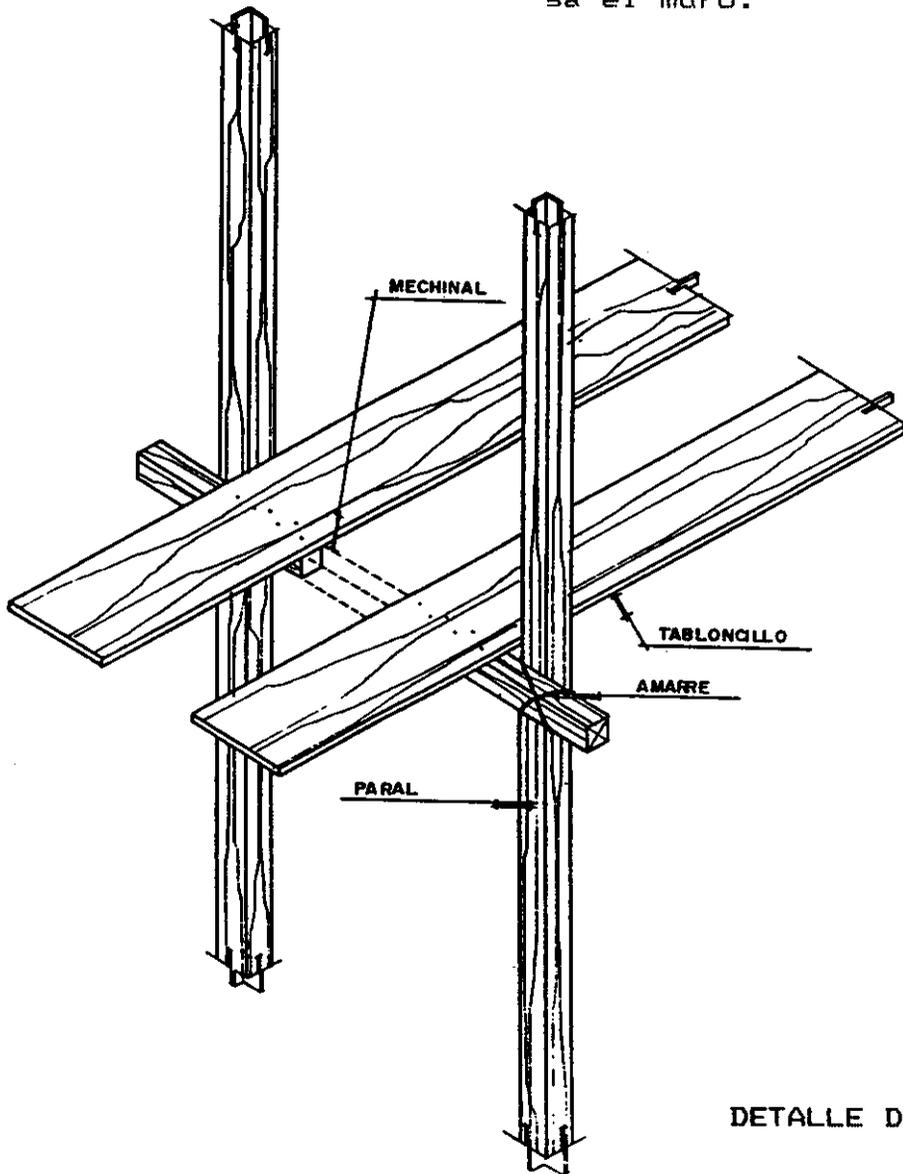


ELEVACION DEL ANDAMIO

Figura 99. Fuente: Ibid.  
Elaboración propia.

Figura # 100

Este detalle muestra el mechinal, los paraleles y el tendal, que atraviesan el muro.



DETALLE DEL ANDAMIO

Figura 100. Elaboración propia.

#### 4.6.3 Andamios ensamblados

La construcción de estos andamios es más perfecta.

A diferencia de los andamios ordinarios que son construidos por el albañil, donde las uniones van clavadas o amarradas, los andamios ensamblados son hechos por un buen carpintero. En éstos, las uniones van ensambladas, clavadas y con pernos.

Ver figuras # 101, # 102 y # 103.

##### 4.6.3.1 Andamio de tornapuntas

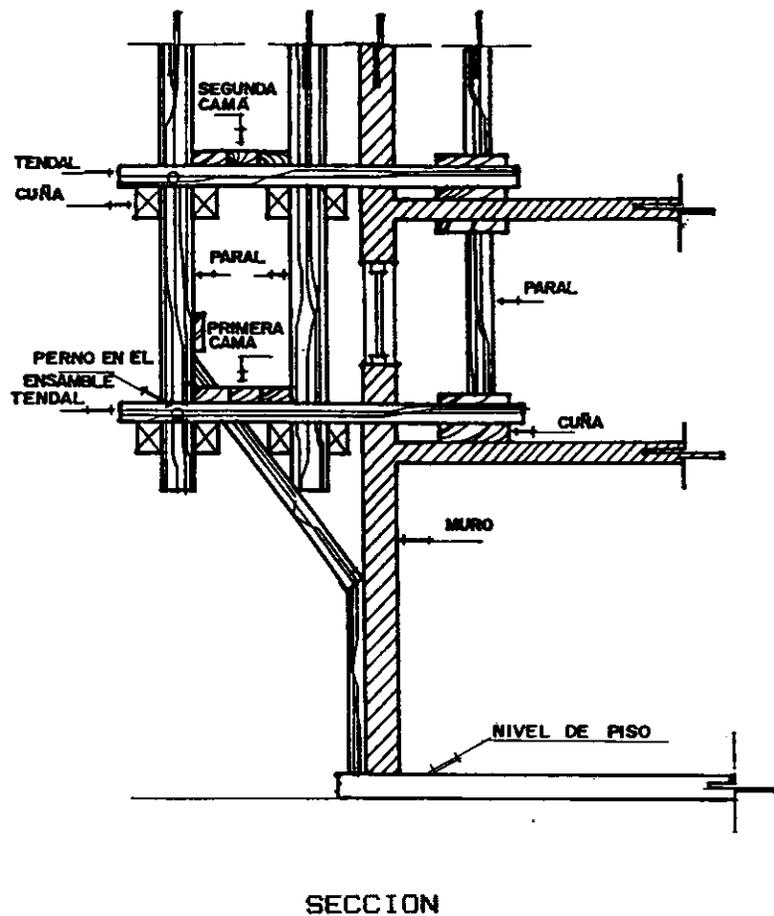


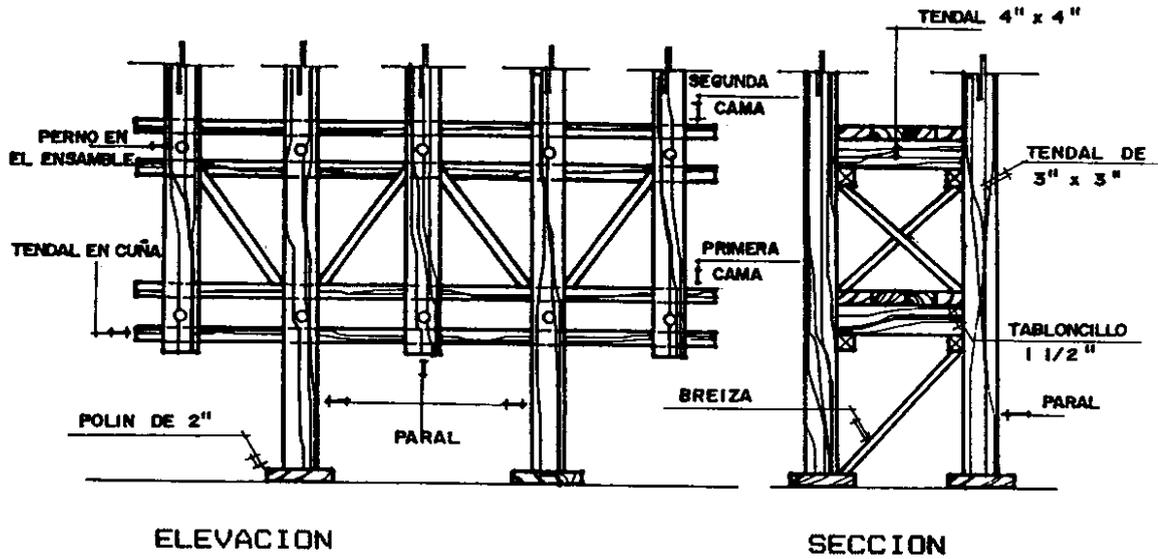
Figura # 101

Se utiliza para no obstaculizar el paso en áreas de peatones. Se apoya en el suelo adecuadamente, por medio de tornapuntas.

Figura 101. Fuente: Ledo, J.M. Op. Cit., p. 65  
Elaboración propia.

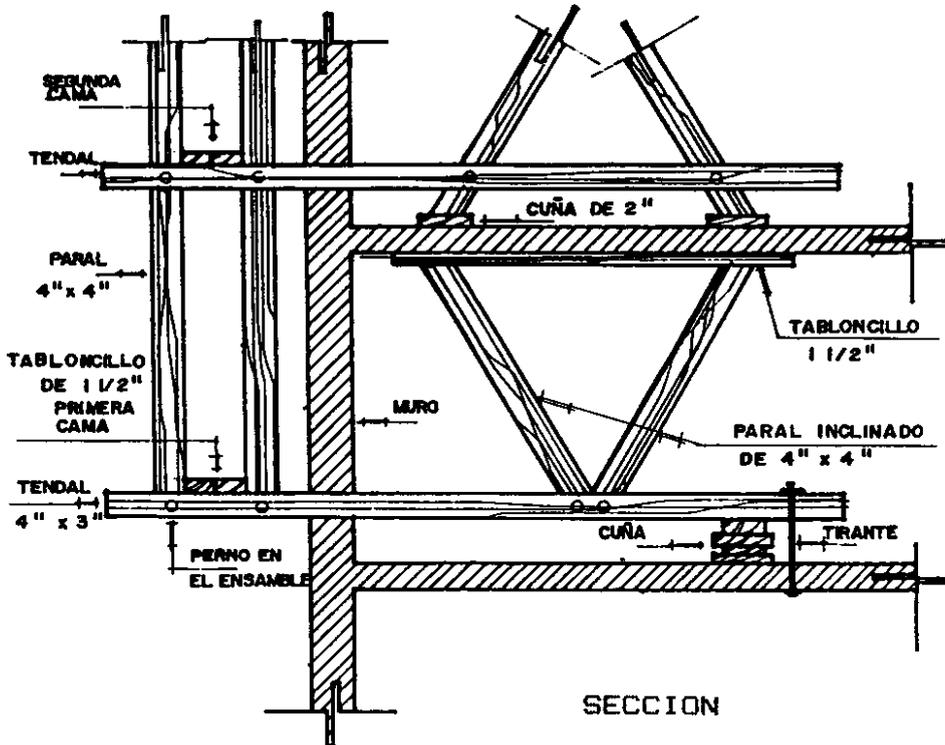
4.6.3.2 Andamio de almas

Figura # 102



En este andamio, los paraleles se apoyan en el suelo uno sí, uno no, y por ser ensamblados, la estructura es más fuerte.

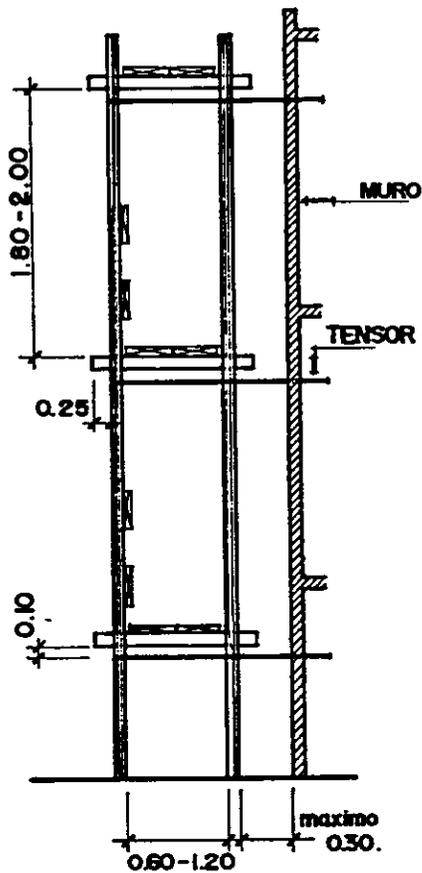
4.6.3.3 Andamio de báscula



Este se utiliza a partir de un 2do. nivel. Va anclado a la losa inferior y a puntalado al techo de tal manera, que queda fijo y seguro.

Figura # 103

4.7 Recomendaciones generales para la construcción de andamios de madera

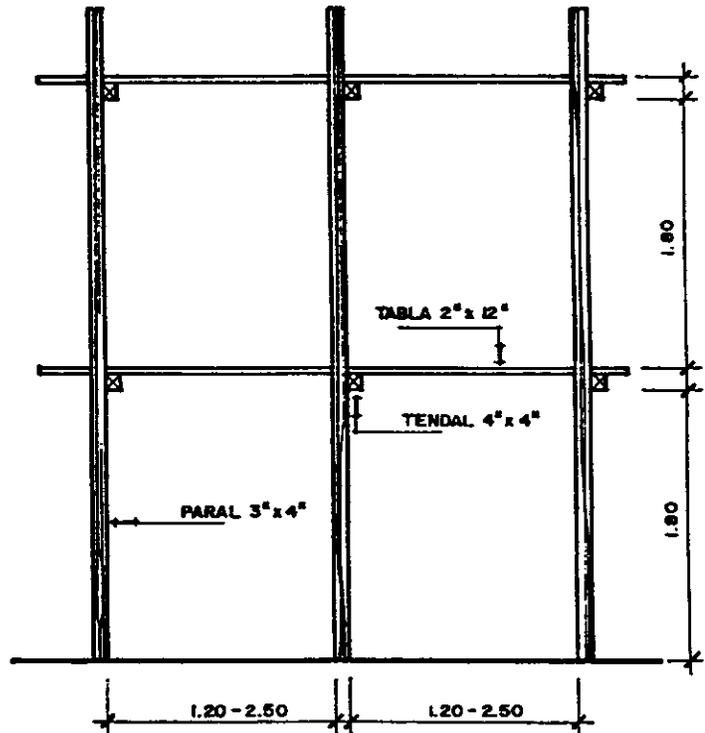


TENSOR DE ALAMBRE DE AMARRE O HIERRO  $\varnothing 1/4"$  a cada 3.00 mt. QUE ASEGURA EL ANDAMIO AL MURO.

Figura # 104

El andamio de madera va asegurado al muro con tensores, para dar mayor seguridad y estabilidad. Ver figura # 104.

Para la cama del andamio, se pueden utilizar, según la separación de los tendales:  
tablas de 1" x 12" x long. variable  
tabloncillo de 1 1/2" x 12" x long. var.  
tablón de 2" x 12" x long. variable  
Ver figura # 105.



SEPARACION PARA TABLA 0.00 - 1.20 mt.  
SEPARACION PARA TABLONCILLO 1.20 - 2.00 mt.  
SEPARACION PARA TABLON 2.00 - 2.50 mt.

Figura # 105

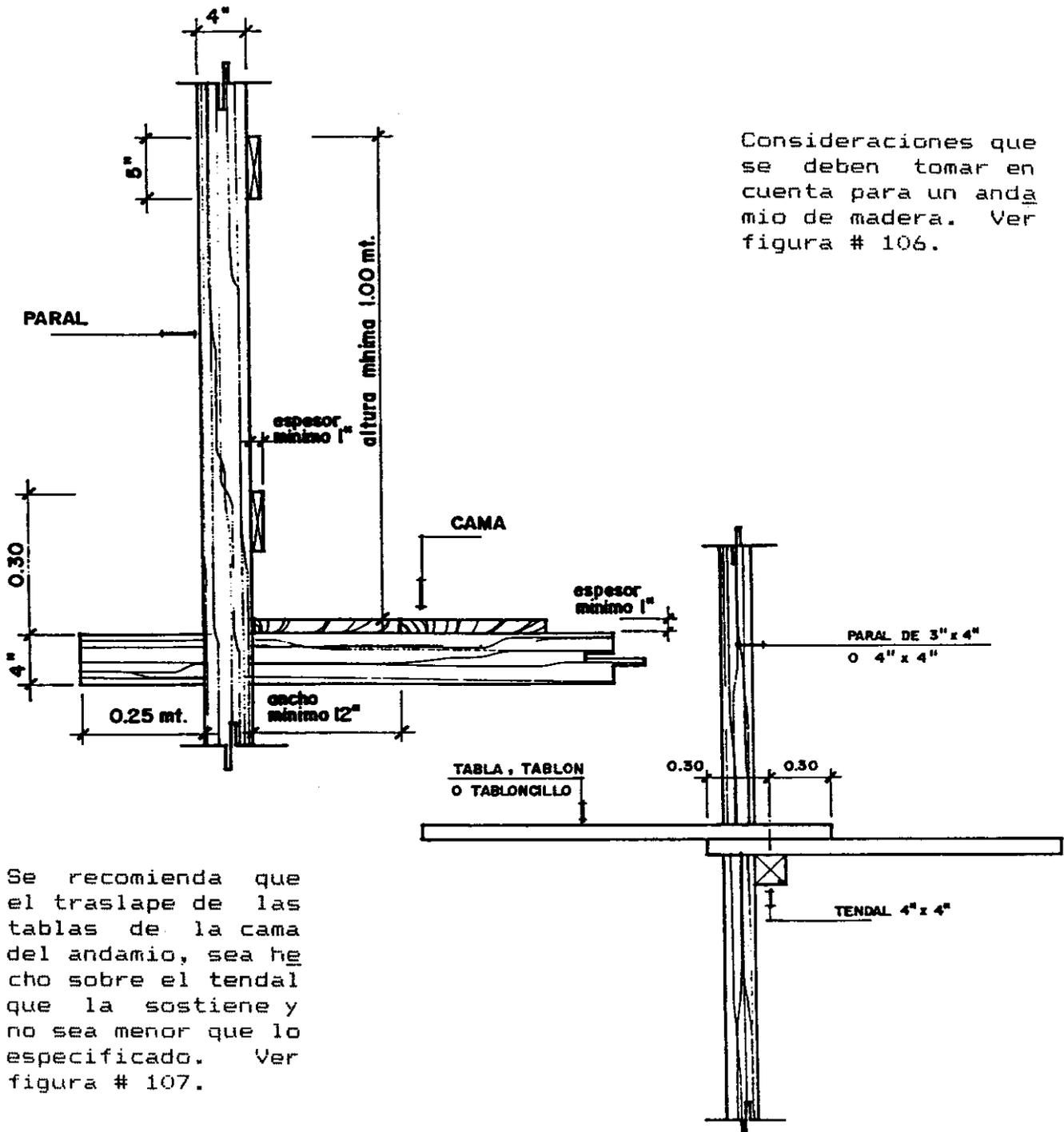
Figura 104. Fuente: Baud, Gérard. Op. Cit., p. 194

Elaboración propia.

Figura 105. Fuente: Experiencia propia.

Elaboración propia.

Figura # 106



Se recomienda que el traslape de las tablas de la cama del andamio, sea hecho sobre el tendal que la sostiene y no sea menor que lo especificado. Ver figura # 107.

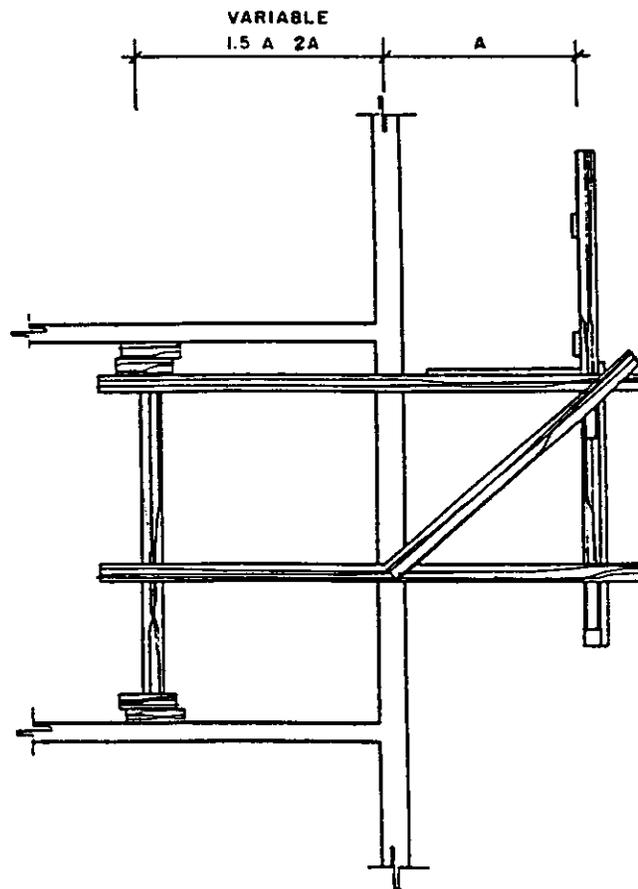
DETALLE DE TRASLAPE DE TABLAS

Figura # 107

Figura 106. Fuente: Baud, Gérard. Op. Cit., p. 194  
Elaboración propia.

Figura 107. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

En los andamios de puente volado, se recomienda que, para su equilibrio, se tome en cuenta la especificación denominada variable, en la figura # 108.



EQUILIBRIO DEL ANDAMIO

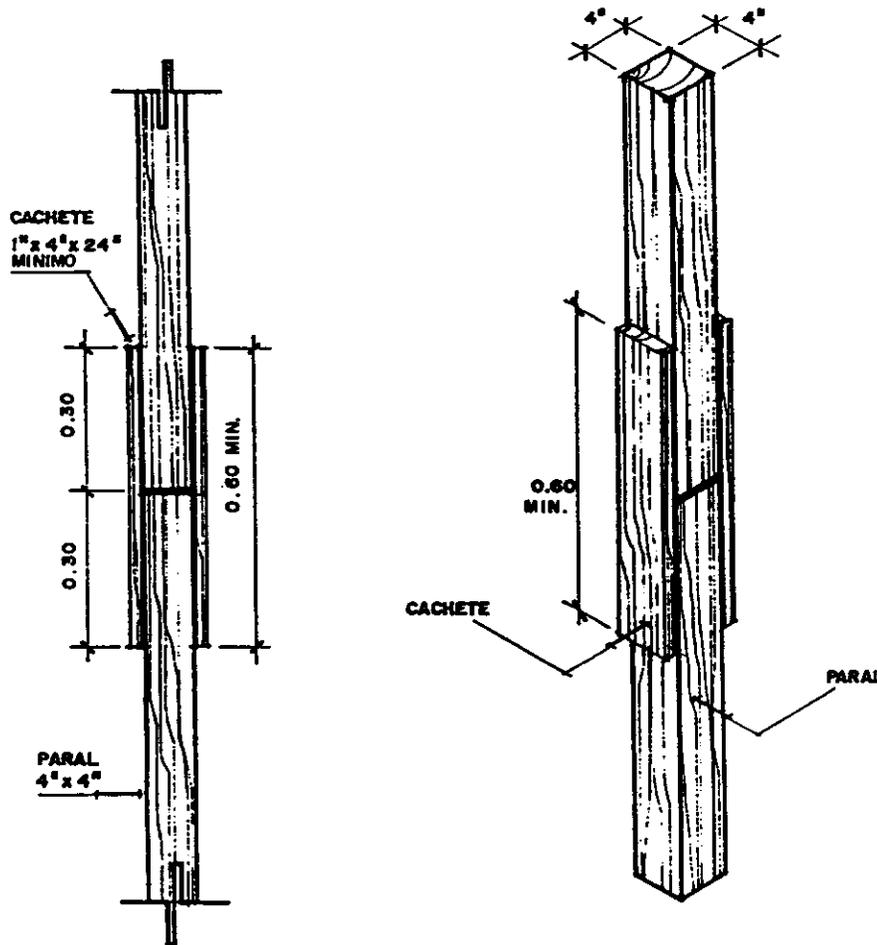
Figura # 108

---

Figura 108. Fuente: Baud, Gérard. Op. Cit., p. 200  
Elaboración propia.

#### 4.7.1 Empalmes

En la mayoría de los casos, los parales, reglas y tendales que se emplean en un andamio son cortos, por lo que es necesario unir un pedazo que nos de el largo o altura deseada. Esto se resuelve con los empalmes, que son piezas con la misma sección, puesta encima una de otra. Lo que no se debe olvidar, es que por seguridad y rigidez, hay que colocarle dos cachetes clavados como se observa en las figuras siguientes, tomando en cuenta el largo recomendado para asegurar la unión. Ver figura # 109.



DETALLE DE EMPALME

Figura # 109

Figura 109. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

## 4.8 Andamios metálicos

### 4.8.1 Generalidades

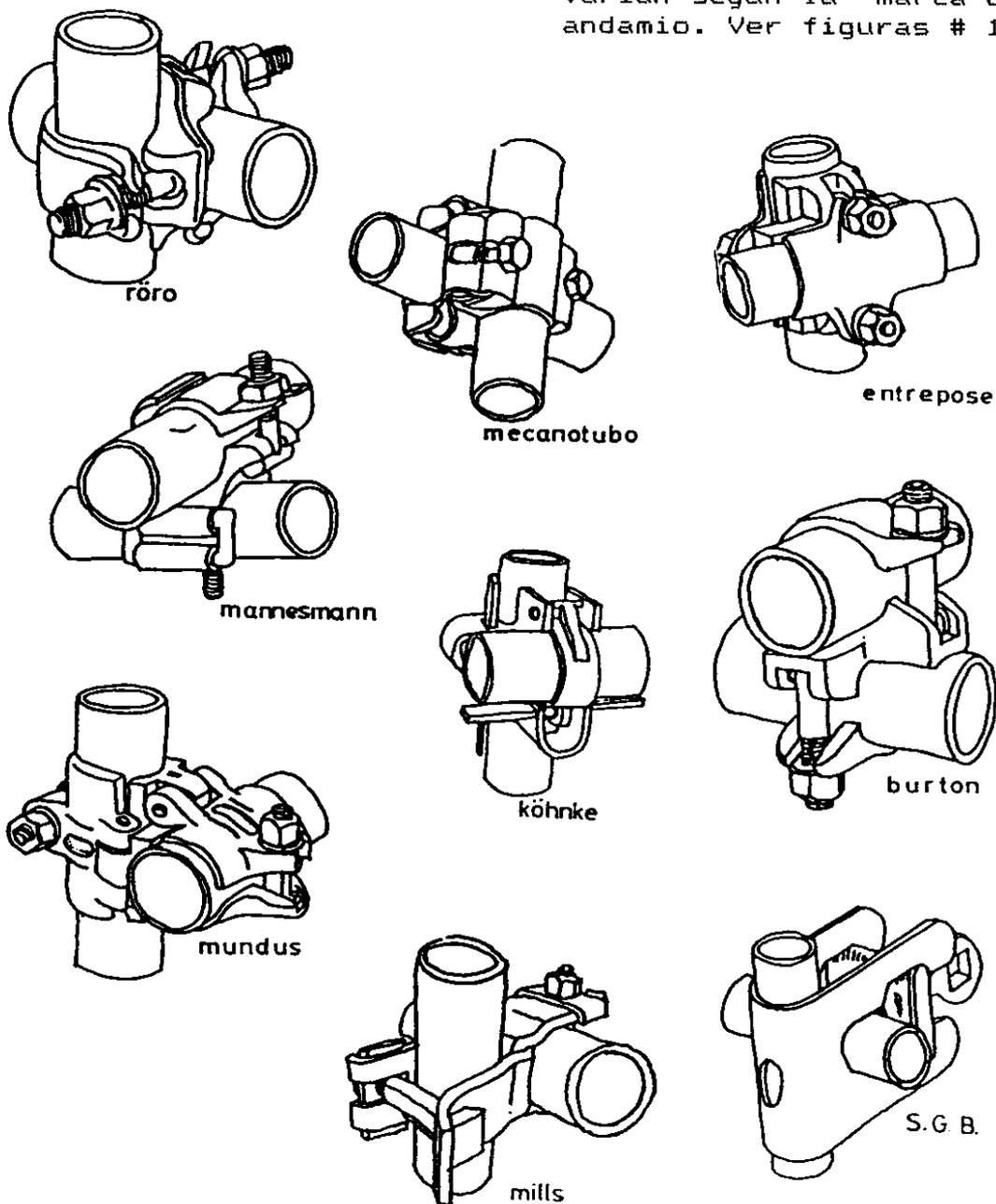
La estructura de este tipo de andamio está formada por tubos de metal ligero, unidos entre sí por piezas diseñadas especialmente para adaptarse a diferentes posiciones y ángulos. Existe una sola clase de andamios metálicos y muchos los diseños y soluciones que pueden darse para resolver el problema que se plantea.

### 4.8.2 Algunas ventajas de los andamios metálicos

- Estabilidad de las estructuras sin necesidad de apoyos extras.
- Si se escogen las estructuras, pueden montarse a la altura deseada.
- Los tendales y durmientes se colocan con facilidad por medio de los tornillos de ajuste.
- Al variar las longitudes de las breizas diagonales, se pueden separar más las estructuras.
- Con los tornillos de nivelación, se ajustan las alturas.
- Por su estabilidad, dan más seguridad al obrero.
- Rapidez de montaje y desmontaje.
- Pueden utilizarse para apuntalamientos de encofrados o tarimas para losas.
- Se obtienen en alquiler mensual.
- Su aspecto es más limpio y ordenado.
- No tienen aristas salidas, por lo que dan más seguridad.
- Por ser desarmables, utilizan poco espacio para su almacenamiento.
- Ocupan muy poco espacio.
- Las posibilidades de volver a utilizarlos son ilimitadas.

4.8.3 Algunos sistemas de unión para los andamios metálicos

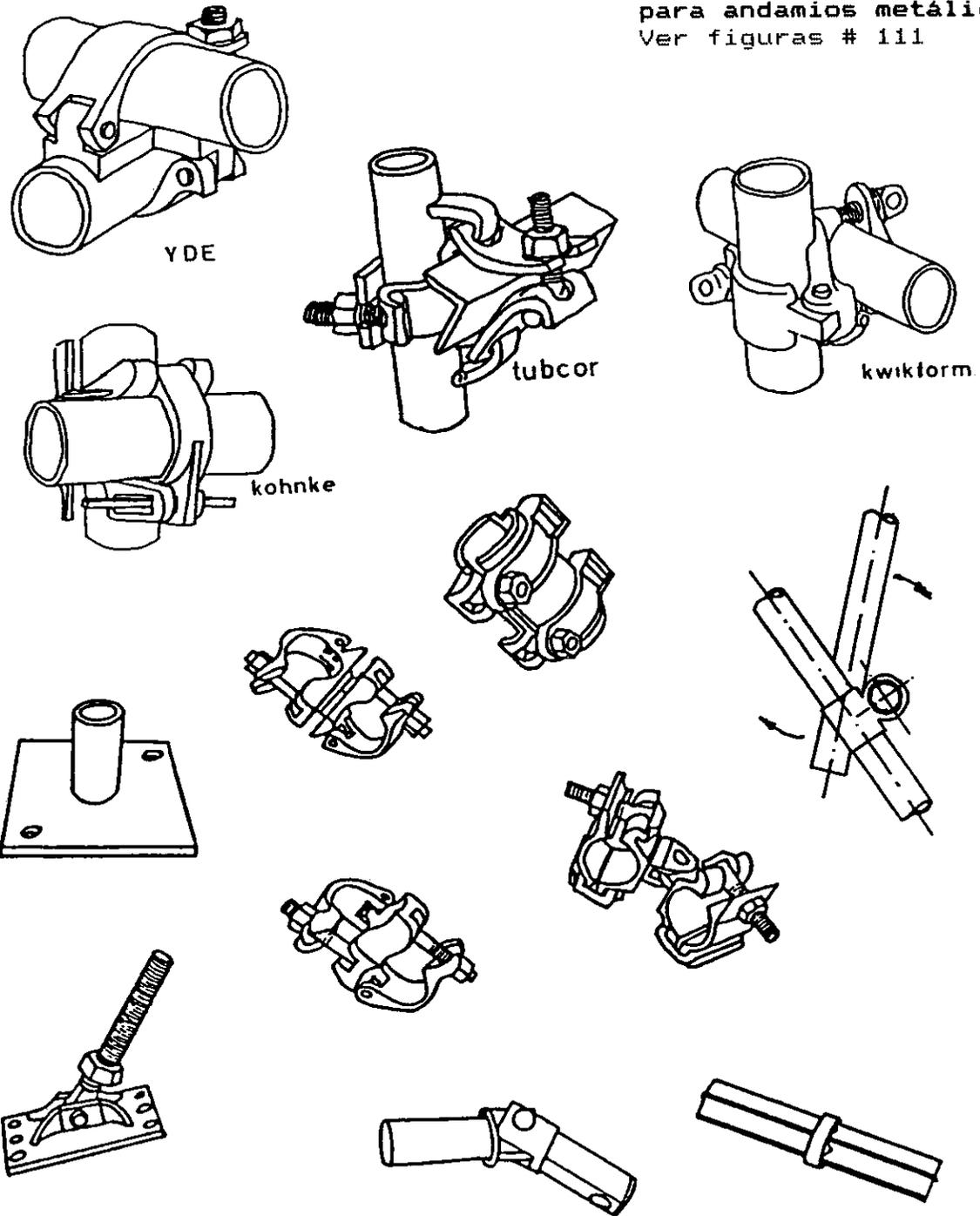
Los dispositivos de unión varían según la marca del andamio. Ver figuras # 110



Figuras # 110

Figura 110. Fuente: Ledo, J.M. Op. Cit., pp. 70 y 71

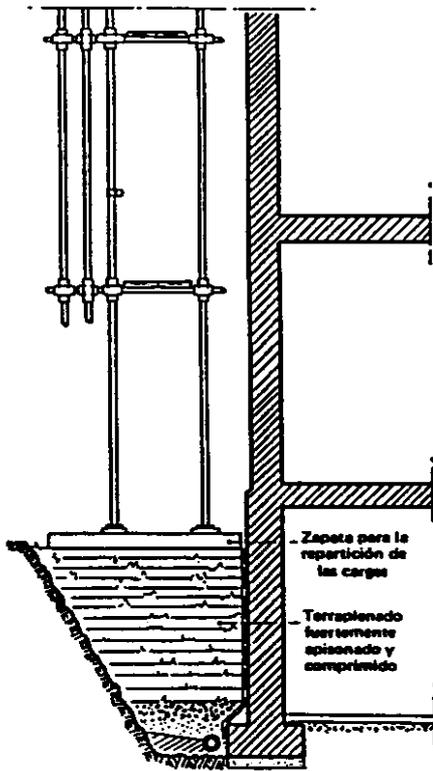
Dispositivos de unión  
para andamios metálicos.  
Ver figuras # 111



Figuras # 111

Figura 111. Fuente: Baud, Gérard. Op. Cit., p. 201

4.8.4 Variedad de andamios metálicos,  
algunas aplicaciones y consideraciones

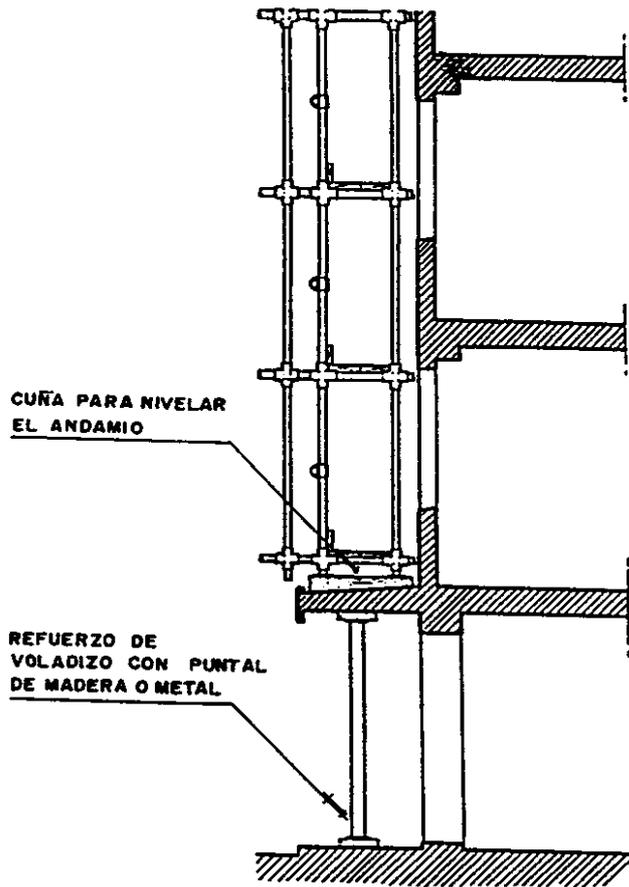


SECCION

Figura # 112

Sobre los rellenos y terraplenes, las bases de los andamios de metal deben colocarse con mucho cuidado. Se pueden utilizar trozos de madera o concreto armado para que distribuyan bien las cargas al suelo. Esto, después de haberlo compactado bien. Ver figura # 112.

Si el andamio de metal se coloca sobre un voladizo o balcón, conviene reforzar bien el nivel de abajo para que pueda soportar las cargas del andamio y las suplementarias. Ver figura # 113.



CUÑA PARA NIVELAR EL ANDAMIO

REFUERZO DE VOLADIZO CON PUNTAL DE MADERA O METAL

SECCION

Figura # 113

Si se debe dejar libre el paso en la acera, se coloca el andamio de metal en voladizo sobre elementos especiales (madera o acero), reforzados adecuadamente. Ver figura # 114.

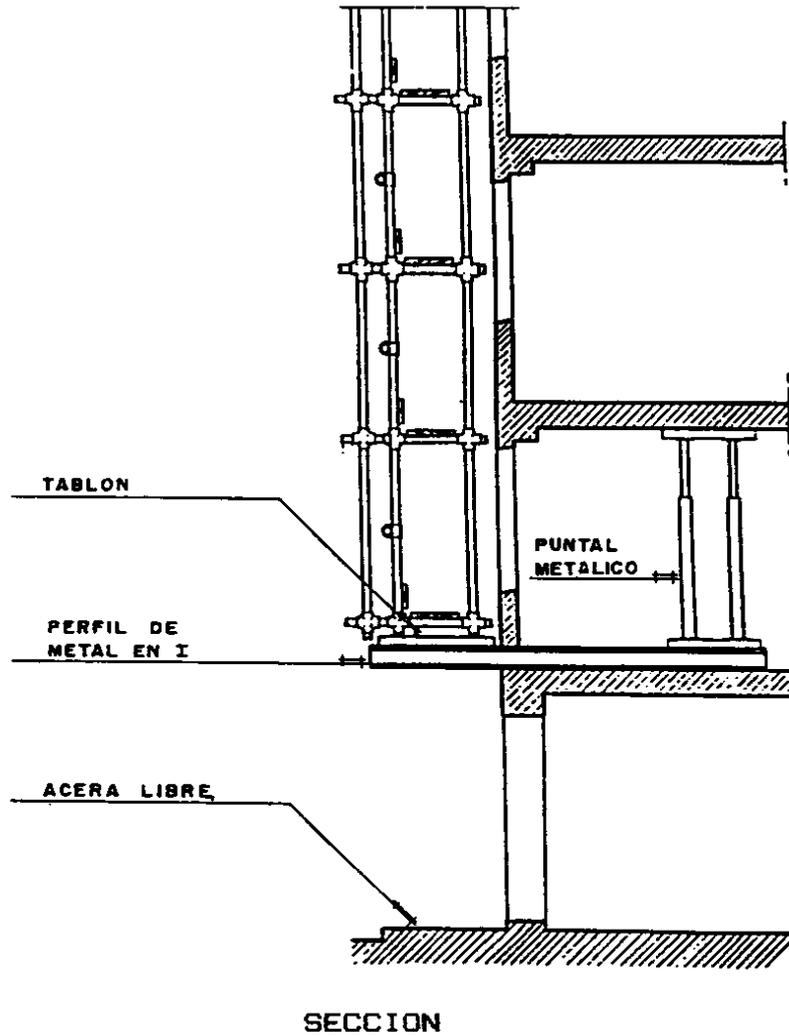
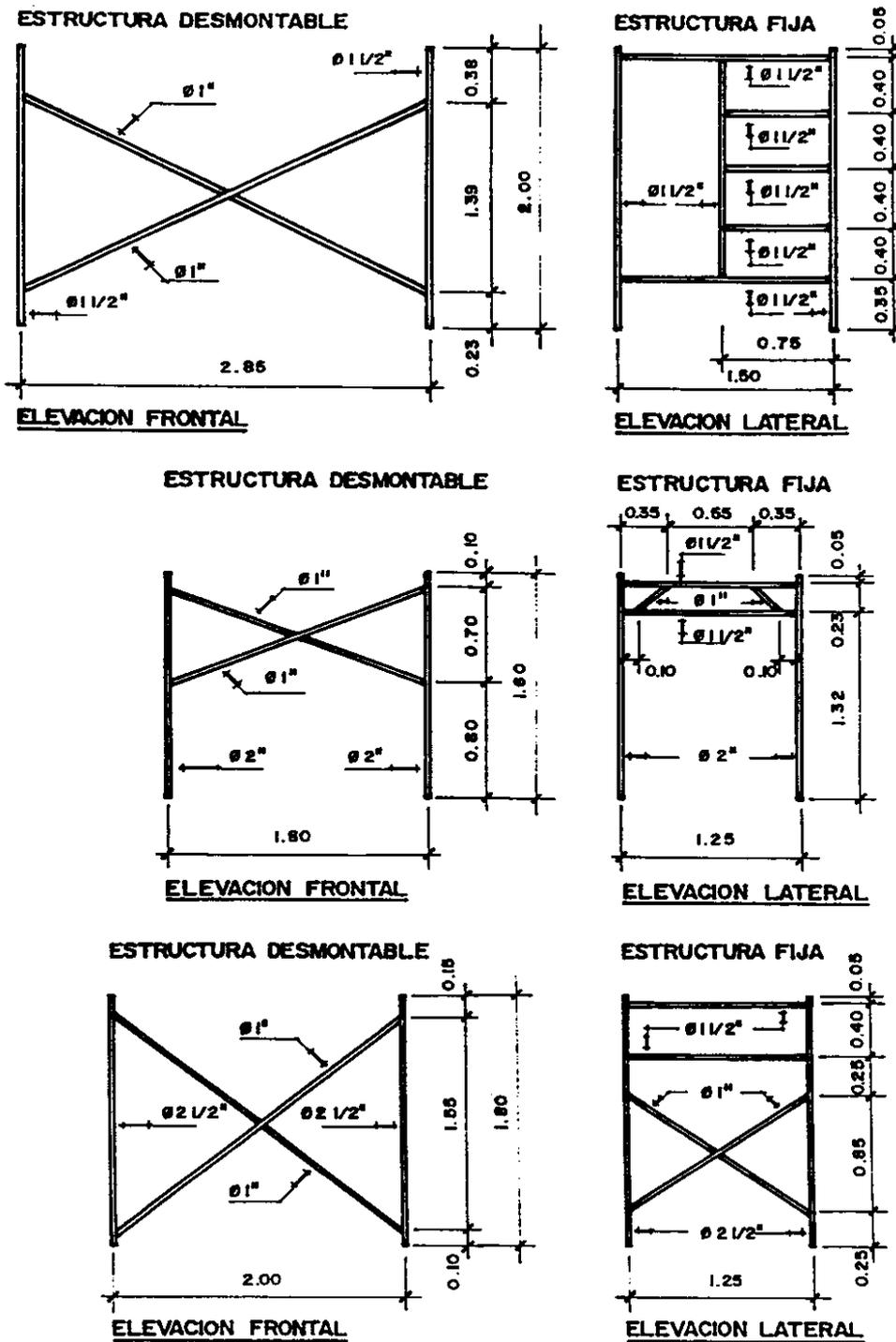


Figura # 114

Figura 114. Fuente: Ibid, p. 195

Figura # 115

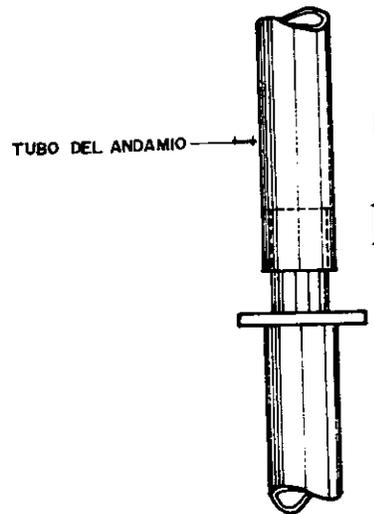


Algunos andamios metálicos usados en Guatemala Ver figuras # 115

Figura 115. Fuente: Trabajo de campo. Elaboración propia.

Figura # 116

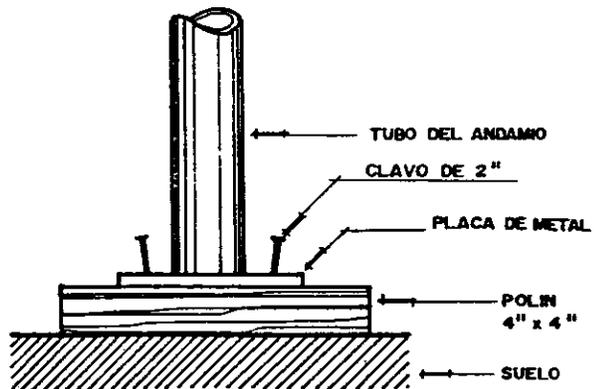
Para formar una torre de andamios metálicos, se coloca uno encima de otro, como se representa en el detalle de montaje. Ver figura # 116.



MONTAJE DE UN ANDAMIO SOBRE OTRO ANDAMIO

Figura # 117

El andamio metálico debe colocarse sobre un polín de madera para que las cargas se distribuyan bien. Ver figura # 117.



COLOCACION DEL ANDAMIO SOBRE UN POLIN DE MADERA

ISOMETRICO

Figura # 118

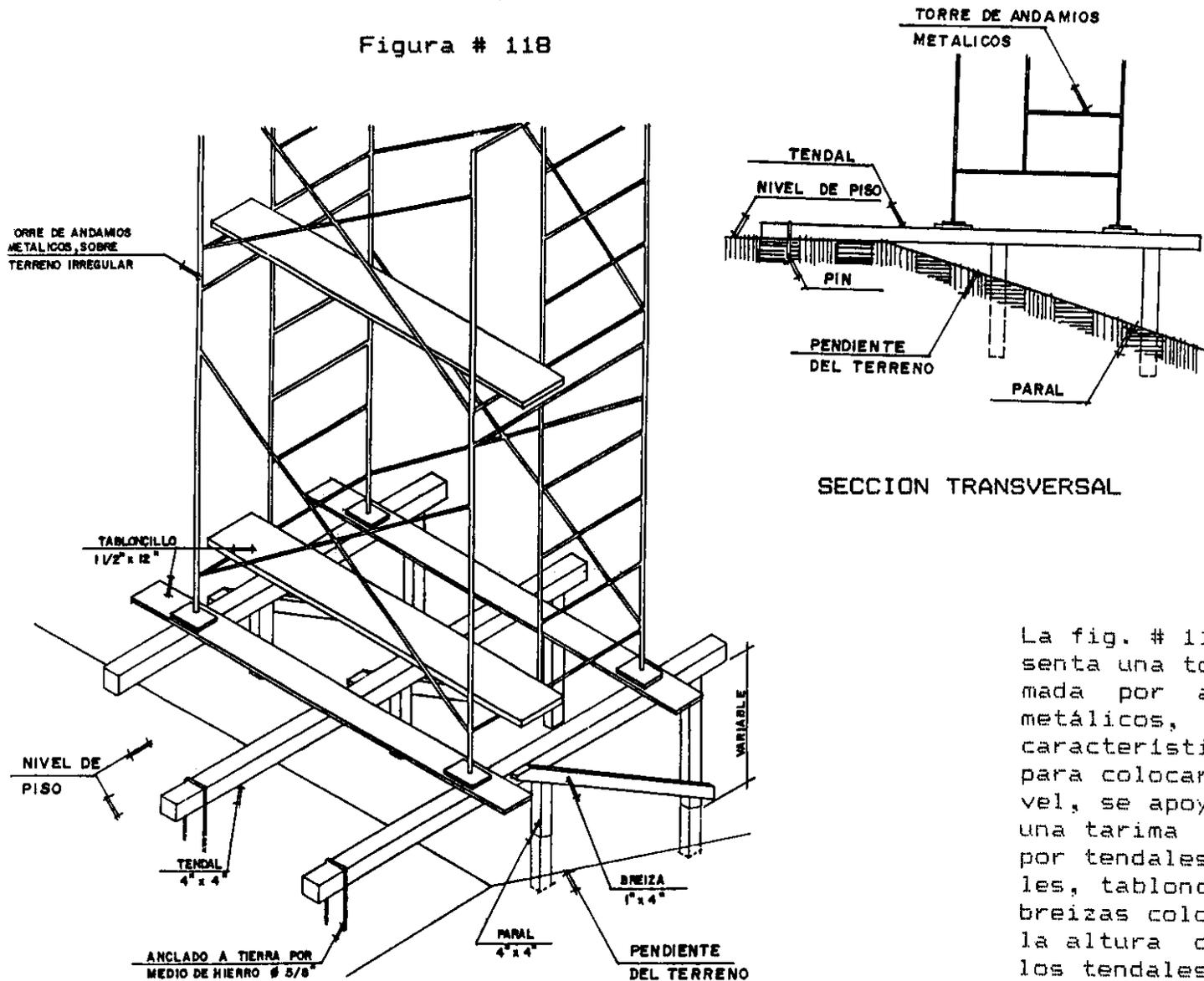


Figura 118. Fuente: Edificio Torre Cristal.  
Elaboración propia.

SECCION TRANSVERSAL

La fig. # 118 representa una torre formada por andamios metálicos, con la característica que para colocarlo a nivel, se apoya sobre una tarima formada por tendales, parales, tablancillos y breizas colocados a la altura deseada; los tendales están asegurados a la tierra por medio de hierros doblados.

## Andamios móviles

Estos son los andamios metálicos que pueden ser trasladados de un lugar a otro dentro de la obra, por medio de ruedas.

El traslado puede efectuarse sin necesidad de desarmar el andamio.

Pueden ser también torres formadas por varios modelos metálicos como se observa en la figura # 119.

Los andamios móviles son muy variados, difieren unos de otros por su estabilidad, su rapidez de montaje, su ligereza y sus posibilidades de lograr diversas alturas.

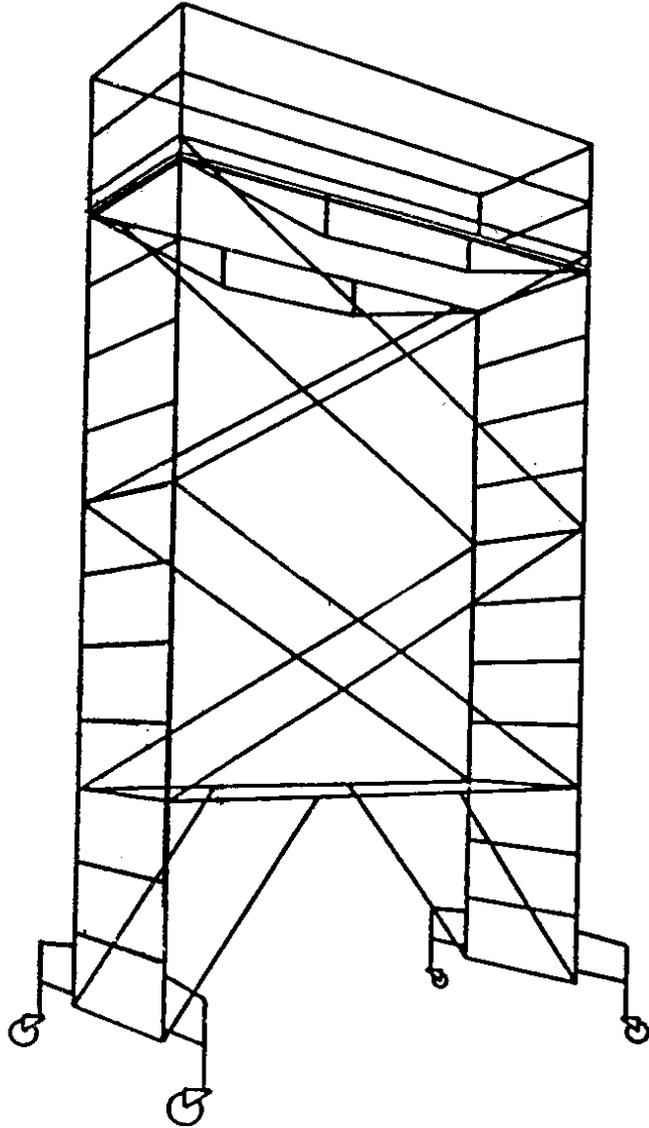


Figura # 119

4.8.5 Normas de seguridad para la utilización de andamios metálicos

1. Cuando los andamios se levantan en terreno blando, se deben colocar sobre durmientes.
2. Se deben utilizar bases ajustables para compensar la desigualdad del terreno.
3. Deben mantener su verticalidad.
4. Las camas del andamio deben de estar a nivel.
5. Deben estar asegurados al muro por medio de tensores.
6. Cuando horizontalmente se colocan varios andamios, se deben rigidizar entre sí por medio de breizas horizontales (fajas, reglas o tubos de hierro).
7. En la cama del andamio, las tablas, tablancillos o tablones, se aseguran con alambre de amarre.

5

**Encofrados**

## 5.1 Generalidades

Los encofrados ocupan una parte muy importante en la construcción, por su función. En algunos casos, los encofrados son más caros que el propio concreto. La construcción de éstos requiere de ingenio y tiempo.

Para que sea más rápido se puede sustituir el encofrado por un sistema de moldes, que pueden ser de madera, metal, plástico, etc. Estos son elementos unitarios, formados por dos paneles, unidos por pernos o tirafondos, a una distancia igual al espesor del muro.

Los encofrados son moldes que dan forma al concreto hasta que éste adquiere su resistencia y puede soportarse así mismo.

## 5.2 Materiales

La selección de los encofrados y sus materiales dependen de lo establecido por el arquitecto en los planos, las especificaciones y los modelos. El arquitecto debe considerar el volumen y relacionarlo con los materiales utilizados. Para lograr lo estético en un proyecto, a los encofrados se les debe dar un tratamiento especial en sus superficies.

Existe una variedad casi ilimitada de materiales útiles para encofrados o moldes, entre los que se pueden mencionar los siguientes: madera, madera contrachapada, tableros de aglomerados, plásticos, planchas de fibra, cajas de superficie ondulada, acero, aluminio, magnesio, yeso, forros de hule. Normalmente se pueden combinar los materiales, dependiendo del diseño.

Las características de los materiales para encofrados son:

1. Resistencia
2. Rigidez
3. Paramentos lisos, cuando son necesarios
4. Economía, tomando en cuenta el costo inicial y las veces que pueda ser utilizado
5. Poco deformables

Además se utilizan elementos auxiliares como clavos, pernos, tornillos, tirantes, anclajes, etc.

### Madera

Es un material que se usa con mucha facilidad. Puede tener una superficie lisa, aserrada con un acabado rugoso o sopleteada con arena para lograr diferentes texturas en la superficie del concreto.

Las características que se observan en el concreto al quitar el encofrado, dependen de la madera, del tiempo y otros factores.

Los encofrados de madera pueden cambiar el color de la superficie del concreto y los diferentes grados de absorción de las distintas partes de la tabla.

Las partes permeables absorben más agua del concreto fresco y reducen la relación agua-cemento, que produce un color más oscuro en la superficie. Las sustancias orgánicas de la madera pueden hacer que el concreto sea de un color más oscuro y, a veces, que produzca mucho polvo. Los productos químicos utilizados para el desprendimiento del encofrado, no corrigen estos defectos.

Cuando se desea un color uniforme en el concreto, conviene emplear madera nueva, ya que la madera de muchos usos ocasiona manchas en la superficie. Se recomienda comprarla en el mismo lugar y utilizar un recubrimiento o sellador especial. Una madera muy usada, provoca un color oscuro, disparejo o manchado.

#### **Madera contrachapada**

Los contrachapados se utilizan mucho en la construcción, para encofrados que están en contacto directo con el concreto. Son pliegos de madera que vienen en tamaños grandes, que permiten quitarlos y colocarlos rápidamente, en variedad de espesores, de múltiples usos y superficies lisas. Estas características reducen el costo del acabado final.

Los contrachapados son de dos clases: para exteriores e interiores. Los de exteriores se fabrican con cola impermeable y se usan en lugares que van a estar expuestos al mal tiempo y la humedad.

Los de interiores también resisten la humedad, pero no son totalmente impermeables y se utilizan cuando las condiciones de intemperie dañan menos el material.

Los contrachapados para exteriores tienen las dos caras revestidas con una capa dura e impermeable, que facilita el pulido de las superficies y le da mayor durabilidad a la madera, por lo que ésta tiene más número de usos.

Los contrachapados menores a 1/2 pulgada se aplican en casos especiales, como revestimiento de encofrados combinados con otros materiales y en superficies curvas, por lo delgado de la plancha y lo fácil de trabajarla.

#### **Tablero de aglomerados**

Los aglomerados que se usan para revestir el interior de los encofrados se fabrican con pequeños trozos de madera mezcla

dos con un líquido endurecedor. Los tableros delgados pueden curvarse con facilidad.

### **Plásticos**

Los plásticos cada vez son más importantes, porque son impermeables, fáciles de moldear y no causan ninguna decoloración. El empleo de materiales lisos, puede dar como resultado un color disparejo, conocido como transparencia del agregado.

Se usan los encofrados de plástico cuando se quiere lograr una superficie brillante en el concreto, que al estar muy expuesta a la intemperie pierde su brillo por la humedad y el propio secado.

Los plásticos pueden ser reforzados y no reforzados.

- a. Los plásticos reforzados contienen fibra de vidrio, y se debe usar la resina adecuada en la superficie, para que este material pueda ser utilizado varias veces. El mantenimiento del recubrimiento de resina es necesario para que la superficie sea uniforme, limpiándola y usando compuestos separadores.
- b. Los plásticos no reforzados se pueden obtener en forma de hojas con superficies lisas o texturizadas. Las texturas se quedan marcadas en el concreto.

Los encofrados plásticos necesitan un buen apoyo para que resistan la presión del concreto. El plástico se usa para cambiar las características de la superficie.

### **Fibra**

#### **Planchas de fibra**

Estas se usan en los encofrados para losas y cubiertas. Generalmente, las planchas se dejan en obra sobre los paramentos inferiores del concreto, para mejorar sus propiedades acústicas y aislantes.

#### **Cajas de fibra**

Se conocen también como cajas de cartón o de guardar huevos. Se les impregna asfalto u otro impermeabilizante para que resista los efectos del agua.

Para que resistan el peso y presión del concreto, se colocan en las superficies interiores de las cajas, unas capas de refuerzo de cartón o nervios de cajas de huevos.

**Estas cajas se emplean:**

1. Entre las vigas de cimentación y el terreno para eliminar el esfuerzo de la tierra sobre ellas
2. Como encofrados para losas nervadas
3. Como encofrados para losas planas sin vigas
4. Como tablero de encofrados para losas

**Tubos de fibra**

Se usan en encofrados para columnas circulares. Estos moldes tienen diámetros interiores hasta de 48 pulgadas (122 cms.) y longitudes hasta de 50 pies (15.24 m.). Se fabrican con dos clases de impermeabilización: uno se emplea en elementos que exigen un acabado cuidadoso en la superficie del concreto, aplicándole un impermeabilizante plástico, que permite recuperar el encofrado. Al otro tipo de tubo se le aplica betún, y se usa en encofrados cuyo acabado es más rústico.

**Acero**

La superficie del acero es impermeable y proporciona un color uniforme al concreto. Se recomienda usar productos separadores que eviten la corrosión y que aparezcan manchas. Cuando se usa cemento Portland blanco o de color claro, los encofrados de acero se deben limpiar con ácido, para evitar las manchas. Los encofrados de acero galvanizado pueden causar adherencia al concreto, por eso deben evitarse.

Existen dos clases de encofrados de acero: los prefabricados en formas y dimensiones estándar y los que se fabrican para un uso determinado.

**Algunas aplicaciones son las siguientes:**

1. En muros de concreto
2. Como tablero de encofrados para losas de concreto
3. En presas de concreto
4. En concreto ornamental
5. En la construcción de elementos prefabricados
6. Para el revestimiento de concreto en los túneles

El acero tiene ventajas sobre otros materiales para encofrar entre las que se encuentran: son rígidos y resistentes; se pueden montar, desmontar, transportar y volver a montar con mucha rapidez, son económicos si se emplean muchas veces y la textura lisa que dejan en el concreto puede ser bien aprovechada.

Es una desventaja el alto costo, cuando se utilizan pocas veces.

### **Aluminio**

Los encofrados de aluminio, en algunos aspectos se parecen a los de acero. La ventaja con el aluminio es que es más ligero y liviano; pero, como la resistencia a la tracción, a la compresión y al transporte, son menores que con el acero, se necesitan mayores secciones para el encofrado.

### **Yeso**

En el diseño de edificios, se proyectan, algunas veces, figuras y dibujos ornamentales para realizar en el concreto, donde los encofrados de madera no son adecuados. Entonces éstos se construyen en madera u otro material en tamaño natural, y se modela sobre ellos un molde de yeso. Este molde de yeso se utiliza como encofrado para la construcción de estas figuras, uniéndolas a los encofrados de la estructura. Al desencofrar se rompen los moldes, y queda impresa, en la superficie del concreto, la figura.

### 5.3 Sistemas de encofrados

#### 5.3.1 Encofrados para zapatas y cimentaciones

##### Generalidades

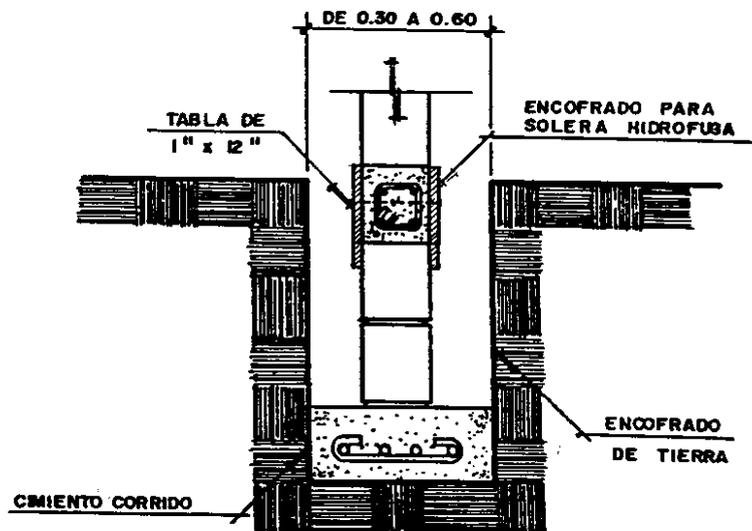
Las zapatas y cimentaciones son los elementos que le sirven de sustentación a la estructura. Los materiales más utilizados en los encofrados son: la madera de construcción los aglomerados, los contrachapados, el acero, tubos de fibra y cajas de cartón.

Normalmente, no son muy altos y si la altura de los paramentos verticales lo permite, pueden utilizarse tablas. Si las alturas son mayores, pueden emplearse encofrados prefabricados o fabricados en obra.

##### 5.3.1.1 Encofrado de tierra para cimiento corrido

Este tipo de cimiento va a lo largo del muro longitudinal y transversal, utilizado, principalmente en proyectos de vivienda. Ver figura # 120.

Este sistema de encofrado consiste en excavar una zanja a lo largo del muro, del ancho del cimiento y si el terreno es duro, puede utilizarse como encofrado natural.



DETALLE DE  
CIMIENTO CORRIDO

Figura # 120.

5.3.1.2 Encofrado de muros de cimentación  
 Estos se construyen sobre la zapata y su altura puede variar de 0.50 m. a 1.50 m. Ver figura # 121

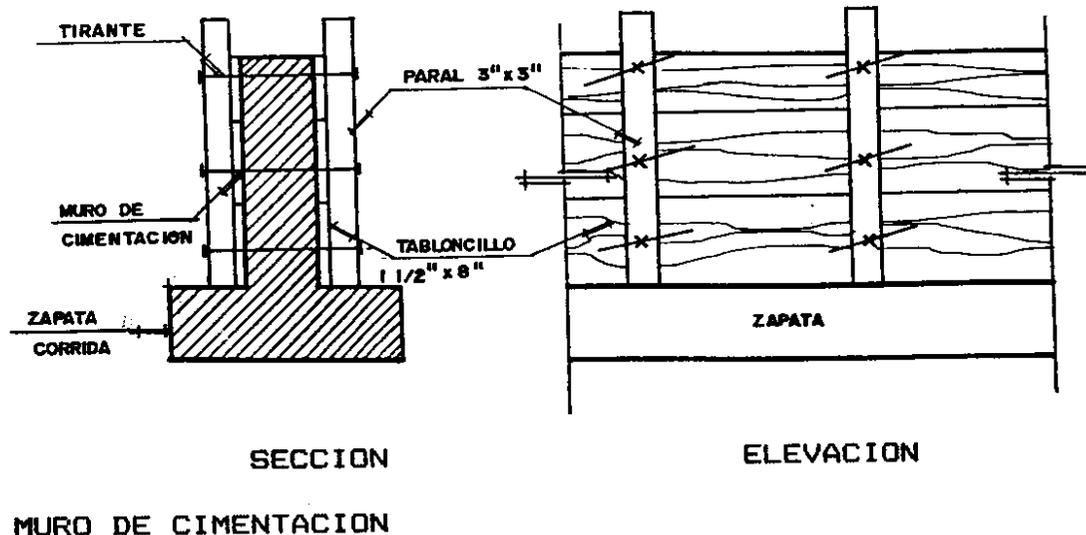


Figura # 121

Para los encofrados se pueden utilizar paneles prefabricados o elementos contruidos en el lugar.  
 Un ejemplo es la figura siguiente, que muestra un encofrado formado por paneles de madera y paramentos de madera contrachapada. Ver figura # 122.

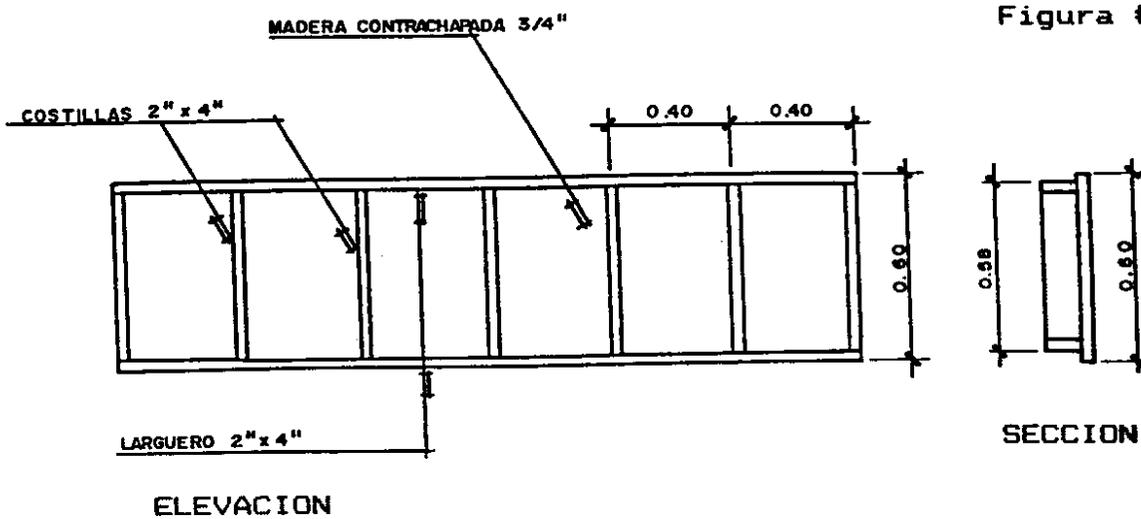


Figura # 122

Figura 121. Fuente: Experiencia propia.  
 Elaboración propia.

Figura 122. Fuente: Peurifoy, R.L. Op. Cit., p. 140  
 Elaboración propia.

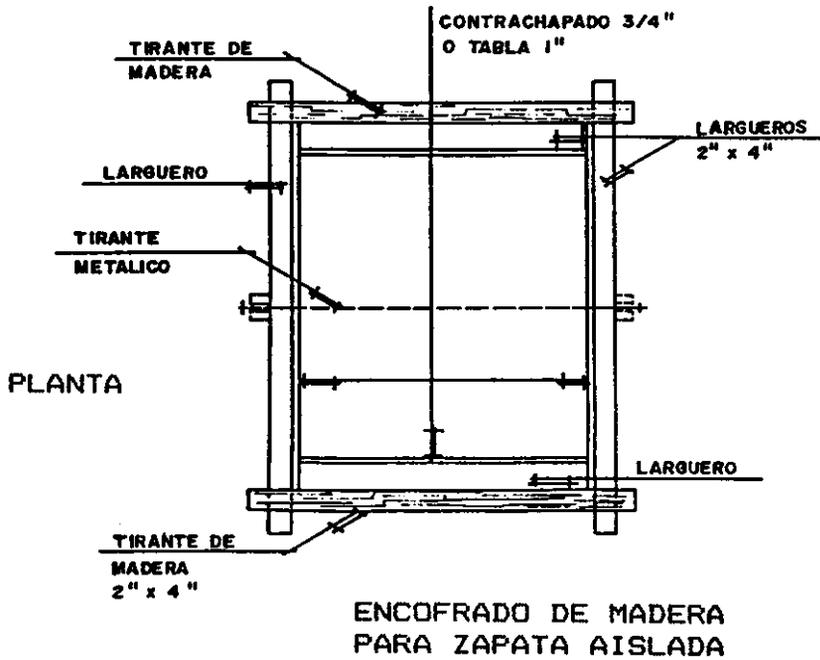
5.3.1.3 Encofrado de madera para zapata aislada

Este tipo de encofrado depende del tamaño y forma de la zapata y del número de usos que puedan dársele.

Las zapatas cuadradas o rectangulares son más fáciles de encofrar que las escalonadas. Ver figuras # 123 y # 124

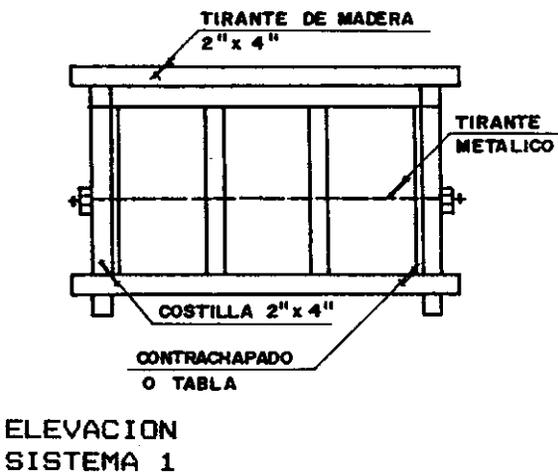
Figura # 123

SISTEMA 1

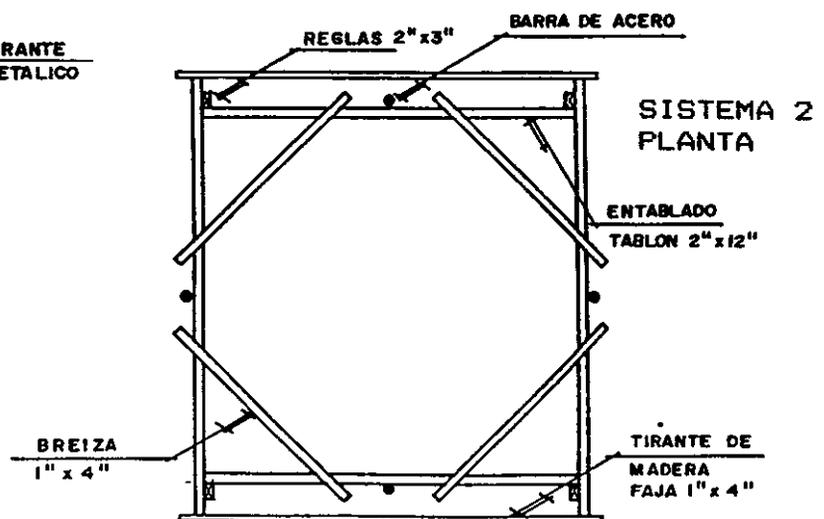


Las zapatas rectangulares y cuadradas son fáciles de montar. Los paramentos verticales pueden ser de tabla o madera contrachapada, unidas entre sí por marcos y rigidizada por medio de breizas y tirantes.

Figura # 124



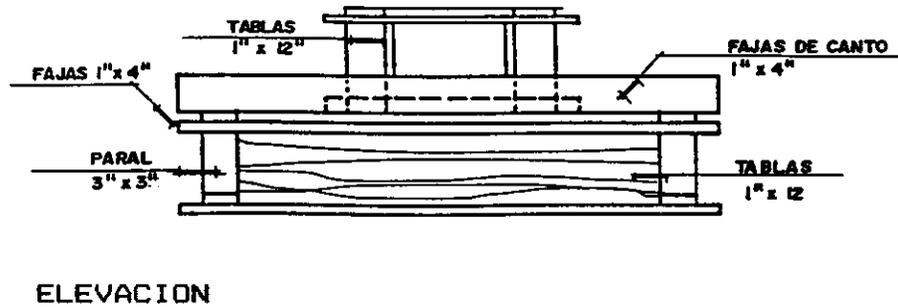
ENCOFRADO DE MADERA PARA ZAPATA



5.3.1.4 Encofrado de madera para zapata escalonada

La parte inferior y superior de la zapata se construye como una zapata tradicional, utilizando normalmente tablas para los paramentos. Donde varía es en el caso de la fundición, porque primero se coloca el concreto en la parte inferior y cuando ha fraguado, se funde la parte de arriba. Ver figuras # 125 y # 126.

Figura # 125



ENCOFRADO DE MADERA PARA ZAPATA ESCALONADA

Este es un ejemplo sencillo de una zapata escalonada usando sólo tablas y fajas de madera.

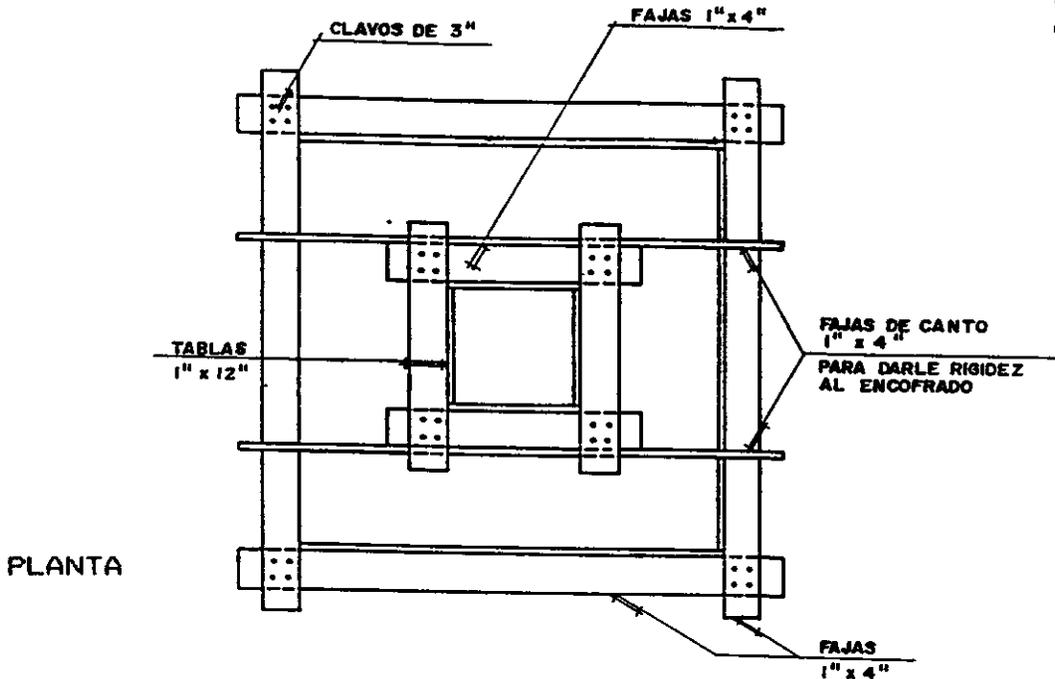
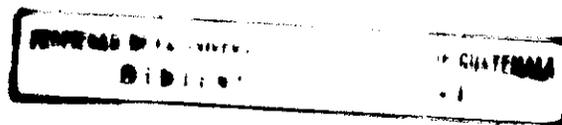


Figura # 126

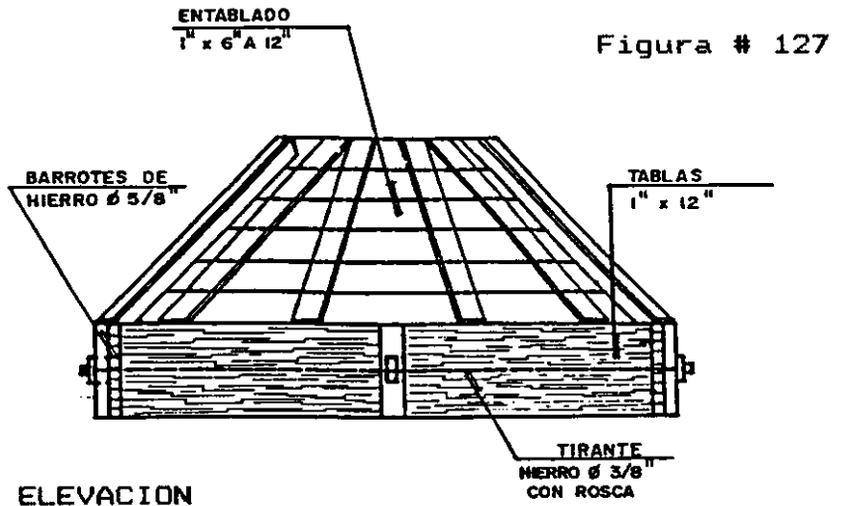
Figura 125,126. Fuente: Ibid, p. 147  
Elaboración propia.



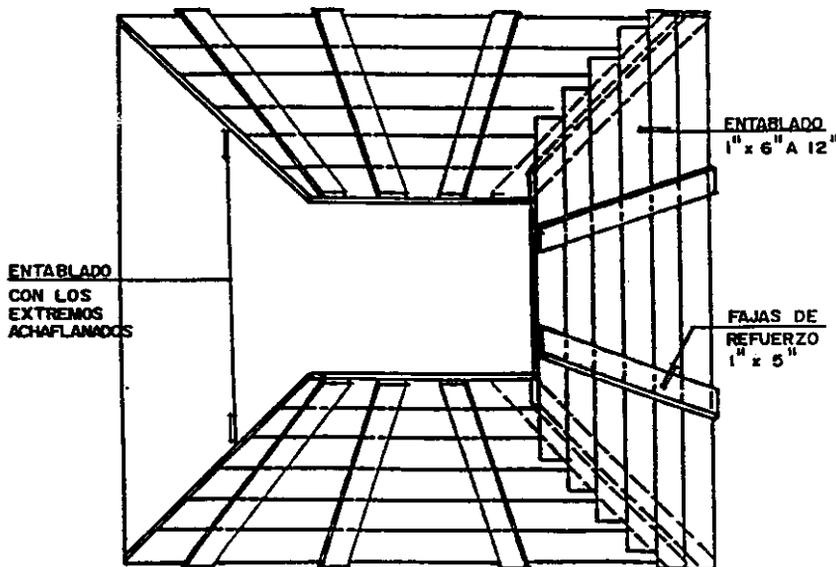
5.3.1.5 Encofrado de madera para zapata con paramentos inclinados

Las zapatas con paramentos inclinados sustituyen a las zapatas escalonadas, con el objeto de ahorrar concreto; sin embargo, este tipo de encofrado utiliza mucho material y aumenta el costo en tiempo y mano de obra. Ver figuras # 127 y # 128.

Como se observa en la figura, la construcción de esta zapata, requiere de técnica, material y tiempo por lo que conviene analizar y elegir entre la escalonada y la inclinada.



PLANTA



ENCOFRADO DE MADERA PARA UNA ZAPATA CON PARAMENTOS INCLINADOS

### 5.3.1.6 Algunas variantes de encofrados

Encofrado de zapata corrida y muro de cimentación  
Este sistema de encofrado de madera, se usa cuando el muro de cimentación es pequeño. Ver fig. # 129.

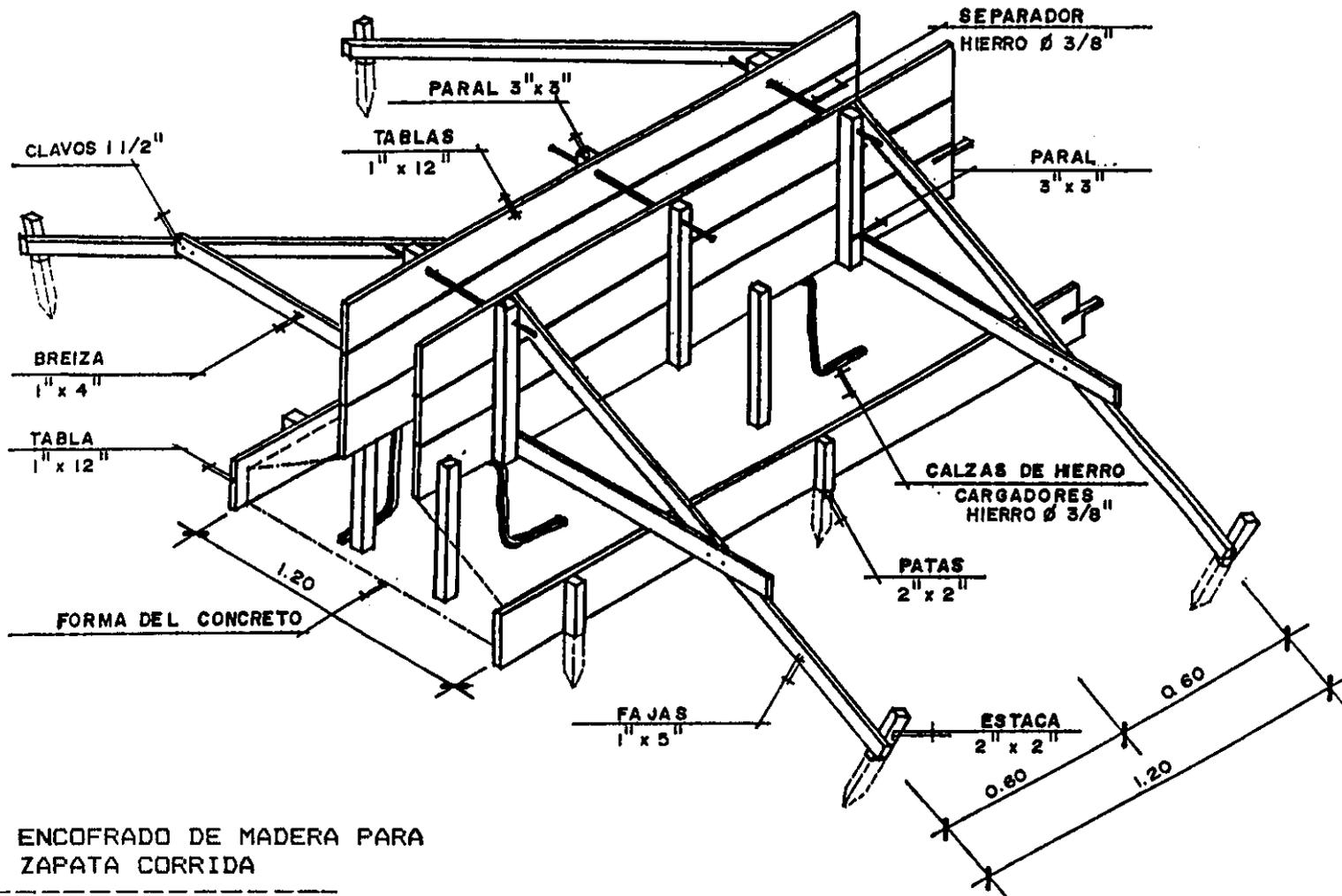
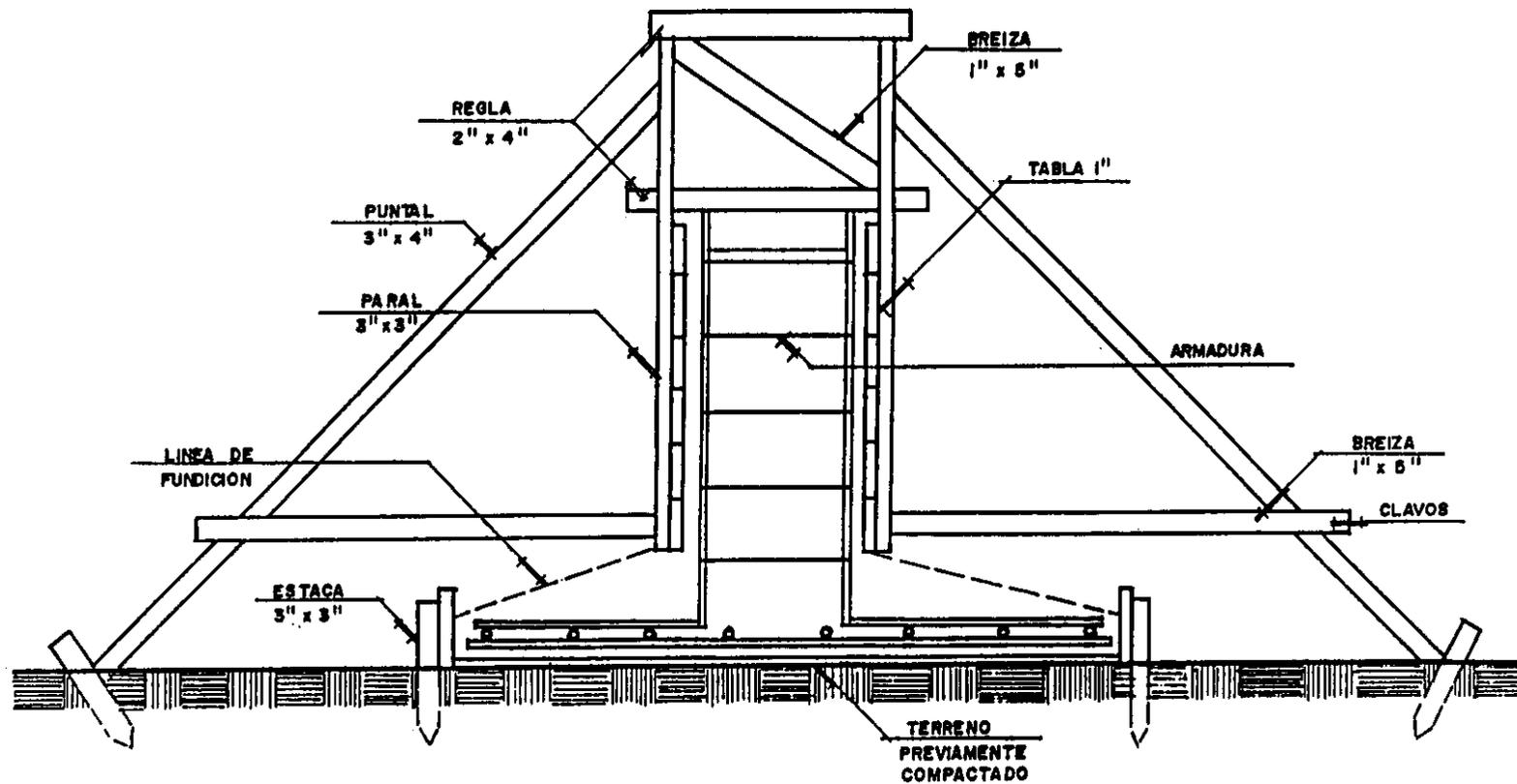


Figura 129. Fuente: Universidad La Salle de México. Materiales y procedimientos de construcción. p. 41  
Elaboración propia.

Figura # 129

- Este encofrado de madera, es para zapata y tronco de columna aislada



ENCOFRADO DE MADERA  
PARA ZAPATA AISLADA

Figura 130. Fuente: Ibid, p. 41  
Elaboración propia.

Figura # 130

Entre la extensa variedad de encofrados de madera y sus diferentes aplicaciones, se representan algunos sistemas muy sencillos, en los que se emplea la madera como el material más accesible para cualquier lugar donde se construya. Ver figuras # 131, # 132, # 133. La figura # 134, muestra un encofrado de aluminio, práctico y rápido en su colocación.

Este tipo de encofrado de madera para cemento de piedra, está formado por tablas horizontales rigidizadas por medio de reglas verticales clavadas.

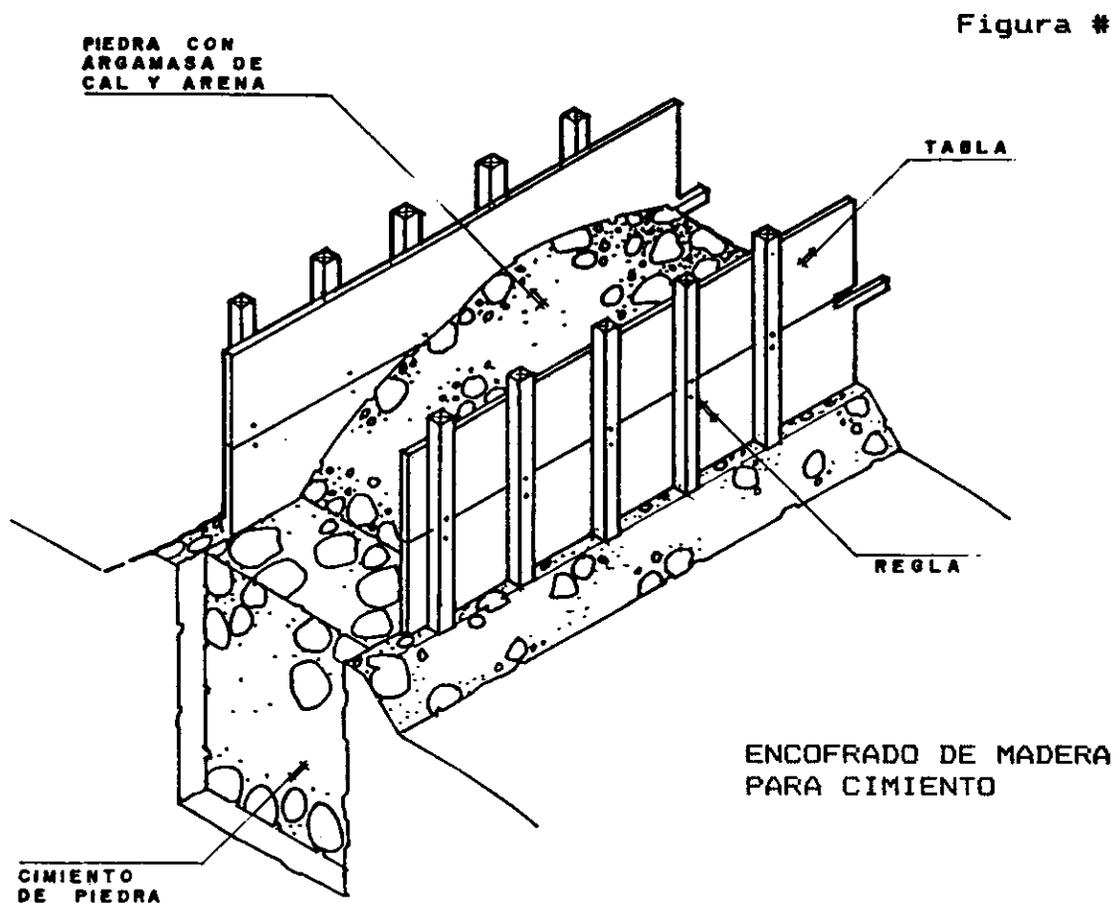
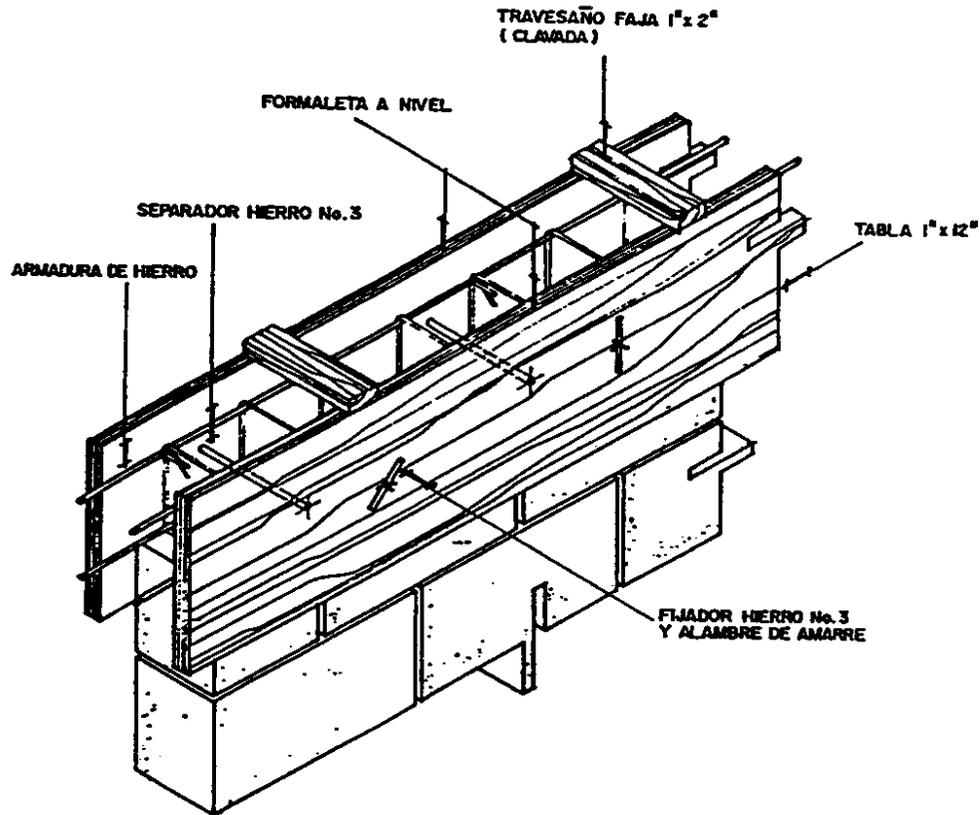


Figura 131. Fuente: Posadas, Carlos. Albañilería.  
Elaboración propia.

Figura # 132

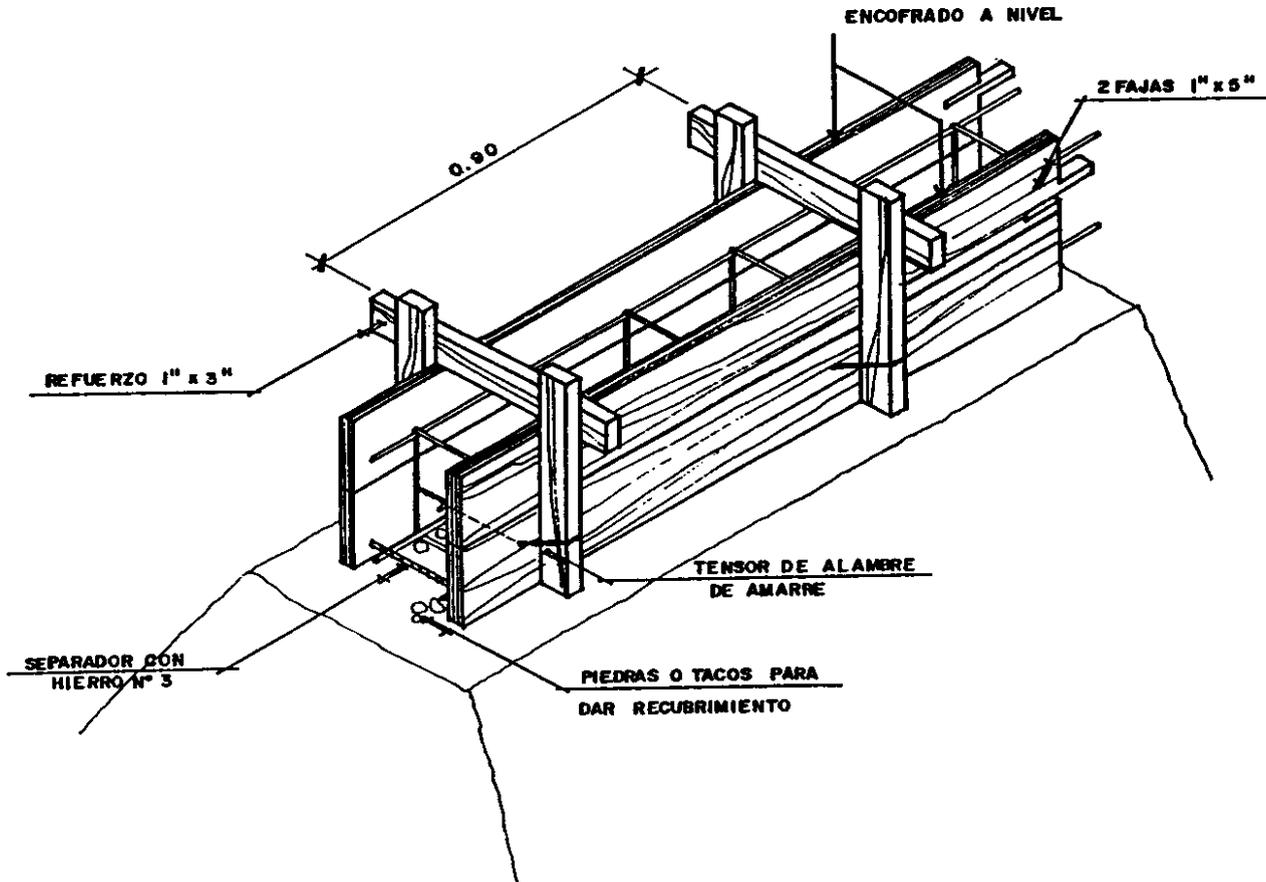


### ENCOFRADO DE MADERA PARA SOLERA INTERMEDIA

La figura # 132 es un encofrado para sole  
ra intermedia en cualquier muro de mampos  
teria. Como se observa, es una manera  
muy sencilla y práctica de hacerlo. Algo  
importante es que las tablas estén a ni  
vel, para que la fundición sea pareja.

Figura # 133

En esta figura se ve un encofrado de solera sobre un cimiento de piedra, fácil de hacer, con madera que se obtenga en el lugar y siempre verificando que esté a nivel y mantenga su forma por medio de los refuerzos verticales, horizontales y los tensores.

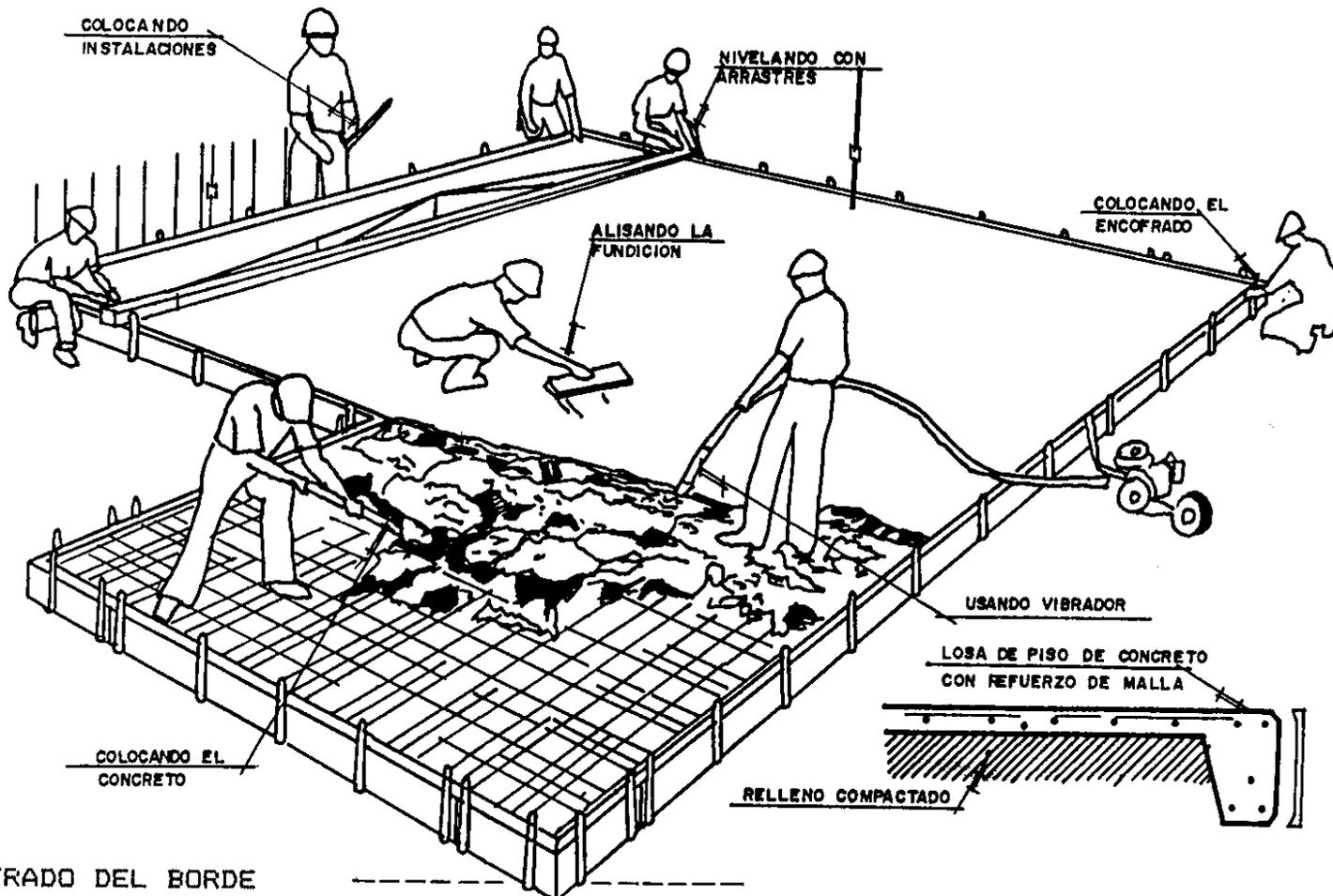


ENCOFRADO DE MADERA PARA SOLERA SOBRE CIMIENTO DE PIEDRA

Figura 133. Fuente: Rodríguez, Carlos. Manual de auto-construcción. p. 49  
Elaboración propia.

- Encofrado del borde para losa de piso con el sistema CON-TECH

Estos moldes de aluminio se colocan en el perímetro de la losa de piso, asegurados por medio de estacas. Son fáciles de colocar y retirar. Cuando ya está preparada la losa con el acero de refuerzo y los moldes, se vierte el concreto con una bomba y se utiliza el vibrador para que éste penetre en toda la superficie. Ver figura # 134.



ENCOFRADO DEL BORDE  
PARA LOSA DE PISO

Figura 134. Fuente: International Housing Limited. Sistemas de for  
maletas CON-TECH, p. 1  
Elaboración propia.

Figura # 134

### 5.3.2 Encofrados para columnas

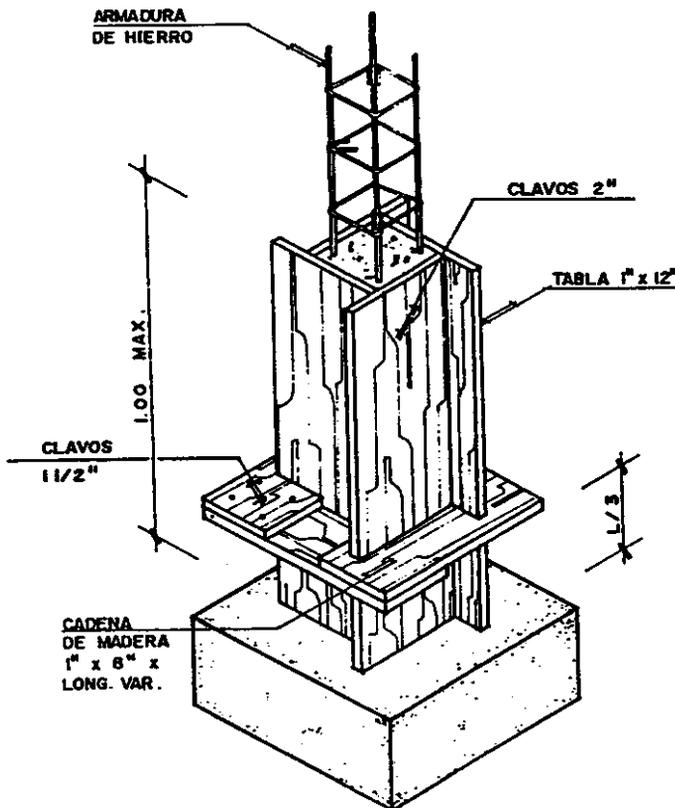
#### Generalidades

A un elemento largo, delgado, sometido a compresión axial se le llama soporte, pilar o columna. Normalmente se le llama columna a los elementos verticales que soportan una estructura. Entre las distintas formas se pueden mencionar: las cuadradas, rectangulares, en L, circulares, octagonales, en C. etc.

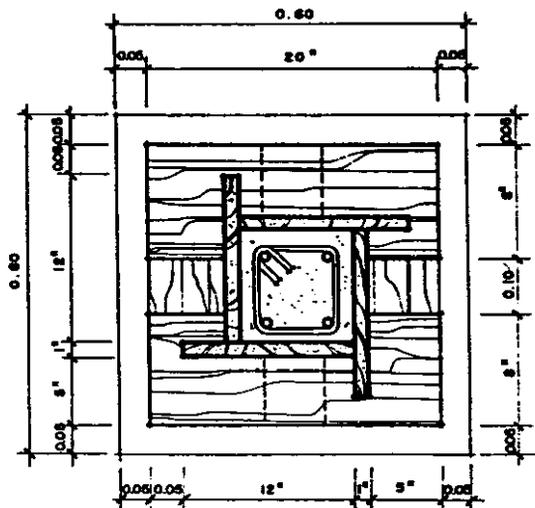
#### Materiales para encofrar

- Madera
- Madera y metal
- Metal
- Tubos de fibra
- Contrachapados
- Tubos de cemento

#### 5.3.2.1 Encofrados de madera para columnas cuadradas y algunas variedades



Este encofrado es sencillo y práctico. Se aplica mucho en viviendas y obras pequeñas. Las tablas que se usan no se cortan y así se conservan bien. No deben faltar las cadenas de refuerzo. Ver figura # 135

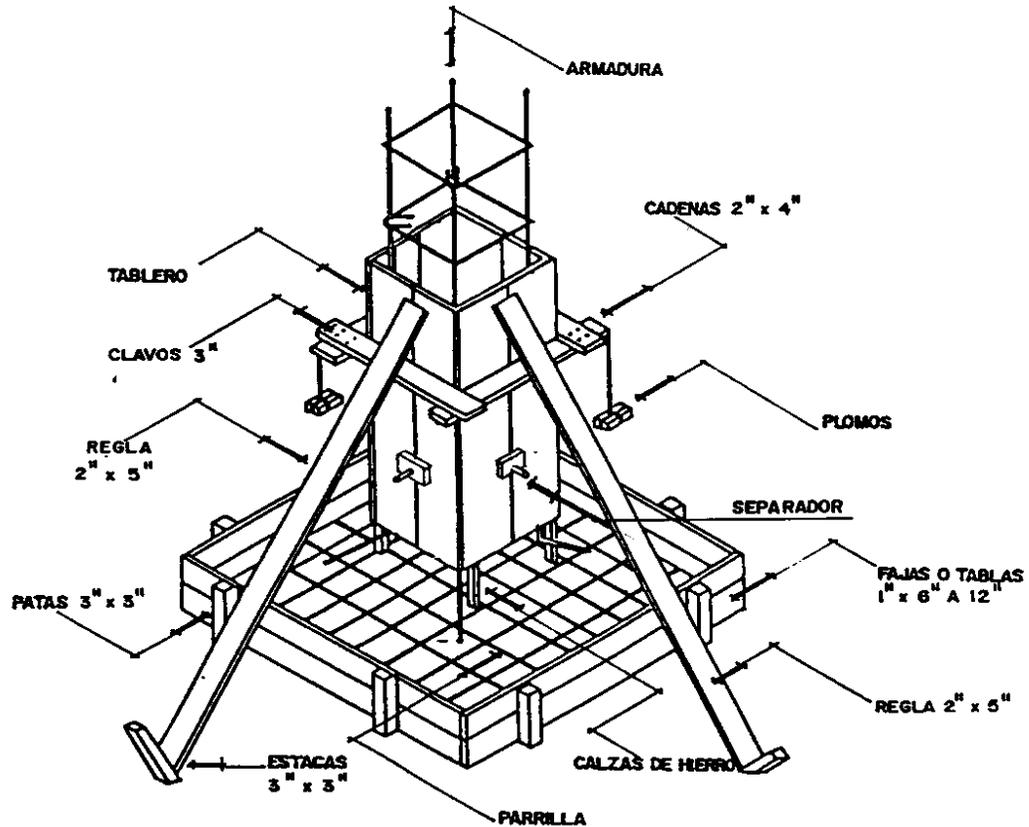


ENCOFRADO DE MADERA PARA TRONCOS DE COLUMNA AISLADA CON ZAPATA YA FUNDIDA

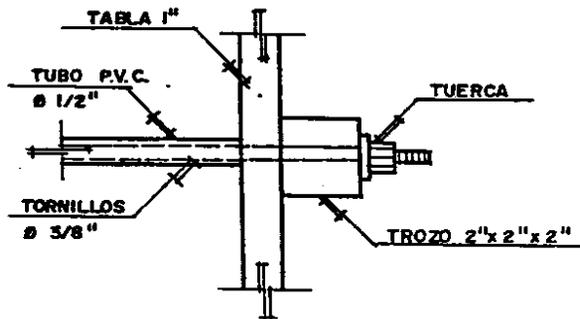
Figura # 135

Figura 135. Fuente: Posadas, Carlos. Op. Cit.  
Elaboración propia.

- La siguiente figura, muestra un encofrado de madera para una zapata y una columna aislada, con sus elementos principales y cuya aplicación se observa en proyectos de regular tamaño. Ver figura # 136.



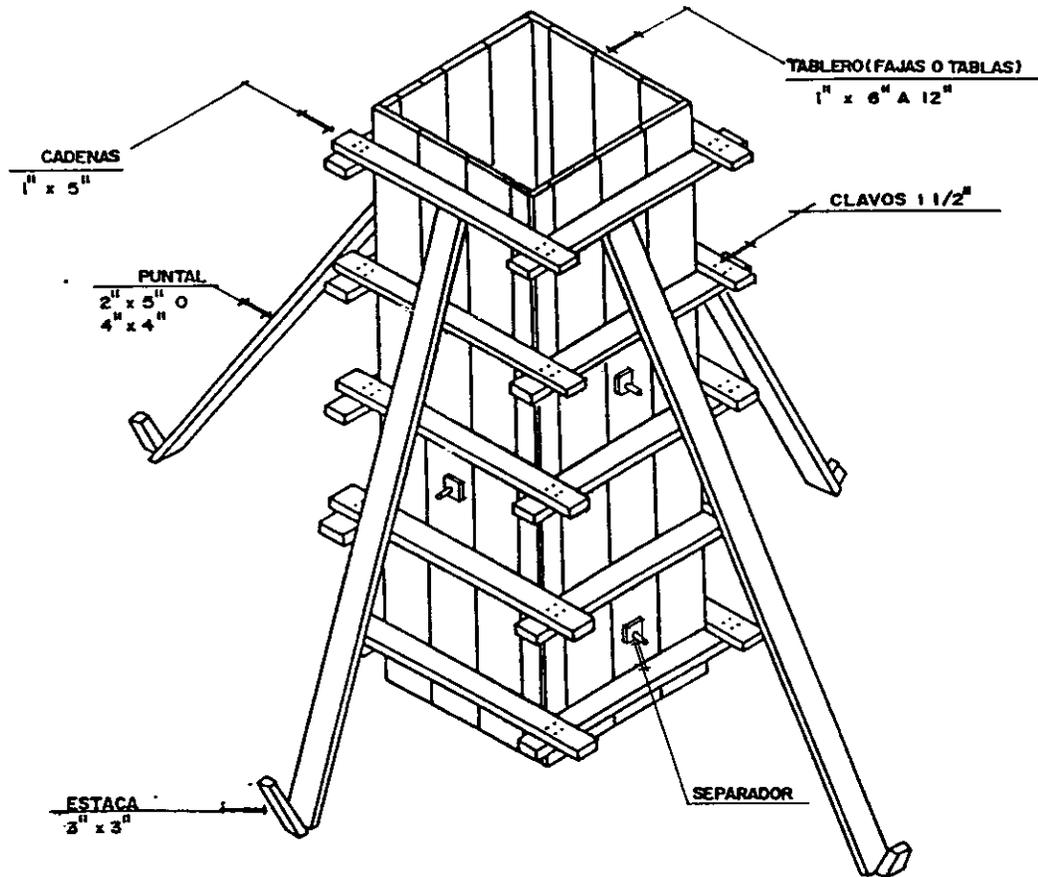
ENCOFRADO DE MADERA PARA COLUMNA AISLADA



DETALLE DEL SEPARADOR

Figura # 136

- El siguiente ejemplo de encofrado es completamente de madera. Es un detalle típico para columnas centrales, que pueden partir del nivel de tierra o de una losa. Estos encofrados deben estar bien apuntalados y plomeados. Llevan sus cadenas de refuerzo para que los tableros no se abran y soporten la presión del concreto. Se utilizan en columnas de proyectos grandes y pueden ser cuadradas o rectangulares. Ver figura # 137.



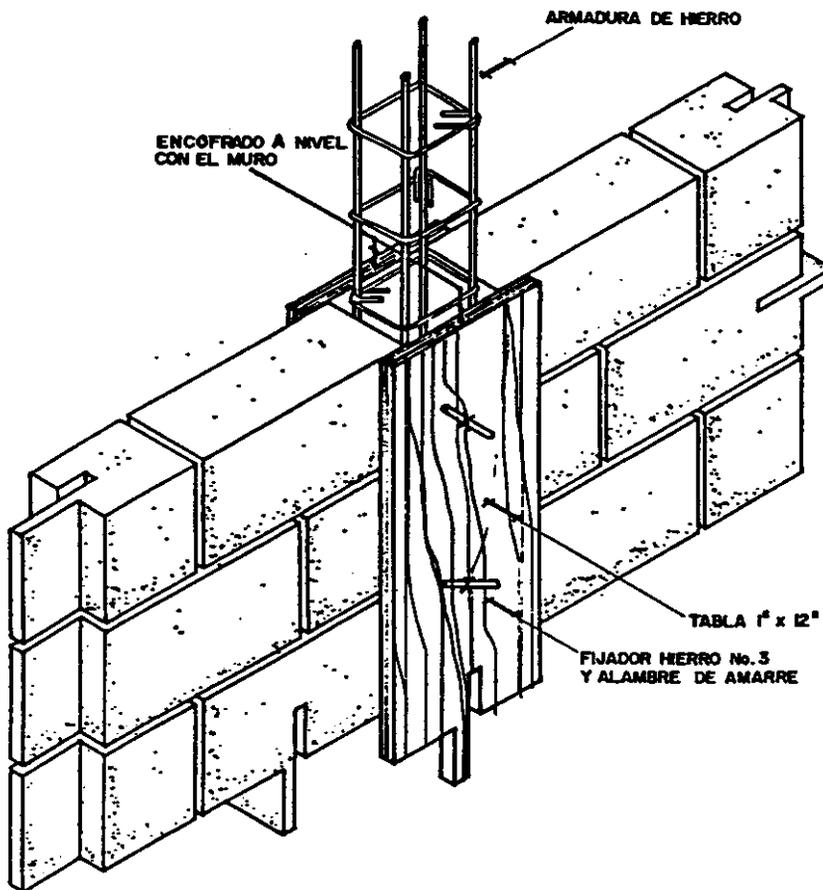
ENCOFRADO DE MADERA TIPICO PARA COLUMNA

Figura # 137

Figura 137. Fuente: Ibid, p. 43  
Elaboración propia.

El encofrado de madera para columnas intermedias, como lo representan las figuras # 138 y # 139, es aplicable en cualquier muro de mampostería.

Este encofrado es el más sencillo. Se usan simples tablas debidamente amarradas, a plomo y a nivel con el muro. Ver figura # 138.



ENCOFRADO DE MADERA PARA COLUMNA INTERMEDIA

Figura # 138

---

Figura 138. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

ENCOFRADO DE MADERA  
PARA COLUMNA INTERMEDIA

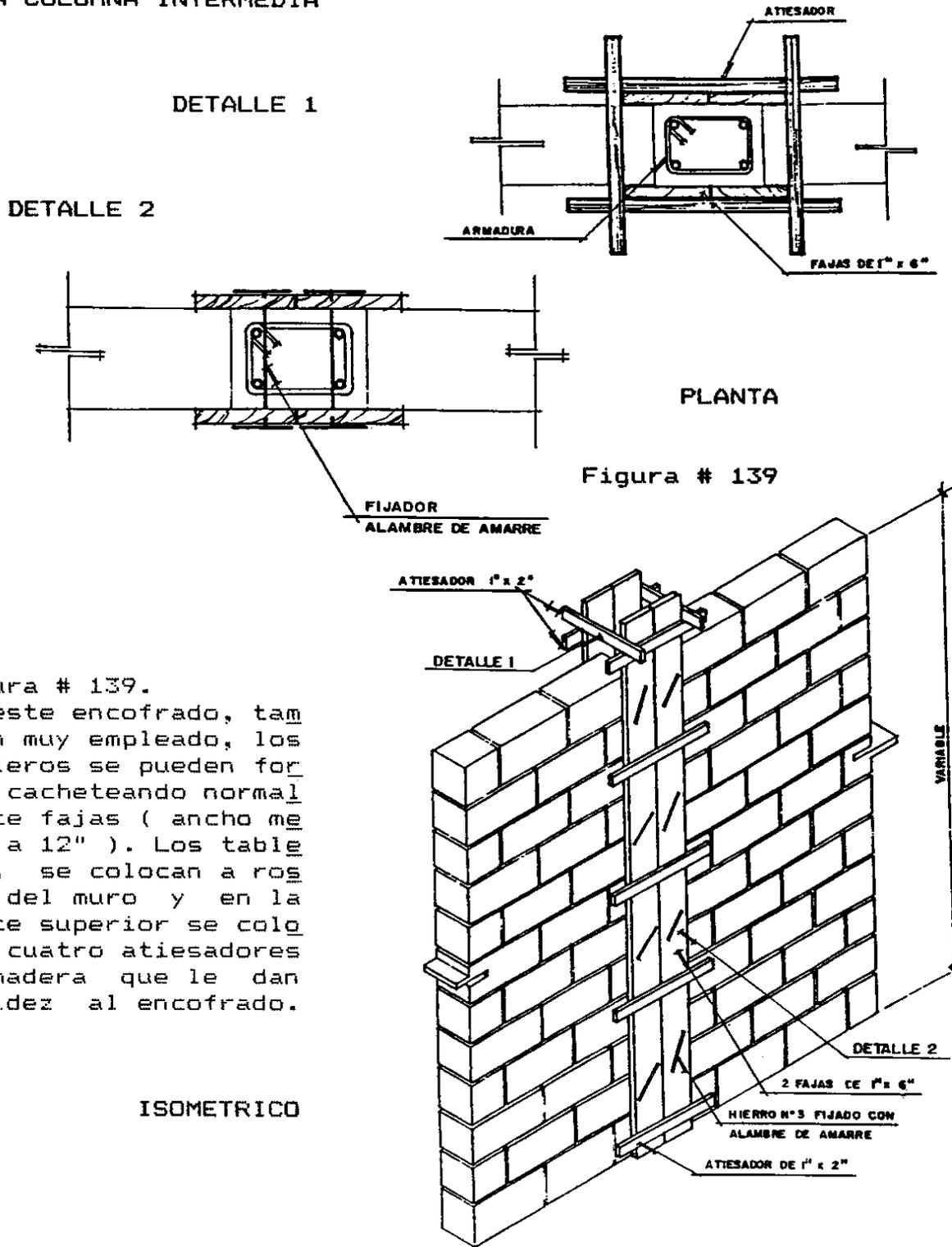
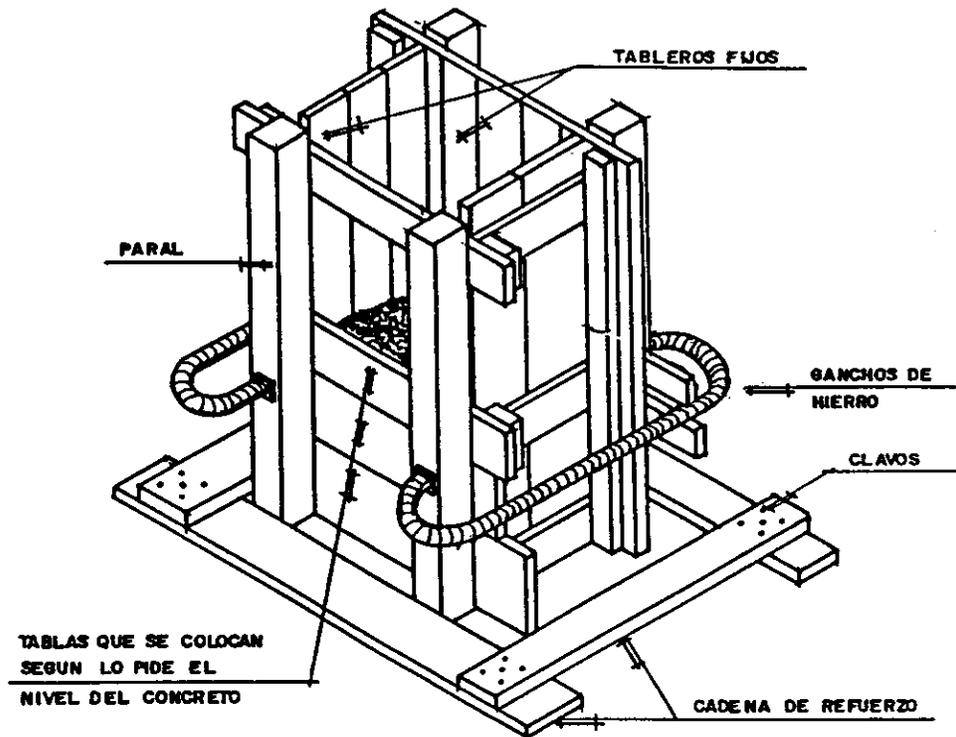


Figura # 139.  
En este encofrado, tam  
bién muy empleado, los  
tableros se pueden for  
mar cacheteando normal  
mente fajas ( ancho me  
nor a 12" ). Los table  
ros, se colocan a ros  
tro del muro y en la  
parte superior se colo  
can cuatro atiesadores  
de madera que le dan  
rigidez al encofrado.

ISOMETRICO

Figura 139. Fuente: Rodriguez, Carlos. Op. Cit., p. 82  
Elaboración propia.

- Encofrado de madera y una manera de fundición de una columna de concreto

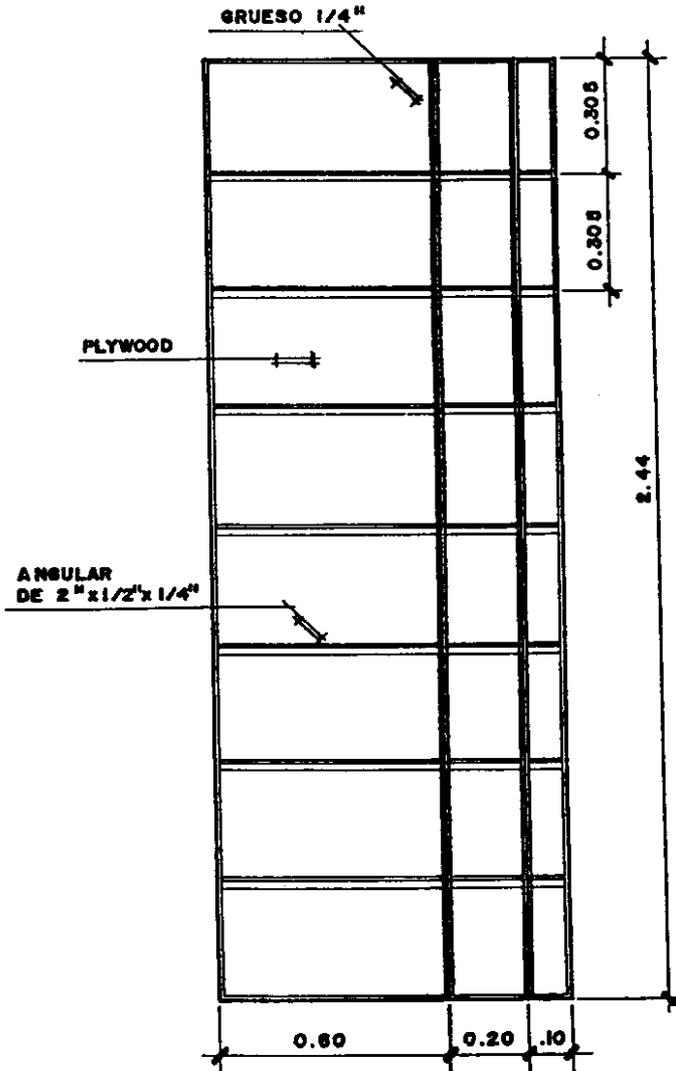


ENCOFRADO DE MADERA  
Y FUNDICION DE COLUMNA

Figura # 140

En este encofrado, tres tableros o caras de la columna son fijos, mientras que en el cuarto, se van colocando las tablas una encima de otra, de acuerdo con el nivel del concreto. Ver figura # 140.

5.3.2.2 Encofrado de metal y madera Tipo Symons para columna  
Los encofrados se forman con un sistema de tableros prefabricados, con los que se puede lograr cualquier forma o tamaño en las estructuras de concreto. Su montaje y desmontaje es rápido, y de uso múltiple. Ver figura # 141.



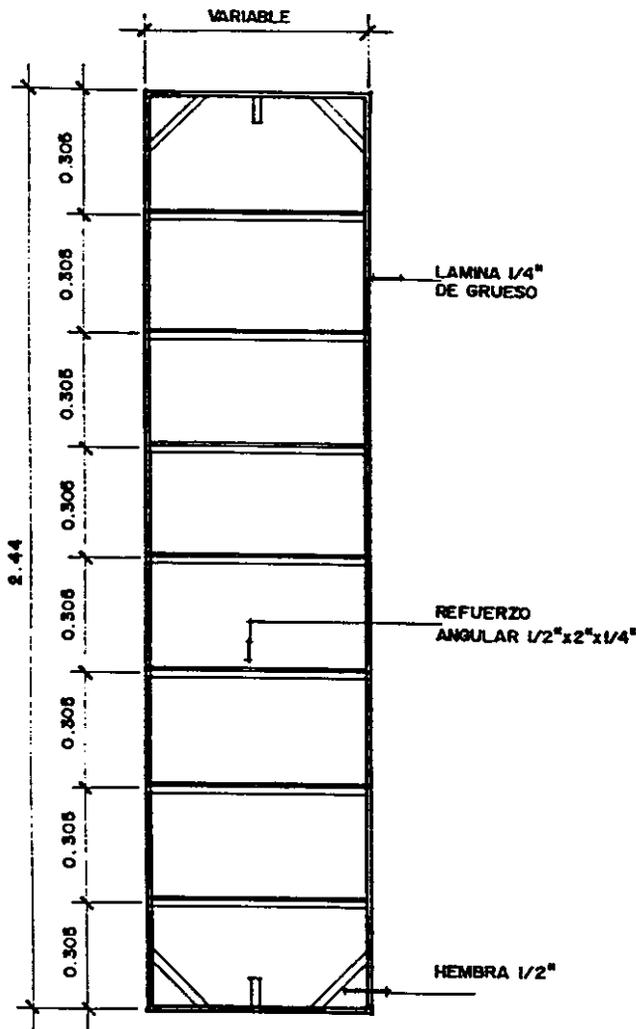
Los tableros se pueden colocar vertical y horizontalmente en cualquier combinación. Se aseguran entre sí por medio de pasadores. Se pueden obtener en medidas estándar de 0.10 m, 0.20 m, 0.30 m, 0.40 m, 0.50 m y 0.60 m de ancho hasta 2.44 m de altura. El grueso del tablero es de 2 1/2" (6.35 cms). Por ser liviano, es de fácil manejo, almacenamiento y transporte.

COMBINACION DE PANELES SYMONS

Figura # 141

Figura 141. Fuente: Edificio La Mirage.  
Elaboración propia.

Figura # 142

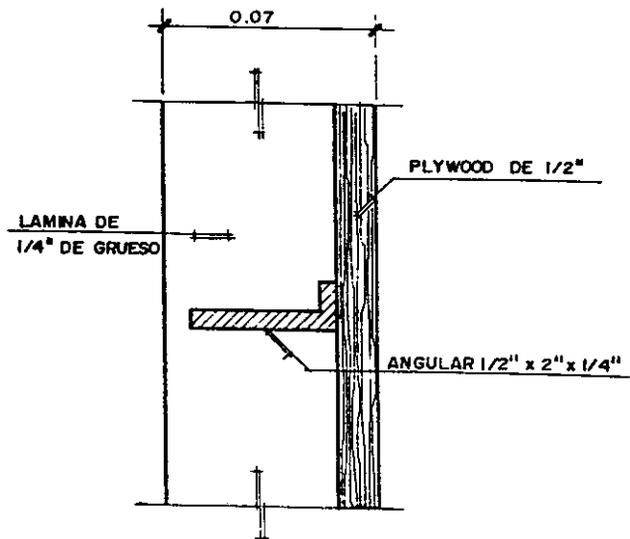


ELEVACION DE ENCOFRADO TIPO SYMONS

Figura # 143

Figura # 142 representa un detalle típico de la estructura básica de un tablero Symons.

Fig. # 143. Es una sección transversal del tablero, donde el marco es de metal (lámina de 1/4" de grueso) los travesaños son angulares de metal y el fondo, de plywood. Otra ventaja de este sistema es que al deteriorarse la madera, puede cambiarse con facilidad.



DETALLE 1

Figura 142, 143. Fuente: Edificio La Mirage. Elaboración propia.

Estos tableros Symons se utilizan en encofrados de columnas grandes, en proyectos grandes, en columnas centrales y perimetrales. Normalmente se le colocan, como mínimo, dos cadenas de madera que abrazan la columna y evitan que ésta se abra durante y después de la fundición. Los encofrados se colocan a plomo por medio del teodolito y, para mantenerlos verticales se apuntalan con cuatro trickets en cada cara de la columna. La ventaja del tricket sobre el puntal, es que se puede ir graduando poco a poco. La figura siguiente es un detalle típico de un encofrado para columna central. Ver figura # 144.

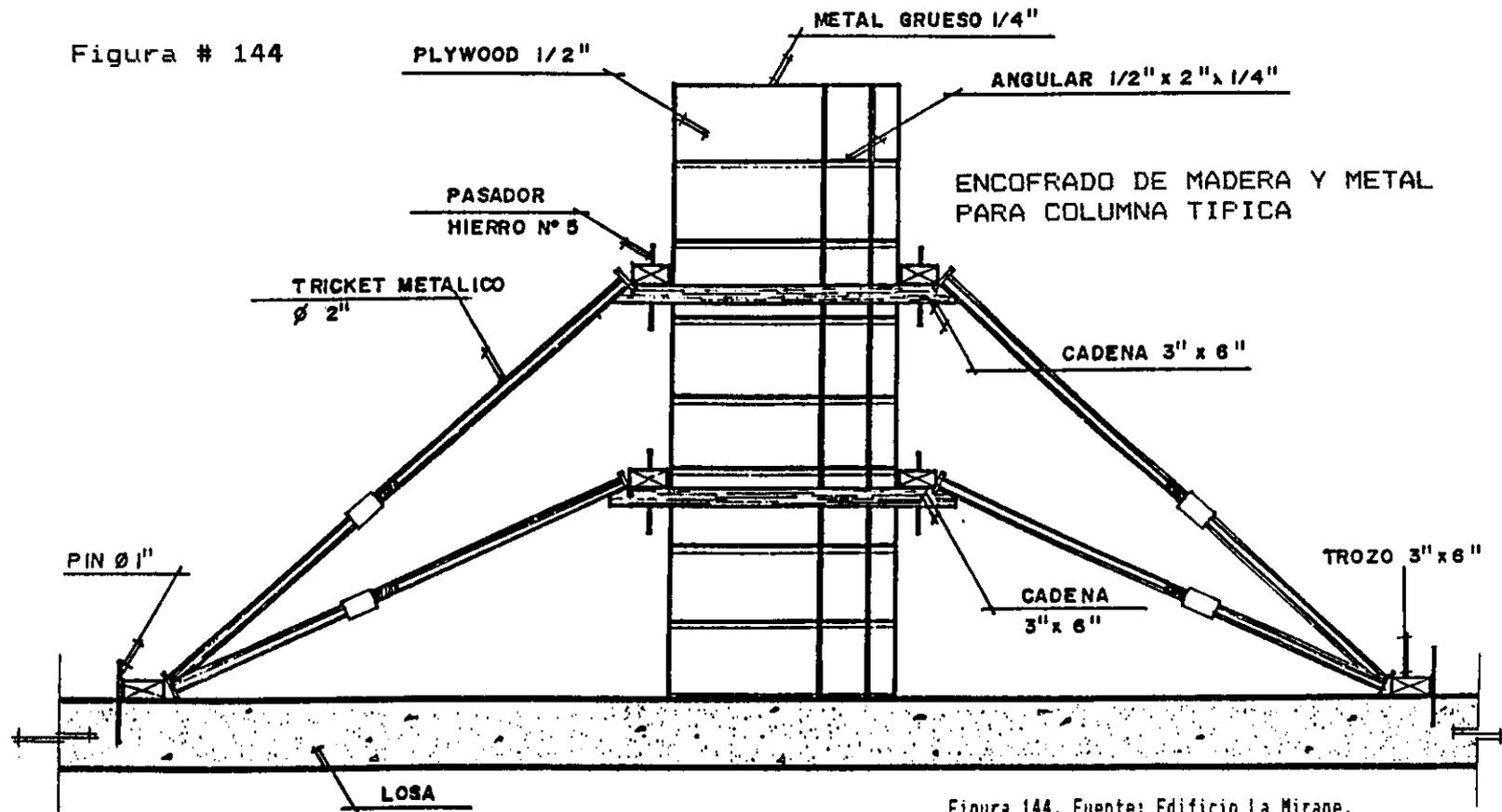
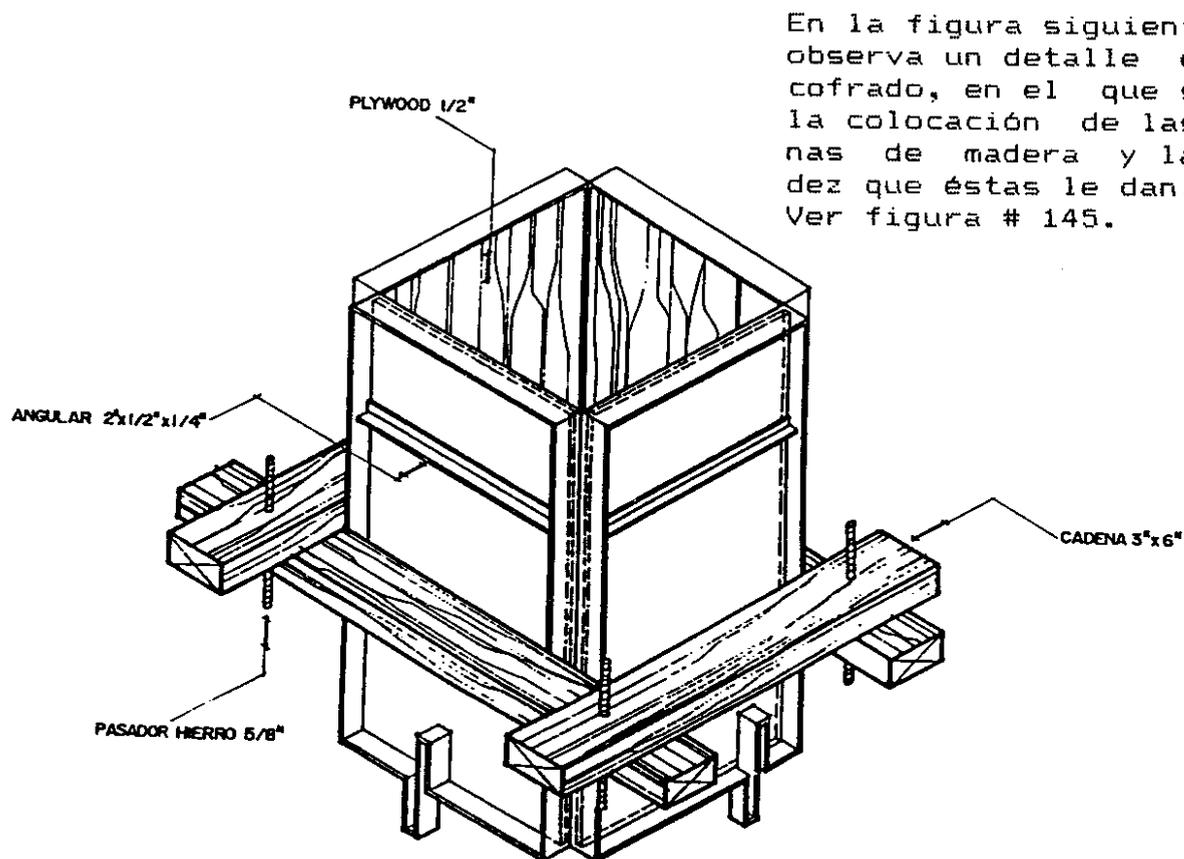


Figura 144. Fuente: Edificio La Mirage. Elaboración propia.

Figura # 145



DETALLE DE ENCOFRADO SYMONS  
PARA COLUMNA

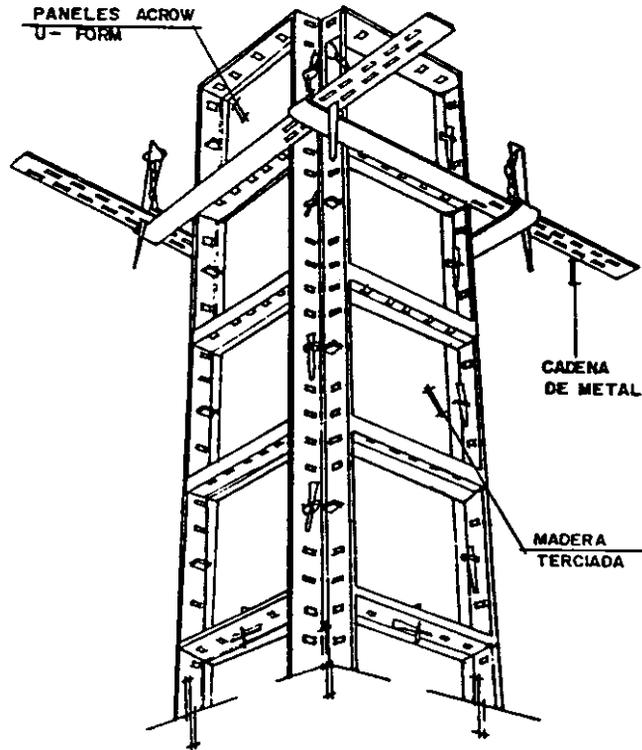
Cuando las columnas son perimetrales y no se pueden apuntalar en el lindero, se utilizan rigidizantes con tensores, anclados a hierros previamente fundidos entre la losa.

Antes de colocar los moldes para las columnas, se les deben aplicar con brocha, con rodillo o con pistola de presión, un desengrase, para que al retirar los tableros, no se lastimen ellos ni el concreto.

---

Figura 145. Fuente: Edificio La Mirage.  
Elaboración propia.

5.3.2.3 **Encofrado de metal y madera Tipo Acrow, para columna**  
Los paneles Acrow U-Form utilizados en encofrados para columnas, están formados por un bastidor metálico de acero, y la superficie es madera terciada impregnada con resina fenólica. Estos materiales hacen que los paneles sean livianos, resistentes y adaptables a cualquier forma.



La figura # 146 muestra un ejemplo de encofrado para columna.

ENCOFRADO DE METAL TIPO ACROW PARA COLUMNA

Figura # 146

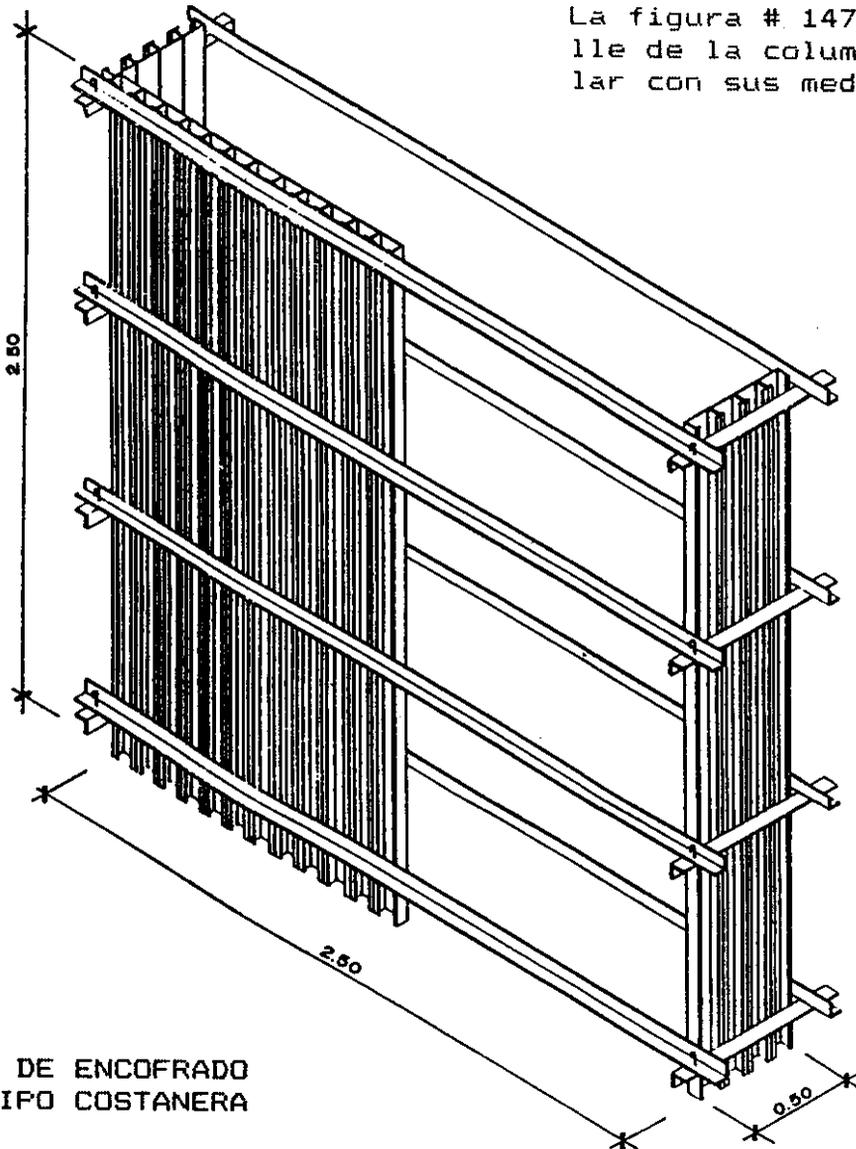
En este sistema, los paneles se pueden colocar a mano o usando grúa, si el caso lo exige. Se unen entre sí por medio de chavetas con cuña y no deben faltar las cadenas que evitarán que se abra.

-----  
Figura 146. Fuente: Acrow. Equipo para la construcción, encofrado, andamiaje y apuntalamiento. p. 5  
Elaboración propia.

5.3.2.4 Encofrado de metal tipo costanera, para columna

En este tipo de encofrado trataremos un caso en particular, donde fue diseñado para un proyecto específico. Fueron diseñados encofrados para columnas rectangulares, y en C. Como materiales se utilizaron costaneras de metal colocadas verticalmente y soldadas entre sí. Se le colgaron cadenas formadas por angulares y tirantes para mantenerlas en la misma posición.

La figura # 147 es un detalle de la columna rectangular con sus medidas reales.



ISOMETRICO DE ENCOFRADO DE METAL TIPO COSTANERA

Figura # 147

Figura 147. Fuente: Residencia Universitaria Lendel.  
Elaboración propia.

Las figuras # 148 y # 149 re-  
presentan una columna en C y  
una elevación típica, con me-  
didias reales.

Figura # 148

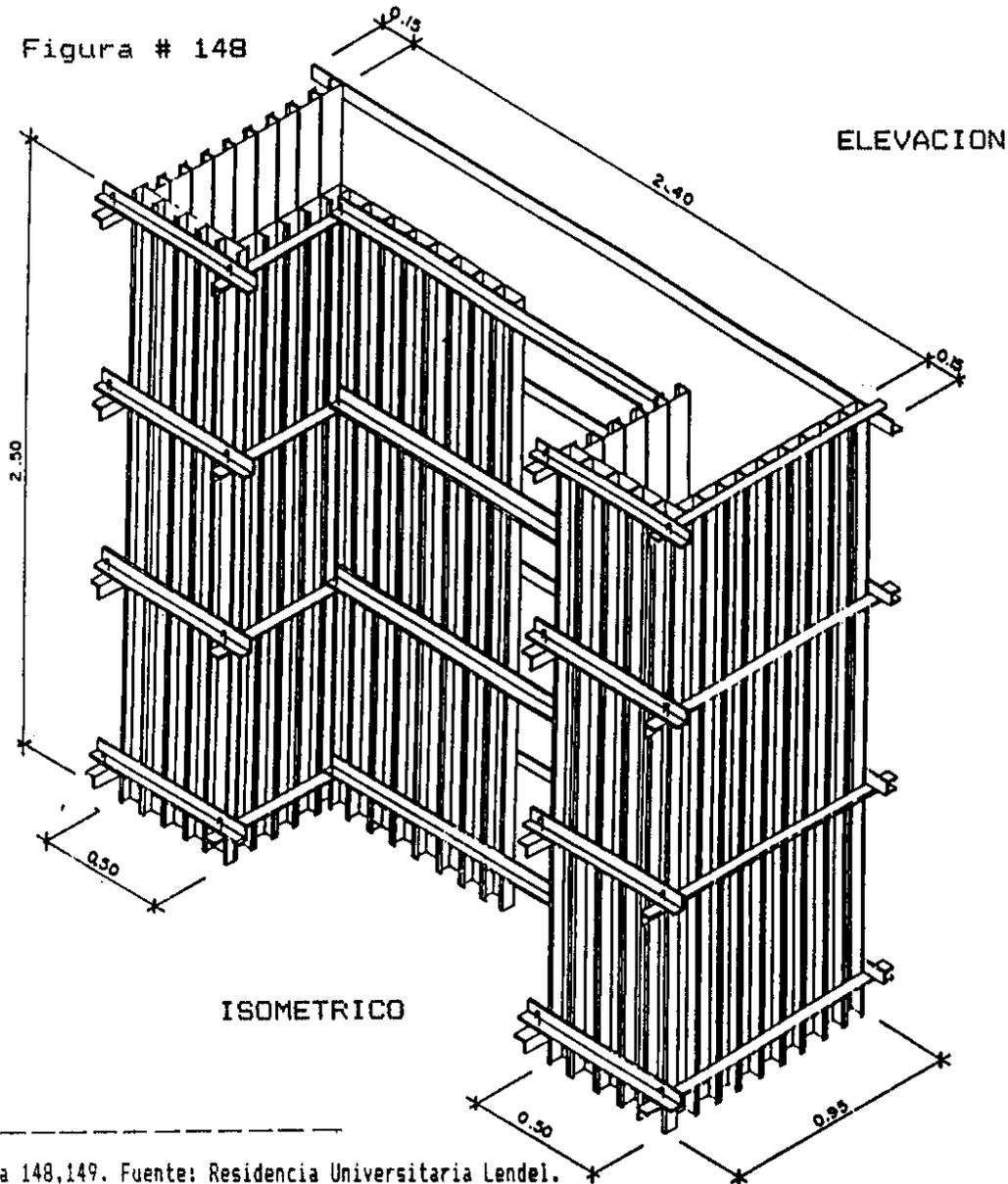


Figura # 149

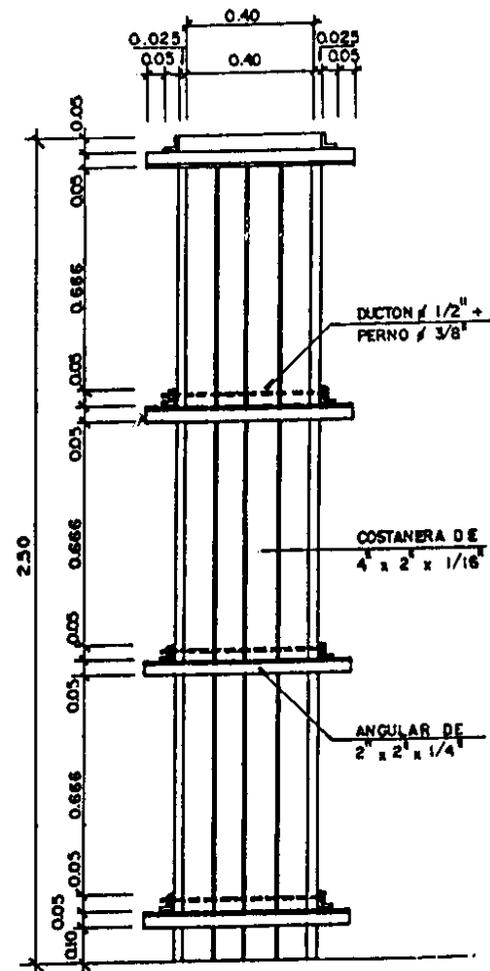
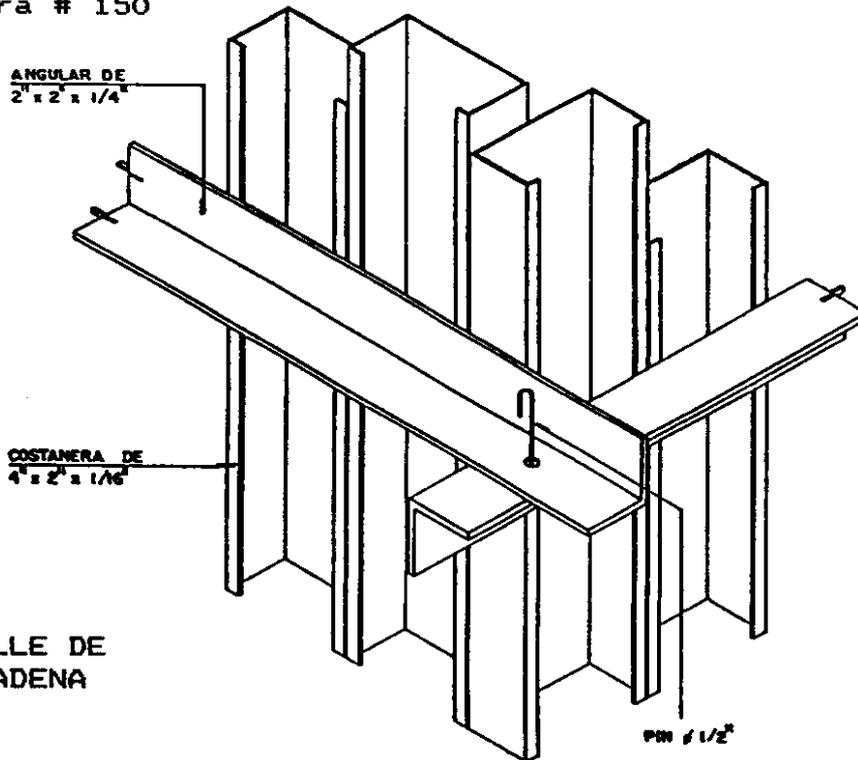


Figura 148,149. Fuente: Residencia Universitaria Lendel.  
Elaboración propia.

Figura # 150



La figura # 150 es un detalle de colocación de la cadena abrazando a las costaneras

DETALLE DE LA CADENA

La figura # 151 muestra la planta de la columna en C, donde se observan los tirantes.

Figura # 151

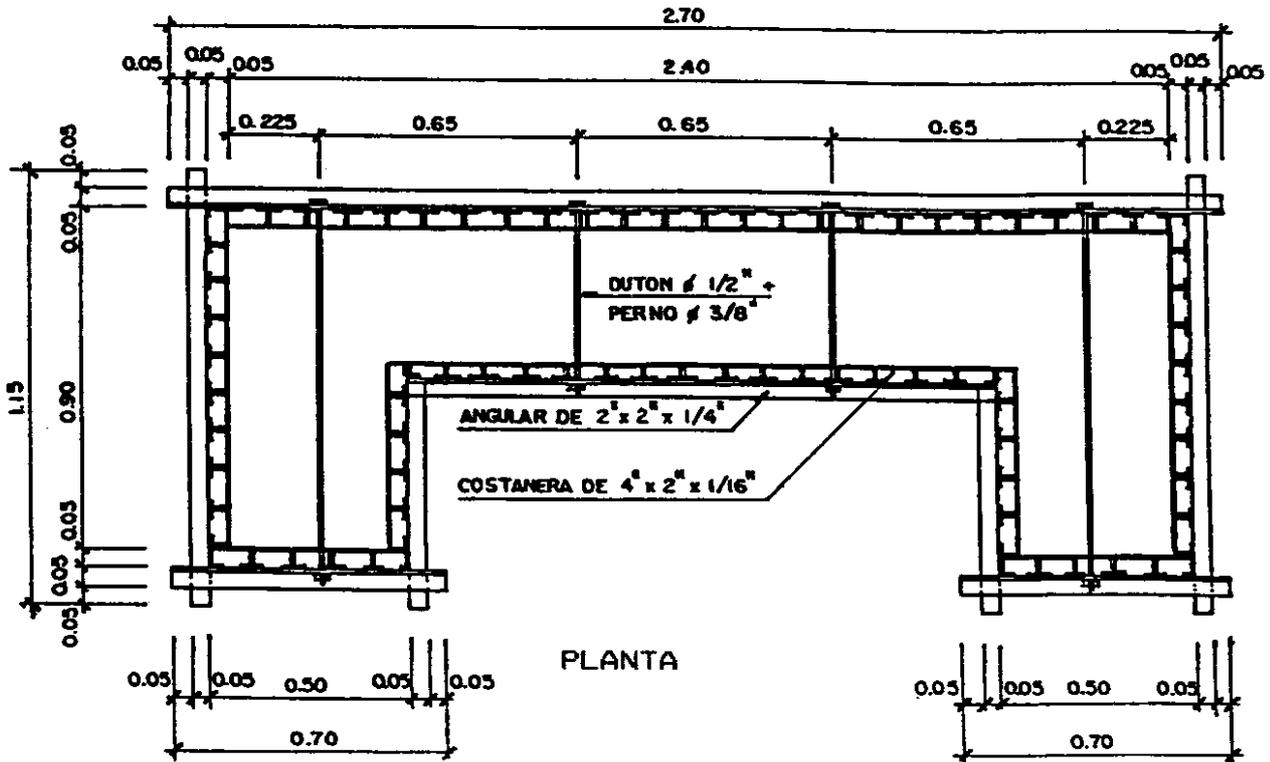
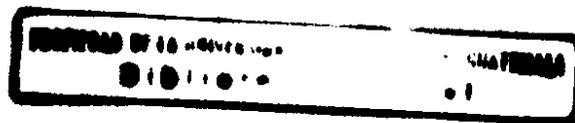
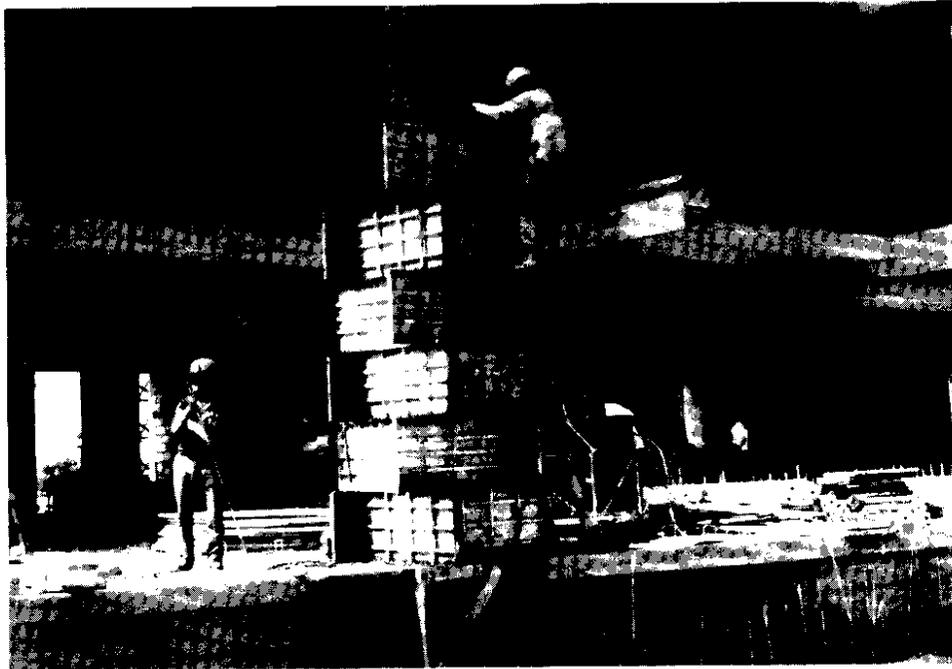


Figura 150,151. Fuente: Residencia Universitaria Lendel.  
Elaboración propia.

- Otra variedad de encofrado de metal para columna aislada

Los tableros, placas o paneles metálicos que se emplean en encofrados para columnas tienen un uso muy variable y se pueden colocar de diversas formas, adaptándolos a los requerimientos del proyecto. Se pueden hacer encofrados para columnas cuadradas y circulares. En la siguiente fotografía, se observa un encofrado de un proyecto real.

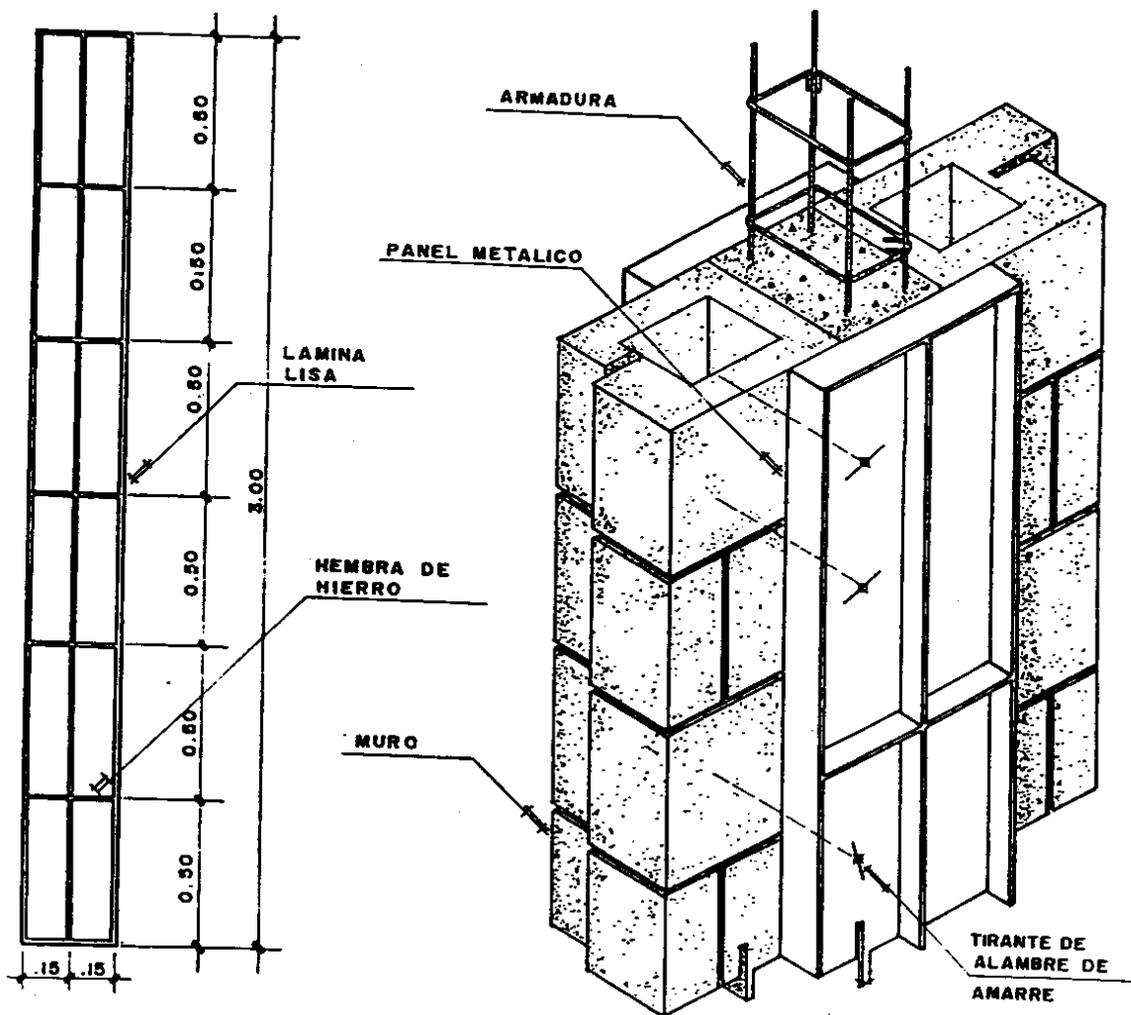
Fotografía # 1



El tipo de encofrado hecho con costaneras, tiene la ventaja que, por su superficie lisa y la colocación vertical, puede dejarse el concreto expuesto y las líneas ser decorativas.

### 5.3.2.5 Encofrados de metal para columna intermedia

Aunque dentro de la construcción se emplean mucho los paneles de metal que vienen en diferentes dimensiones, no son muy aconsejables, porque con el uso frecuente, con el transporte, el mal almacenaje y el mal trato que los trabajadores les dan, éstos se tuercen, se doblan y se pandean, perdiendo su forma original, y se pierde tiempo en estar recortando o rellenando lo disperejo que quedó de la fundición. Ver figura # 152.



ENCOFRADO DE METAL  
PARA COLUMNA INTERMEDIA

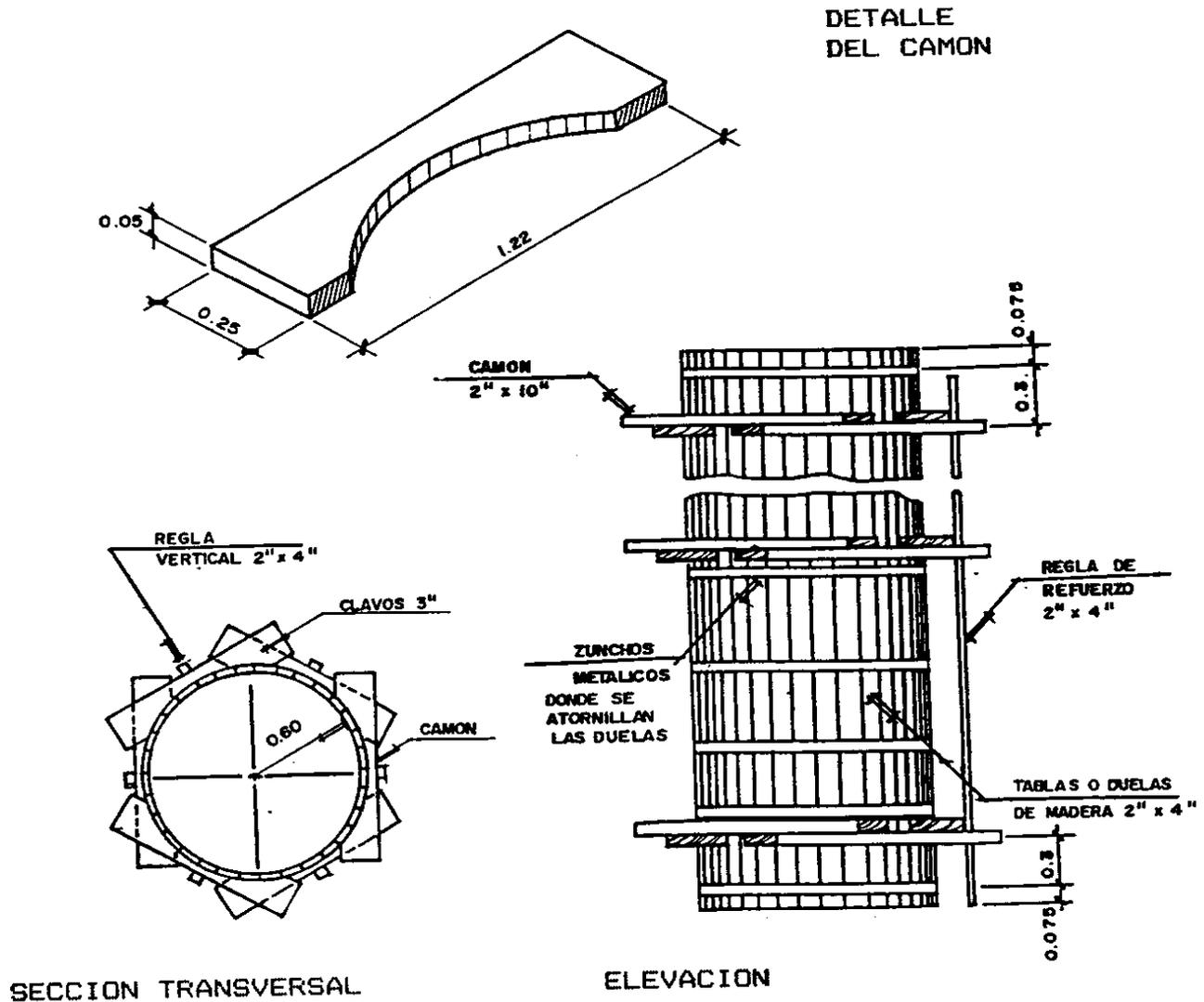
Figura # 152

Figura 152. Fuente: Edificio de Inversiones Monte Blanco, S.A.

Elaboración propia.

### 5.3.2.6 Encofrado de madera para columna circular

La figura # 153 muestra un sistema de encofrado por medio de tablas o duelas de madera, zunchos metálicos y cerchas de madera. Las cerchas clavadas deben adaptarse a la curvatura de la columna. Se rigidizan entre sí por medio de reglas verticales. Este tipo de encofrado se puede revestir en el interior, con láminas de contrachapado o de aglomerados, para eliminar las marcas que que dan en el concreto. Ver figura # 153.



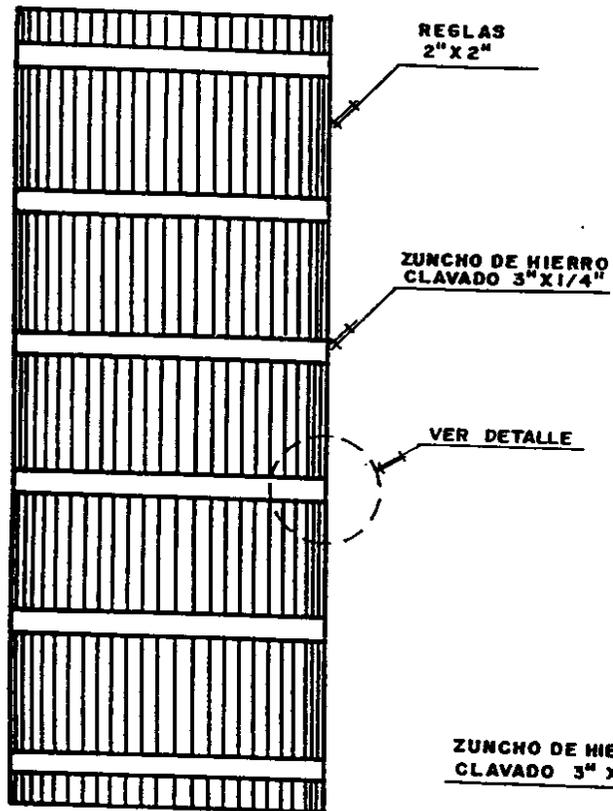
**ENCOFRADO DE MADERA  
PARA UNA COLUMNA CIRCULAR**

Figura # 153

Figura 153. Fuente: Peurifoy, R.L. Op. Cit., p. 212  
Elaboración propia.

- Variedad de encofrados de madera para columna circular

Figura # 154



ELEVACION

Este encofrado está formado por reglas verticales clavadas a zunchos de hierro.

El encofrado está constituido en dos mitades que por ser circulares, facilitan su colocación.

Cada mitad lleva zunchos y en los extremos, una oreja, que al momento de estar el encofrado en su lugar, éstos se cierran y son asegurados con tornillos. Ver figuras # 154 y # 155.

ENCOFRADO DE MADERA PARA COLUMNA CIRCULAR

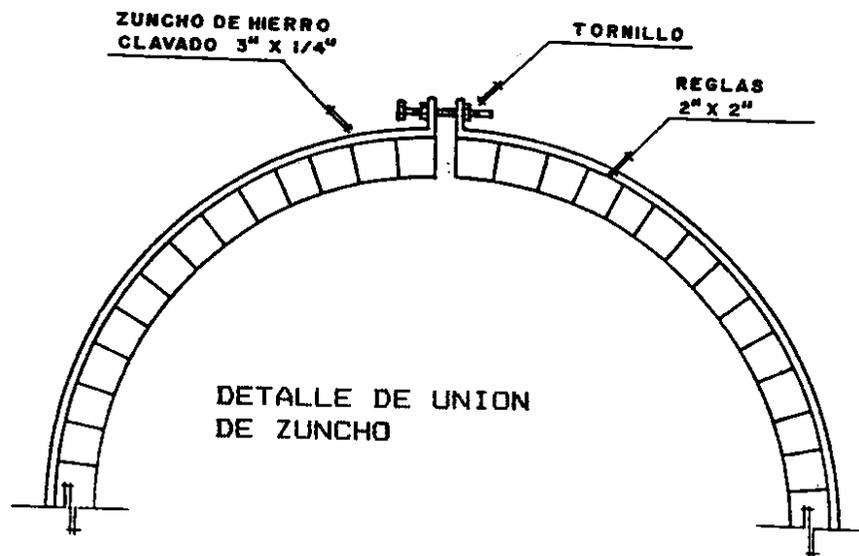
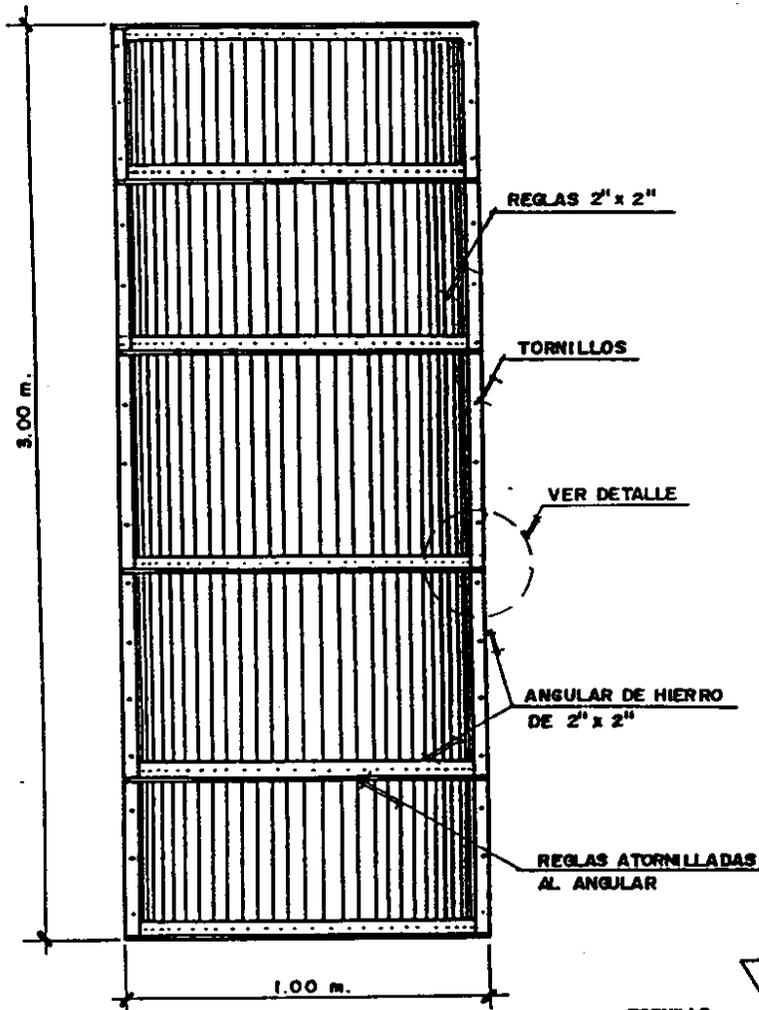


Figura # 155

Figura 154. Fuente: Edificio Plaza Corporativa Reforma.  
Elaboración propia.

Figura 155. Fuente: Edificio Plaza Corporativa Reforma.  
Elaboración propia.

- Otra variedad de encofrado de madera para columna circular



ELEVACION

Figura # 156

Este encofrado está formado por reglas verticales atornilladas a un angular que trabaja como zuncho. El encofrado dividido en dos mitades, se asegura por medio de tornillos. Su colocación y retirada del molde, es fácil y rápida. Esta figura es tomada de un proyecto real. Ver fig. # 156 y # 157.

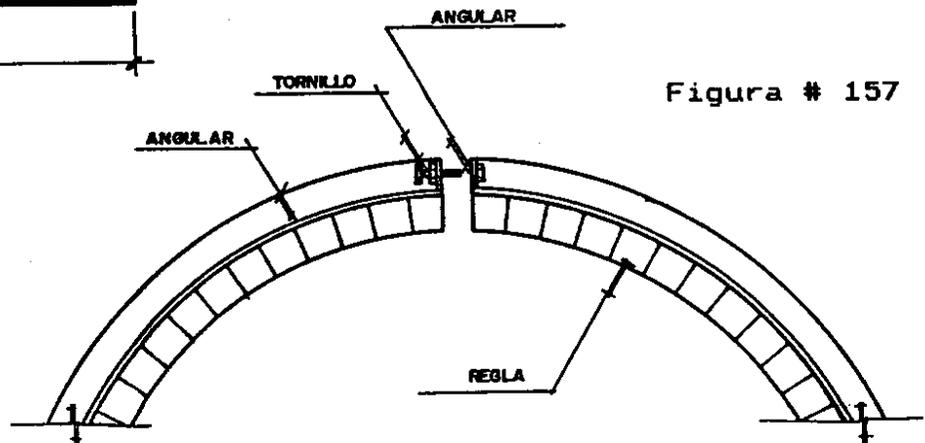


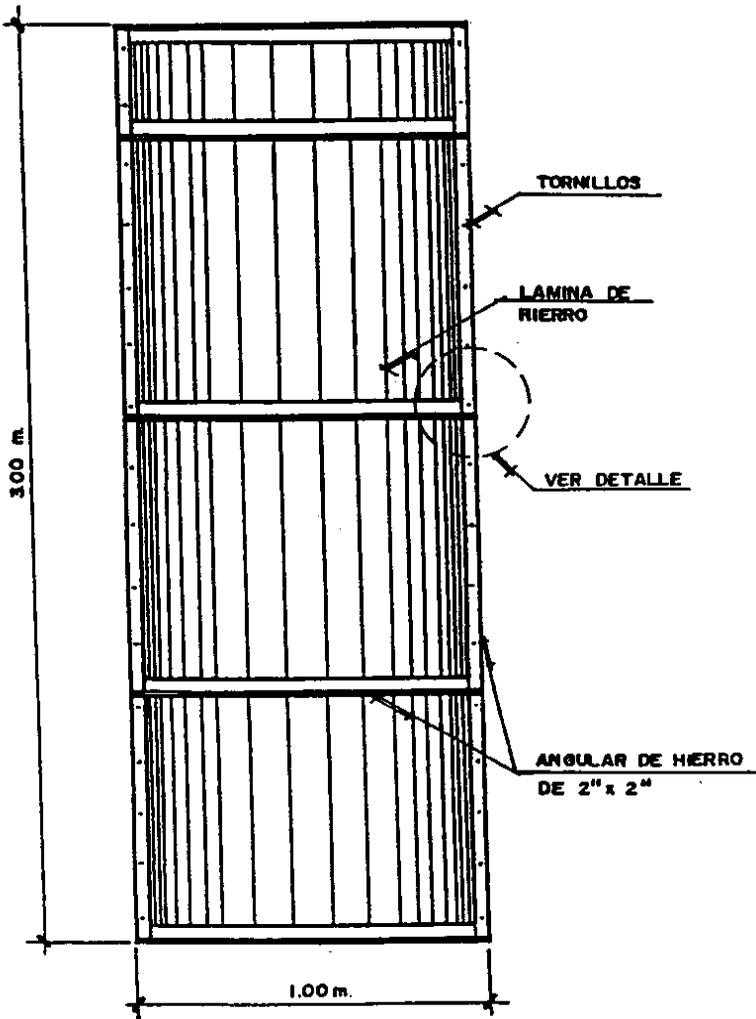
Figura # 157

DETALLE DE UNION DEL ANGULAR

Figura 156. Fuente: Edificio de Inversiones Monte Blanco, S.A.  
Elaboración propia.  
Figura 157. Fuente: Edificio de inversiones Monte Blanco, S.A.  
Elaboración propia.

### 5.3.2.7 Encofrado de metal para columna circular

Figura # 158

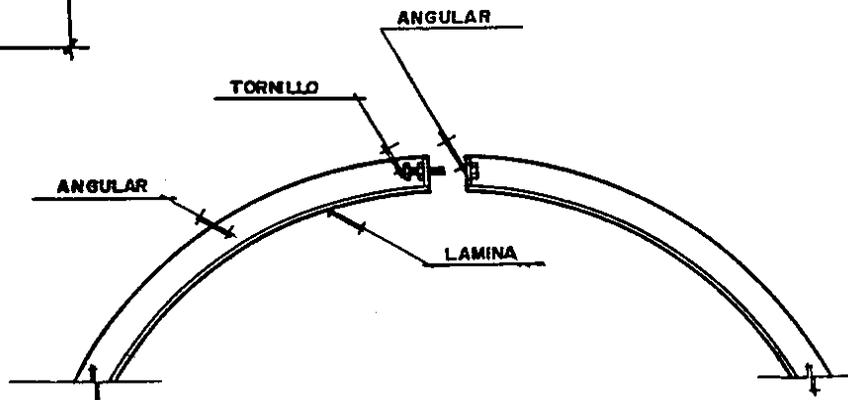


Este encofrado es muy utilizado en proyectos grandes. El ejemplo de la figura siguiente, muestra un molde circular dividido en dos mitades. Su material, lámina de hierro soldada a angulares que funcionan como zunchos. En los extremos del medio círculo, tienen hembras soldadas y tornillos con los que, al colocar el encofrado, lo aseguran, evitando que pueda abrirse. Ver figuras # 158 y # 159.

ENCOFRADO DE METAL PARA COLUMNA CIRCULAR

ELEVACION

Figura # 159



DETALLE DE UNION DEL ANGULAR

Figura 158. Fuente: Edificio de Inversiones Monte Blanco, S. A.  
Elaboración propia.

Figura 159. Fuente: Edificio de Inversiones Monte Blanco, S.A.  
Elaboración propia.

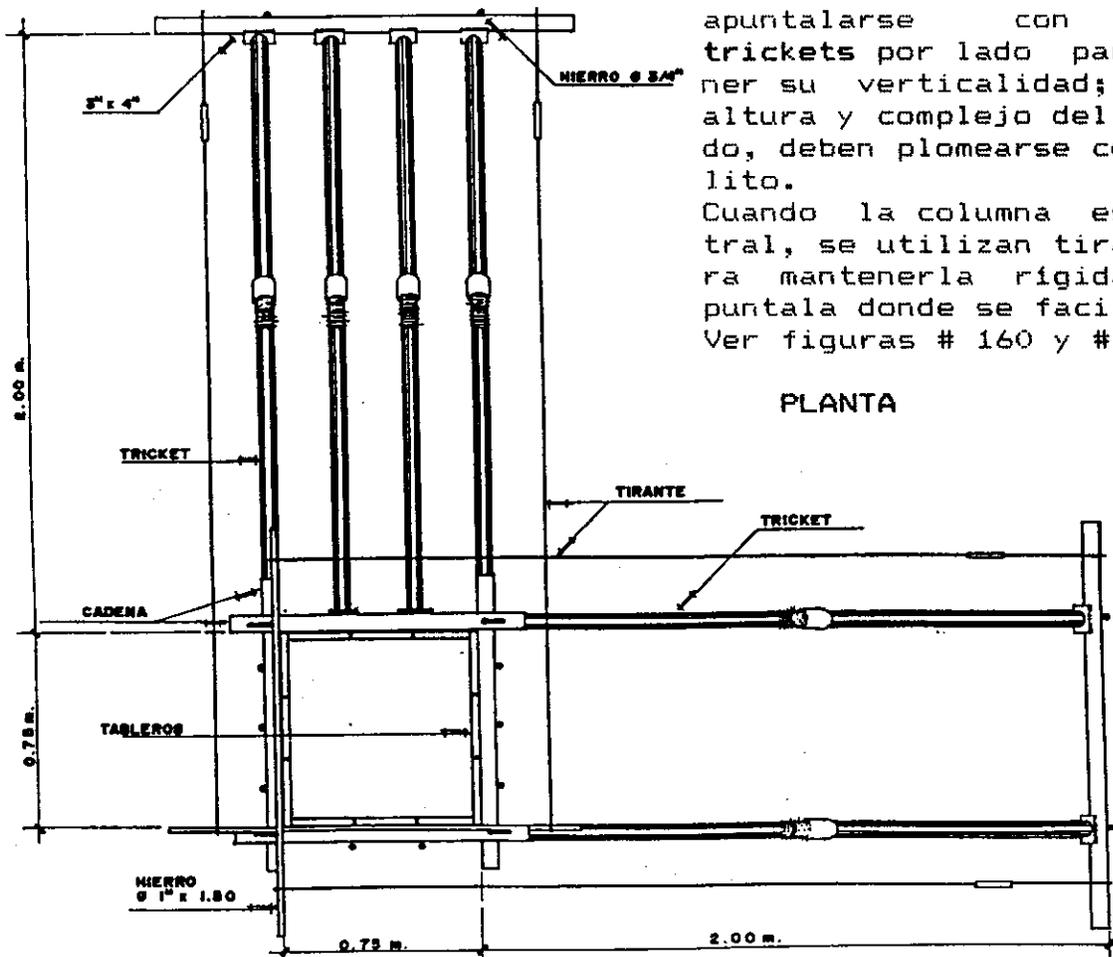
### 5.3.2.8 Encofrados de madera para columnas

La madera, aunque es un material difícil de conservar, es el más empleado en encofrados de cualquier clase. En el caso de columnas, resulta ser un material muy trabajable y fácil de adaptar a cualquier forma. En el caso de las columnas cuadradas o rectangulares, normalmente se unen tres caras o tableros, que ya fijos son colocados en el lugar, para que al final sea colocado el último tablero.

Figura # 160

Los encofrados deben llevar las cadenas requeridas por el diseño y el cálculo para evitar que se abran. Las columnas deben apuntalarse como se observa. Las centrales deben apuntalarse con cuatro tricketts por lado para mantener su verticalidad; por la altura y complejo del encofrado, deben plomearse con teodolito.

Cuando la columna es perimetral, se utilizan tirantes para mantenerla rígida y se apuntala donde se facilite. Ver figuras # 160 y # 161.



### ENCOFRADO DE MADERA PARA COLUMNA PERIMETRAL

Figura 160. Fuente: Edificio Torre Cristal.  
Elaboración propia.

En este detalle de columna perimetral, se representa el sistema de encofrado de madera con sus elementos fundamentales. Todas las especificaciones son de un proyecto real. Figura # 161.

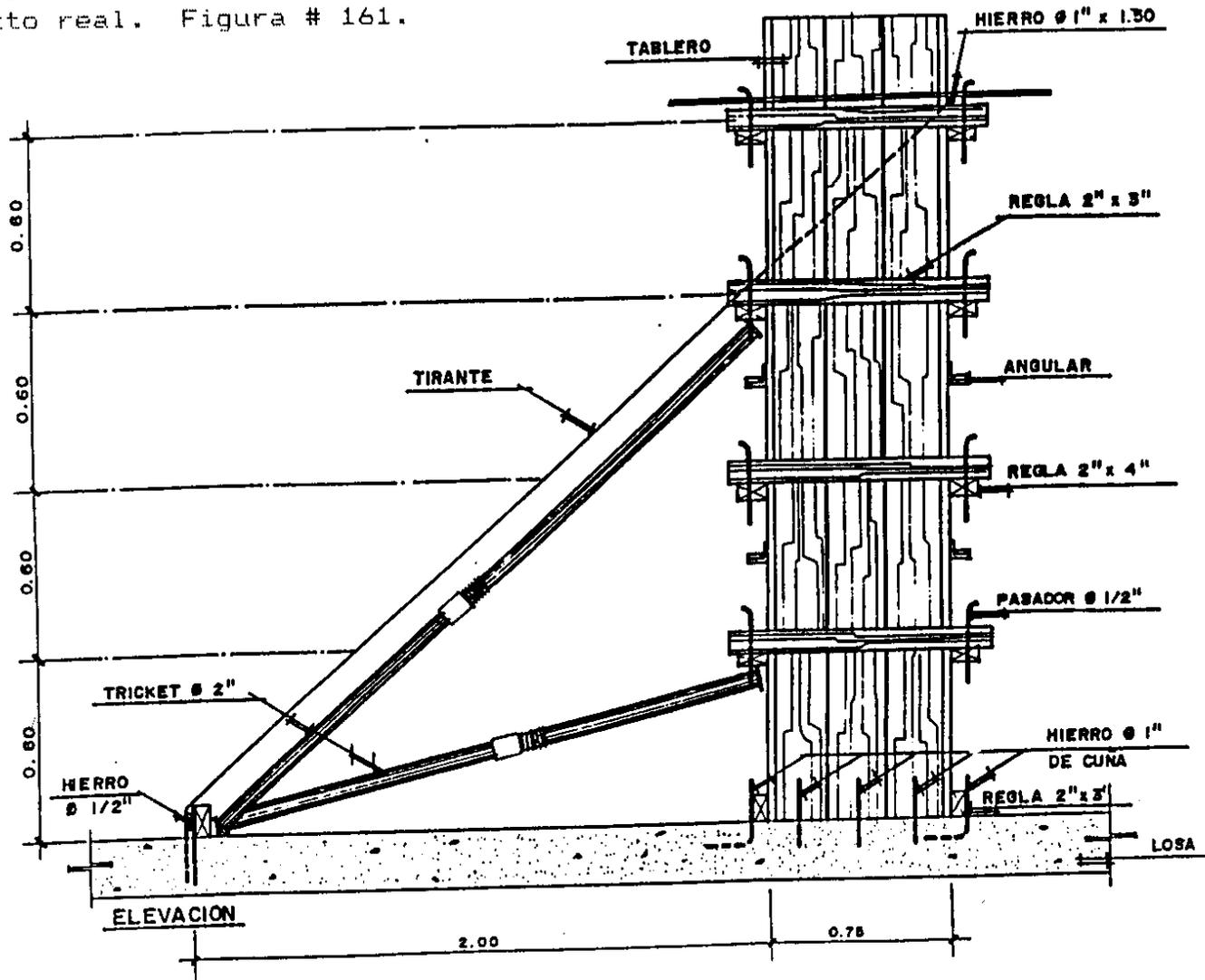


Figura # 161

ENCOFRADO DE MADERA  
PARA COLUMNA PERIMETRAL

Figura 161. Fuente: Edificio Torre Cristal.  
Elaboración propia.

- Otra variedad de encofrado de madera para columna central

La figura # 162 muestra la planta del encofrado, donde se ven claramente las cadenas clavadas, rigidizando los tableros, y los puntales -4 por tablero- apoyados en un trozo horizontal, sostienen los tableros de la columna.

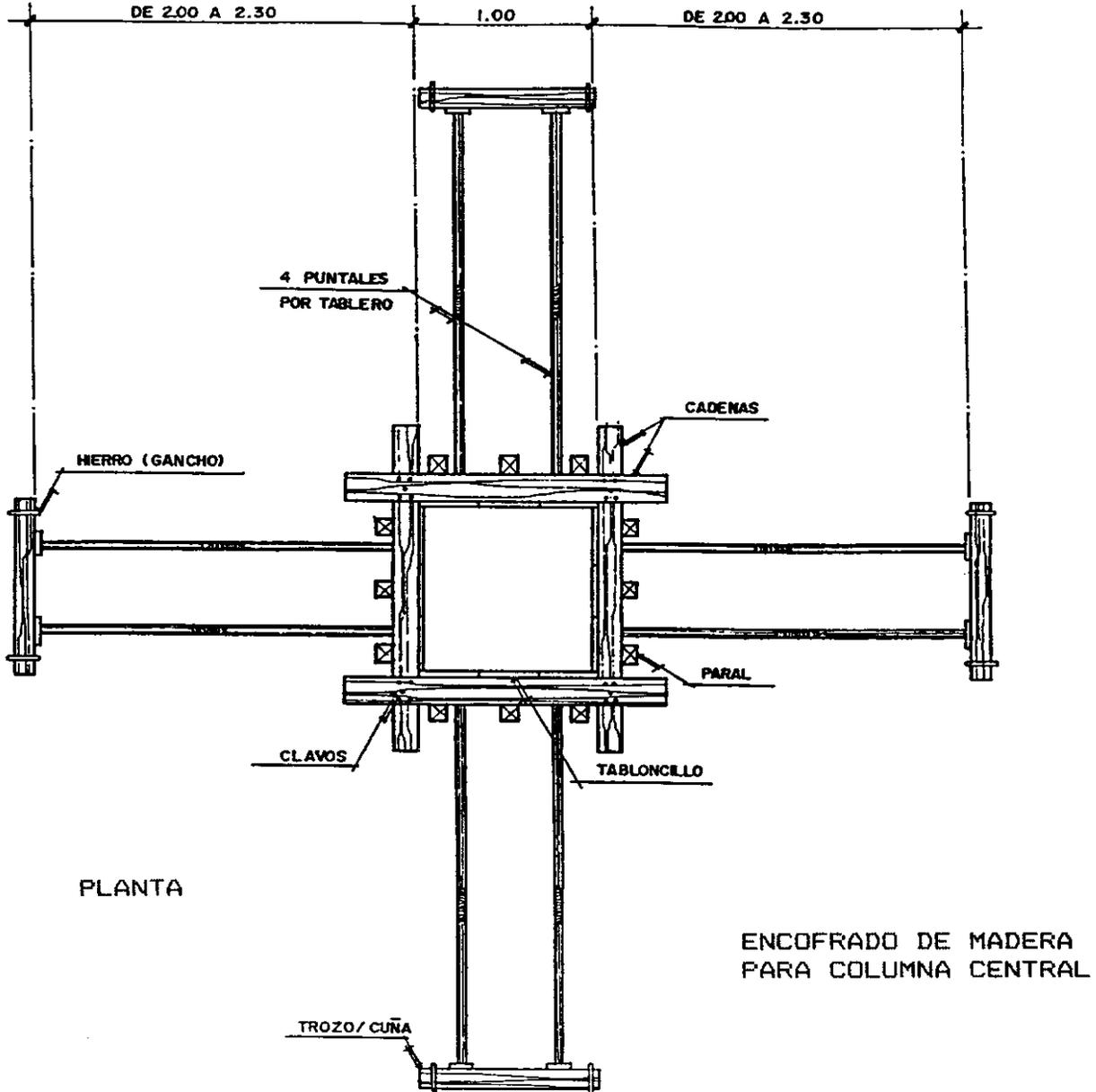


Figura # 162

Figura 162. Fuente: Edificio Plaza Corporativa Reforma.  
Elaboración propia.

- Otra variedad de encofrado de madera para columna central  
 La figura # 163 representa la elevación del encofrado, en la que se observa la construcción muy compleja y de mucho trabajo. Es un encofrado muy seguro, porque, además de las cadenas lleva tres paralelos por tablero para dar mayor rigidez y verticalidad a la columna.  
 Además de los puntales metálicos, lleva en la parte de a bajo unos puntales de madera, para asegurar mejor el encofrado. Todas las dimensiones son reales.

ENCOFRADO DE MADERA PARA COLUMNA CENTRAL

Figura # 163

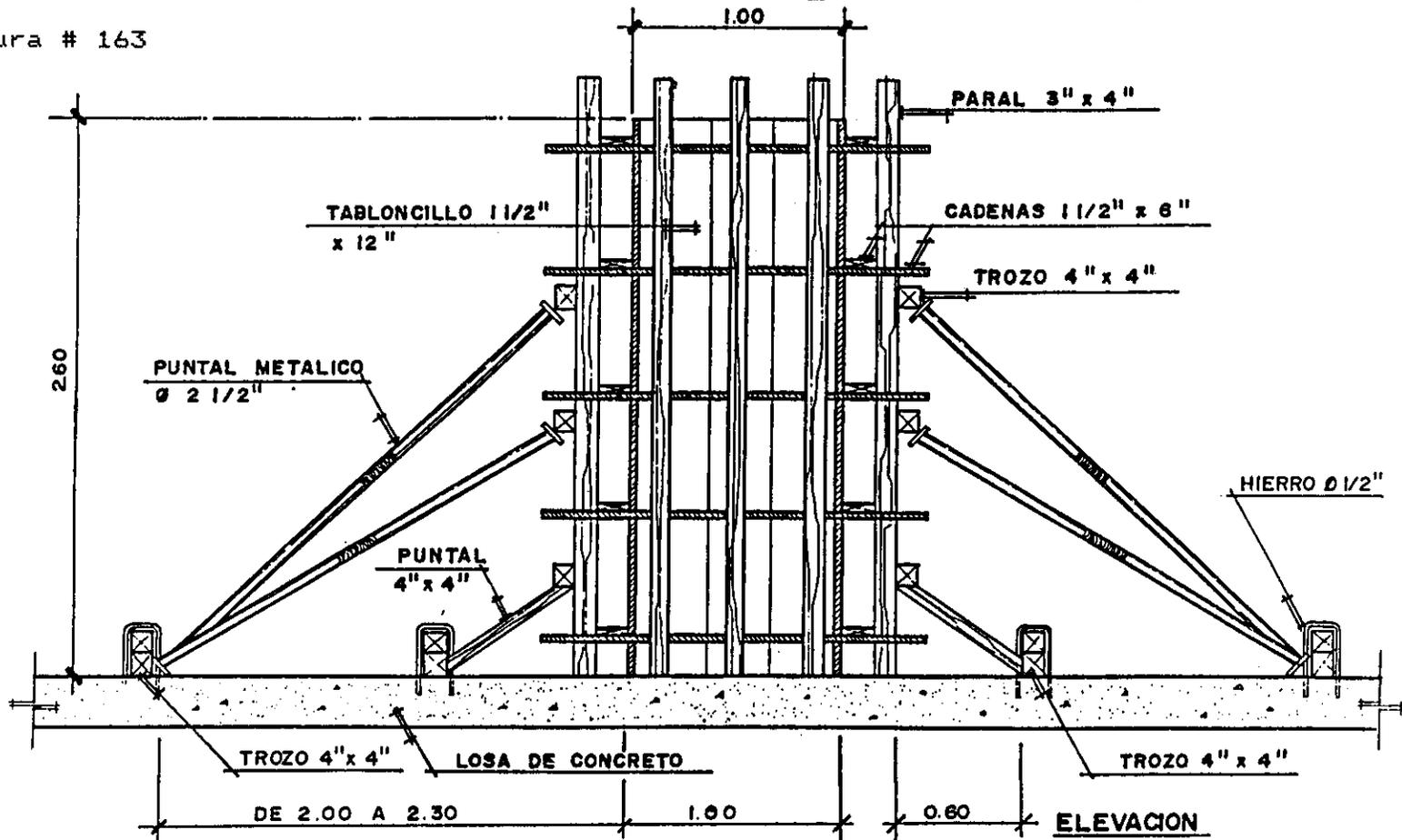


Figura 163. Fuente: Edificio Plaza Corporativa Reforma.  
 Elaboración propia.

### 5.3.2.9 Cadenas

Las cadenas son elementos que se utilizan en los encofrados para columnas, para mantenerlas rígidas y que conserven su forma.

Existe diversidad de sistemas de cadenas y muchas veces se utilizan los materiales que se tienen en la obra, pero se debe tomar en cuenta la importancia y función de ellas, para tratar de diseñarlas en gabinete, para luego trabajarlas.

Existen cadenas de metal y de madera. A continuación, veremos algunos tipos de cadenas de madera. Son éstos, quizás algunos de los más frecuentes. Ver figuras # 164, # 165, # 166, # 167 y # 168.

El número de cadenas se distribuye dependiendo de la altura de la columna.

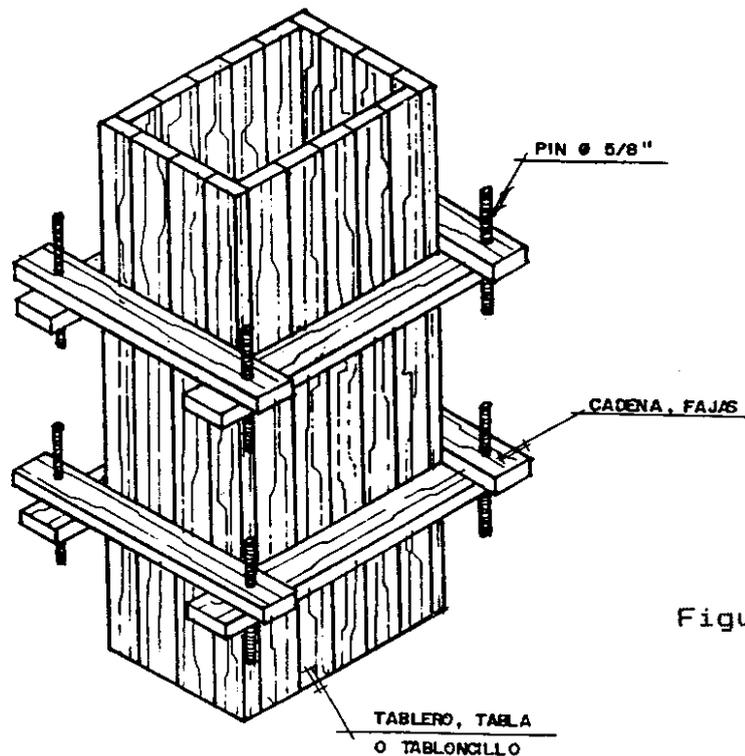
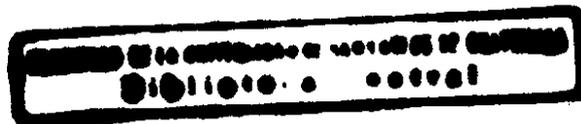


Figura # 164

Figura 164. Fuente: Griñan, José. Encofrados. Op. Cit., p. 61  
Elaboración propia.



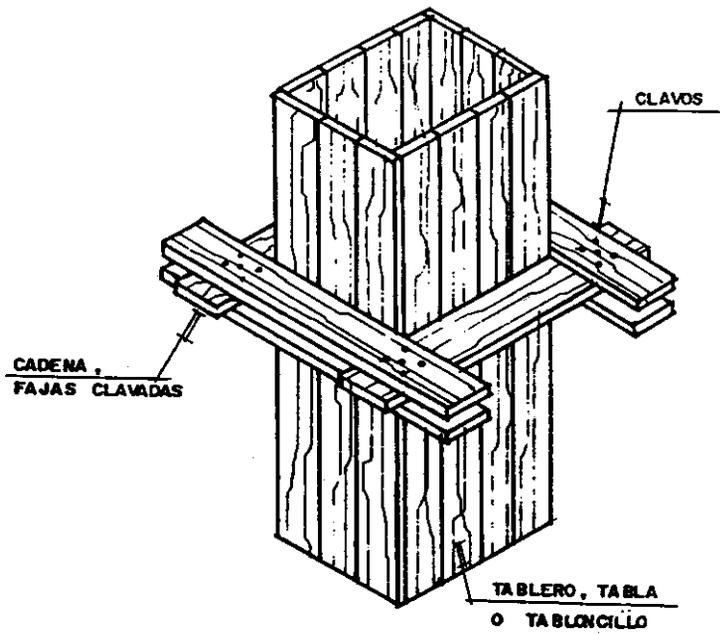


Figura # 165

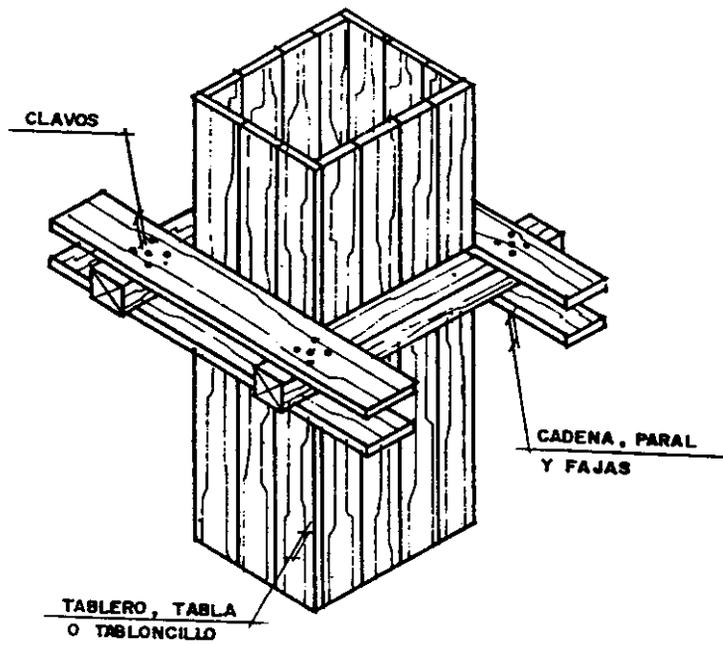


Figura # 166

Figura 165,166. Fuente. Ibid, p. 62

Elaboración propia.

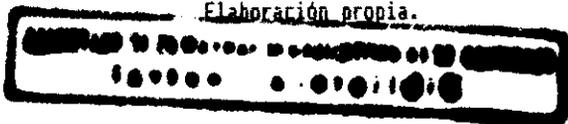


Figura # 167

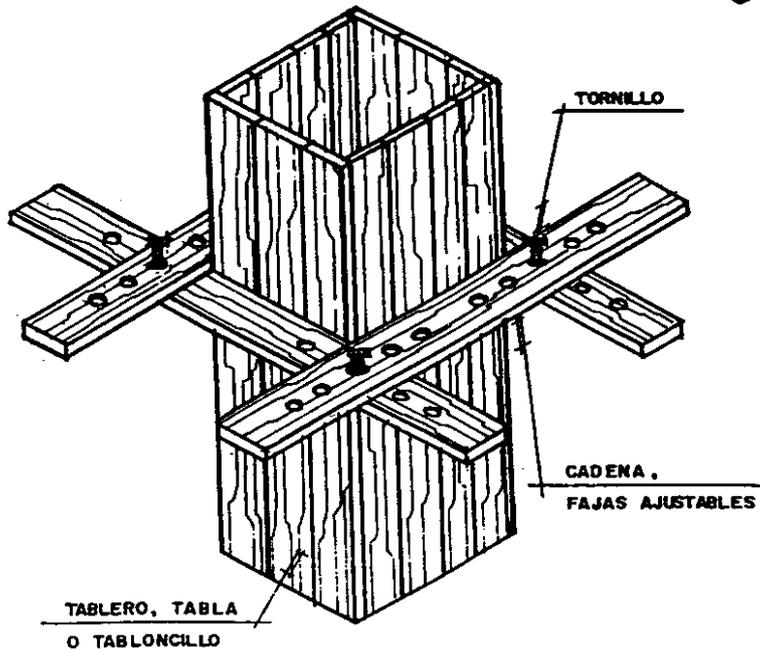
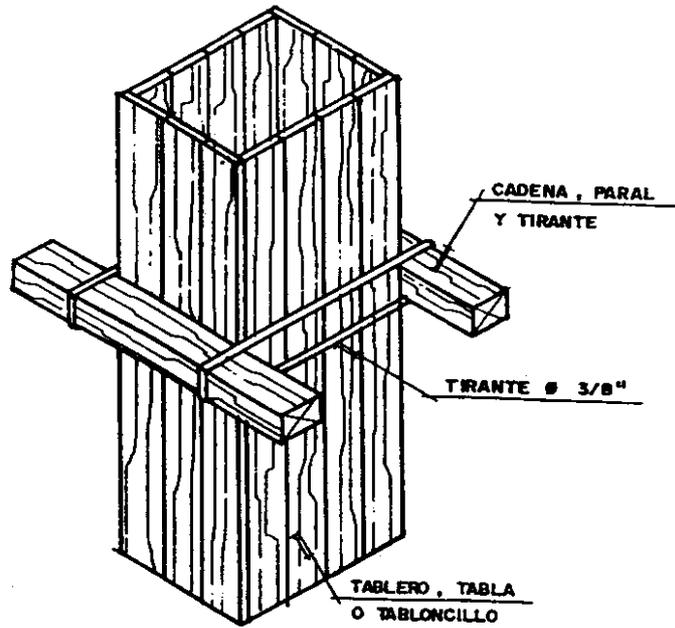


Figura # 168

Figura 167,168. Fuente: Ibid, p. 63  
Elaboración propia.

### 5.3.3 Encofrados para muros

#### Generalidades

Los encofrados se clasifican en tres grupos:

1. Los que se construyen en obra a base de un entablado de contrachapado o tablas, costillas y carreras.
2. Los prefabricados y montados en obra, que consisten en unos entablados de contrachapado o tablas que se unen semipermanentemente a elementos de madera como tablas.
3. Los paneles de encofrados prefabricados que emplean paramentos de contrachapado unidos y protegidos por elementos de acero, magnesio, madera o combinando madera y acero.

Los contruidos en obra pueden ser los más económicos si se usan una vez; pero si se van a utilizar paneles de dimensiones estándar, son más económicos los prefabricados.

Los encofrados prefabricados y montados en obra, necesitan menor inversión inicial que los totalmente prefabricados; pero si se van a emplear muchas veces, reducen el costo en el tiempo de montaje y desmontaje.

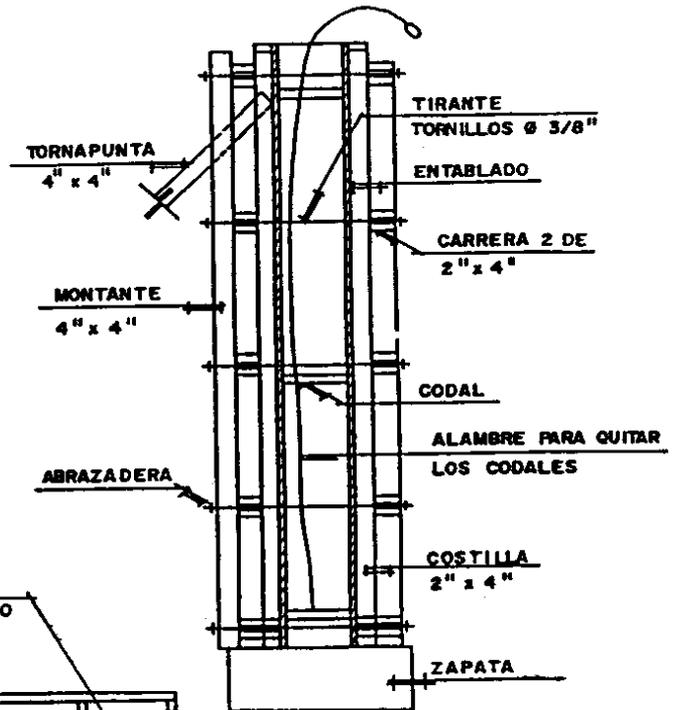
Todos los encofrados deben ser resistentes, rígidos y económicos, por lo que se deben considerar los materiales, la mano de obra, el equipo para la construcción, la colocación y el desencofrado.

Una de las ventajas que tenemos en Guatemala, es que existen empresas de renombre que se dedican a la construcción de elementos prefabricados, entre los que ofrecen muros de contención.

5.3.3.1 Encofrados de madera para un muro de concreto

Figura # 170

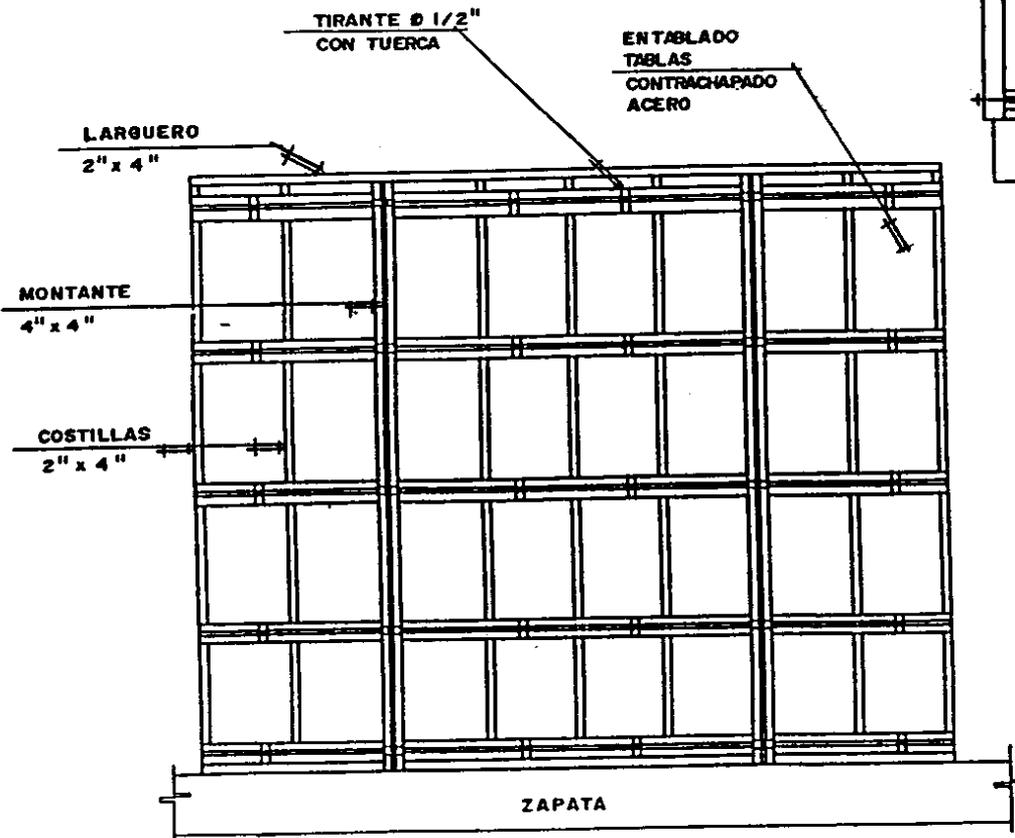
Los encofrados de madera para muros se caracterizan por usar tableros de grandes dimensiones. Pueden utilizarse contrachapados, tablas o duelas de madera. Si se usan codales de madera, se deben sacar de la fundición porque se pudren con el agua. Las figuras # 169, # 170, # 171 y # 172 representan algunos ejemplos de sistemas de encofrados.



SECCION

PANEL DE ENCOFRADO

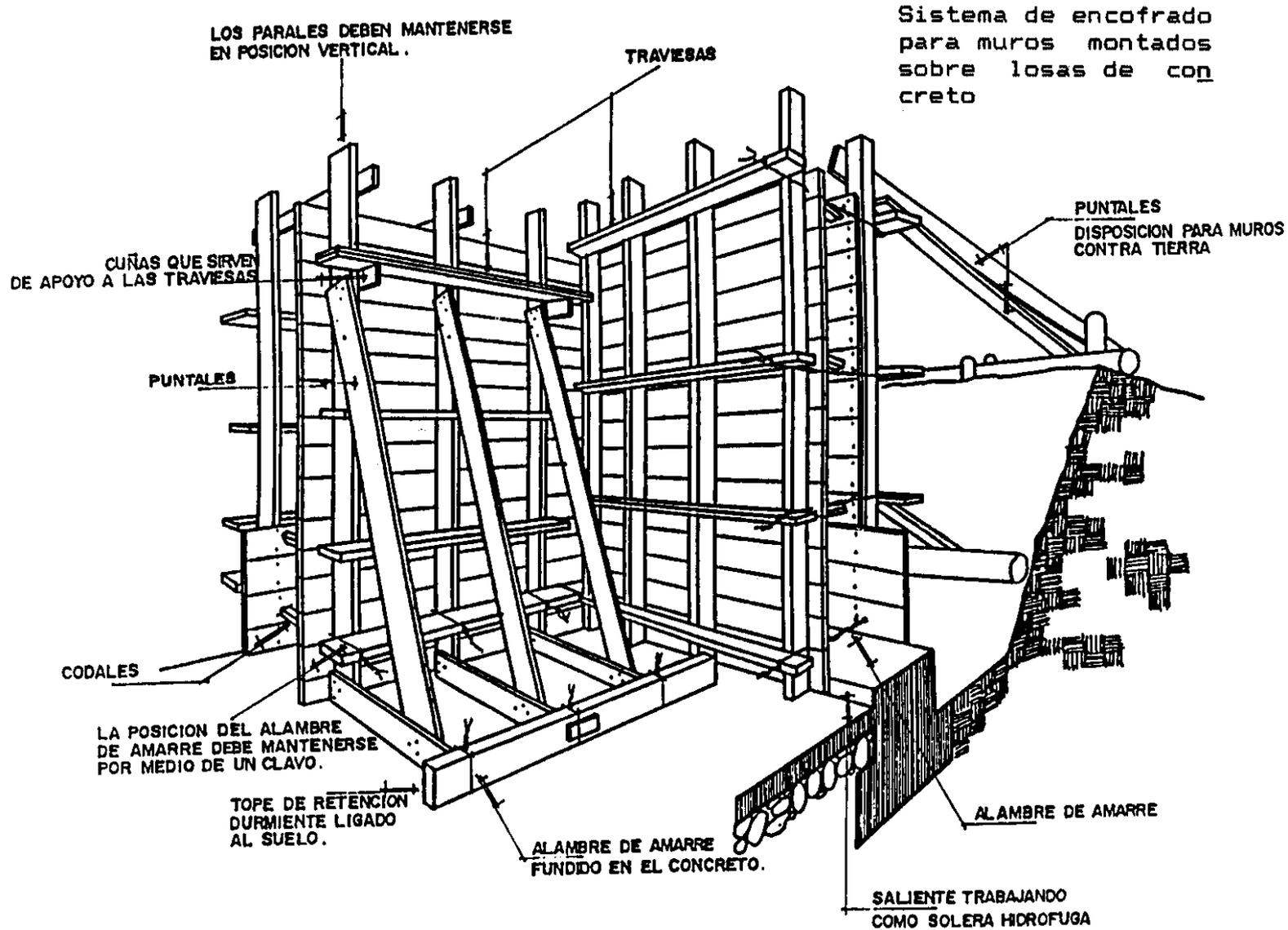
Figura # 169



ENCOFRADO DE MADERA PARA UN MURO DE CONCRETO

Figura 169,170. Fuente: Peurifoy, R.L. Op. Cit., p. 155  
Elaboración propia.

ENCOFRADO DE MADERA PARA MUROS DE CONCRETO REFORZADO



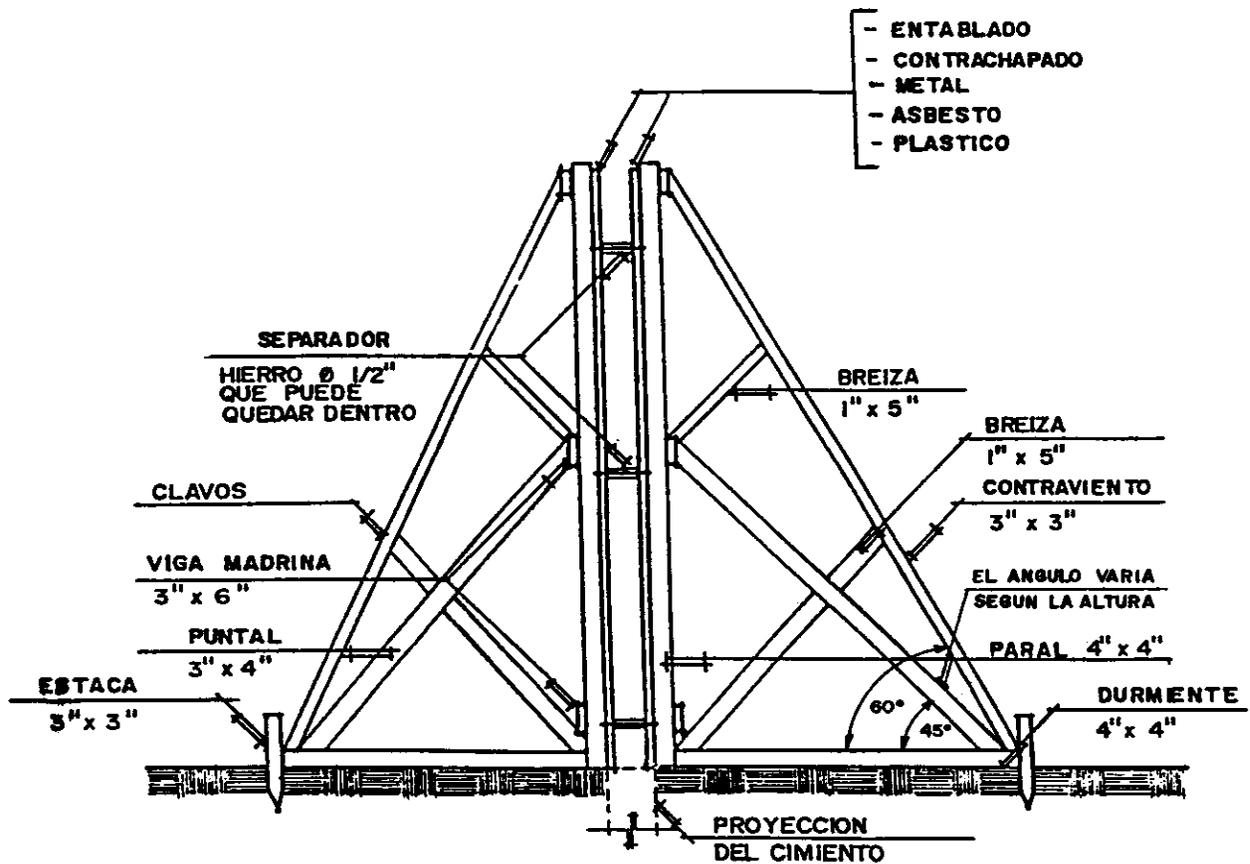
Sistema de encofrado para muros contra tierra

Figura 171. Fuente: Baud, Gérard. Op. Cit., p. 134  
Elaboración propia.

Figura # 171

La característica de este sistema, es que ambos la dos del encofrado van a puntalados para darle es tabilidad y rigidez.

Figura # 172



ENCOFRADO DE MADERA  
PARA MUROS DE CONCRETO

Figura 172. Fuente: Universidad La Salle. Op. Cit., p. 46  
Elaboración propia.

Figura # 173

ENCOFRADO DE MADERA  
PARA MUROS DE CONCRETO  
CONTRA PAREDES DE TIERRA

Este es un ejemplo de encofrado para una esquina de muro, donde todo el material usado es madera para construcción. Ta-  
blas, tendales y fajas, debidamente cla-  
vadas y aseguradas.

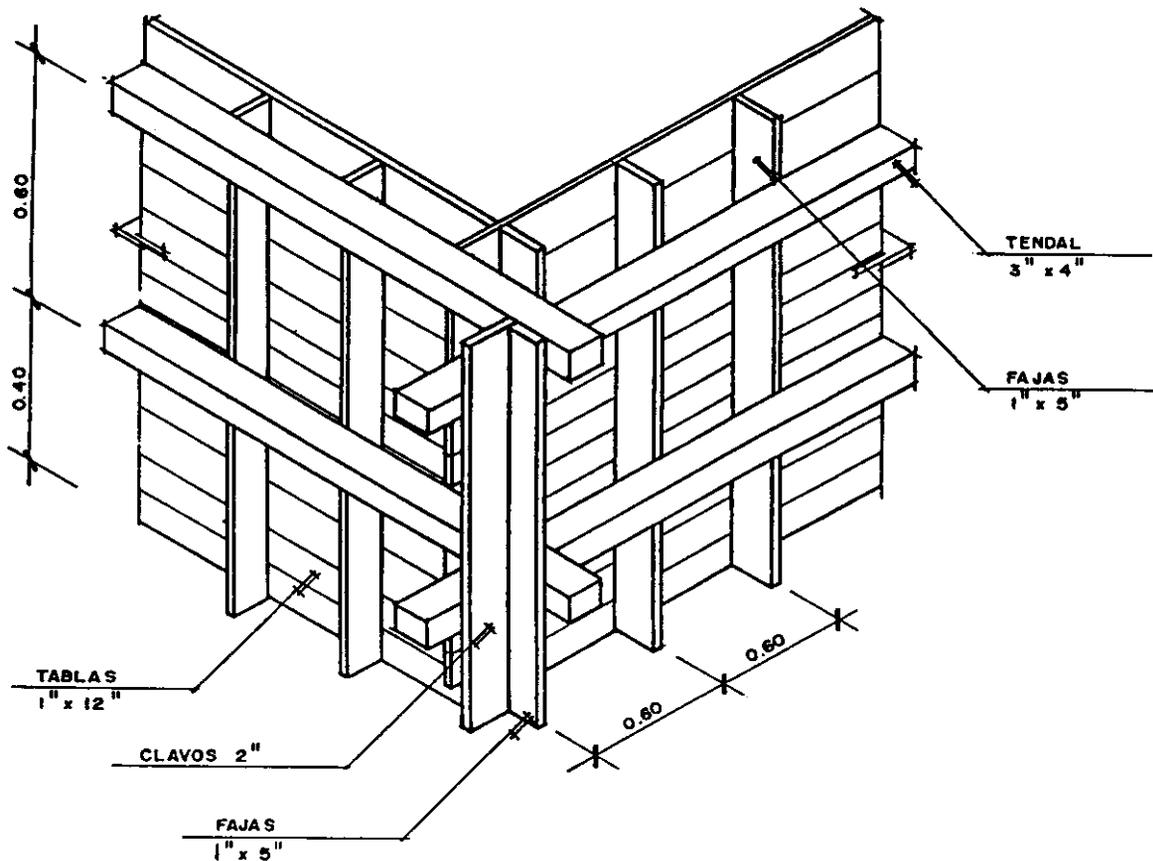


Figura 173. Fuente: Griñan, José. Op. Cit., p. 115  
Elaboración propia.

5.3.3.2 Encofrado de madera de un muro con paramentos inclinados

El siguiente detalle representa el encofrado de un muro donde el ancho es variable. En este, es imprescindible el empleo de tirantes de diferentes longitudes.

Es frecuente utilizar este tipo de encofrado para muros en talud. Ver figura # 174.

ENCOFRADO DE MADERA PARA MUROS EN TALUD

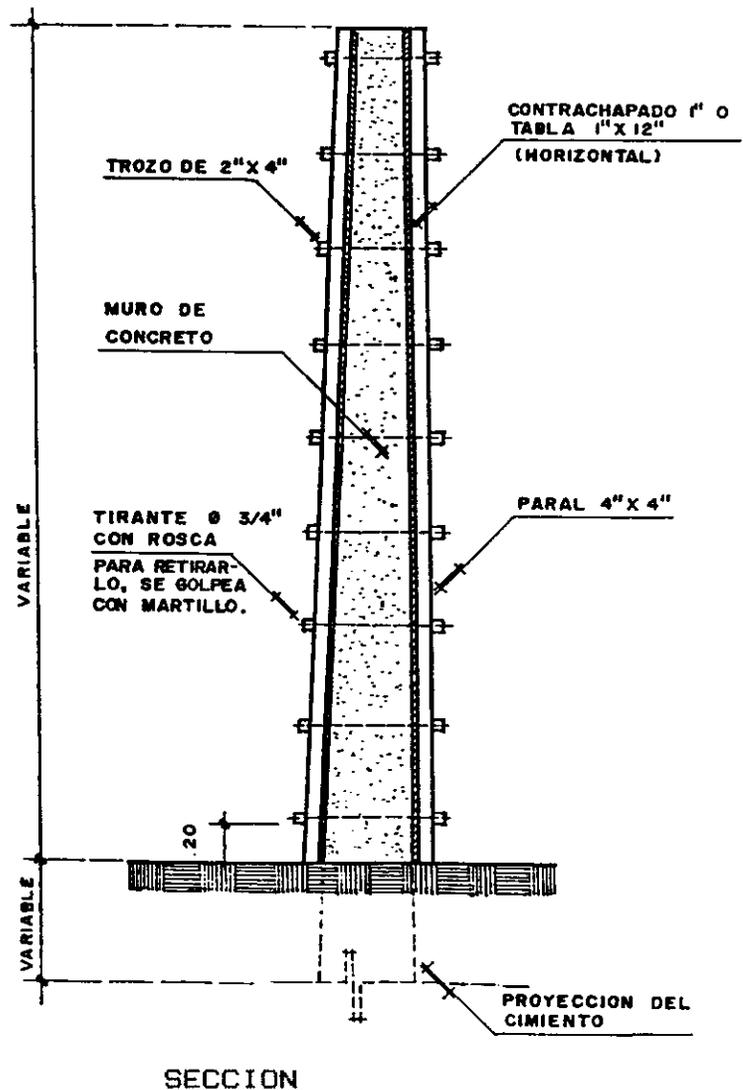


Figura # 174

Figura 174. Fuente: Peurifoy, R.L. Op. Cit., p. 176  
Elaboración propia.

Figura # 174a

ISOMETRICO DEL MURO

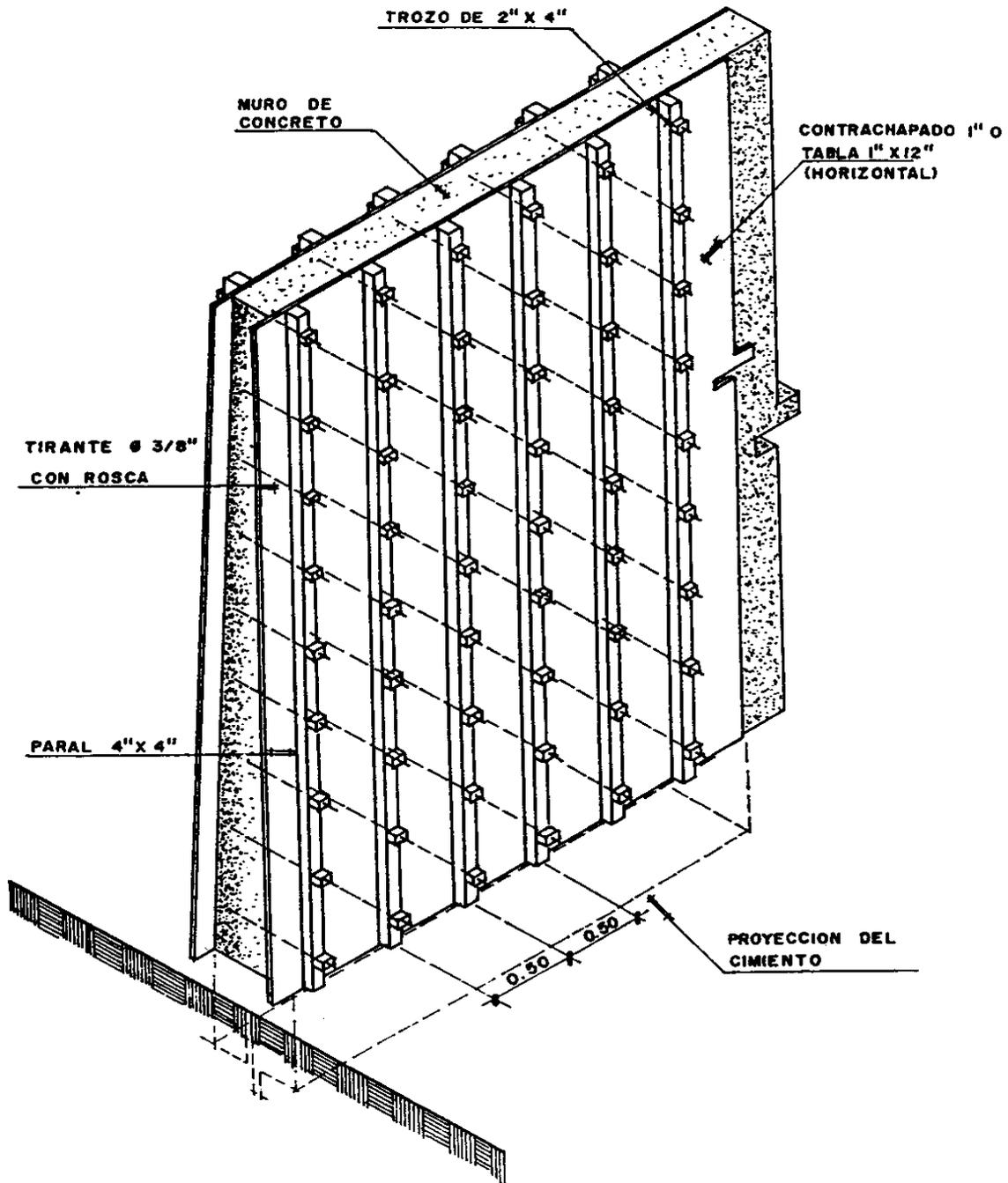
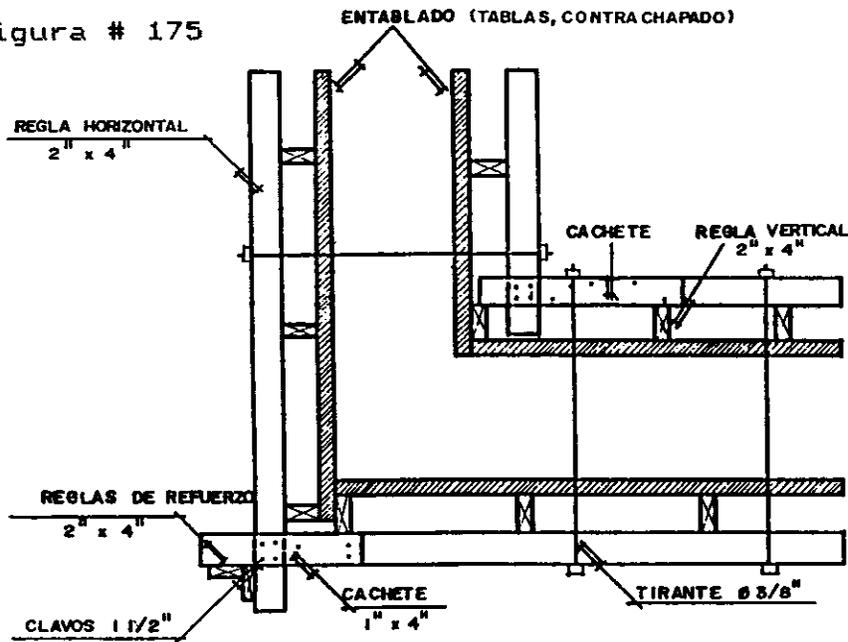


Figura 174a. Fuente: Ibid.  
Elaboración propia.

5.3.3.3 Encofrados de madera para muros en esquina o con saliente.

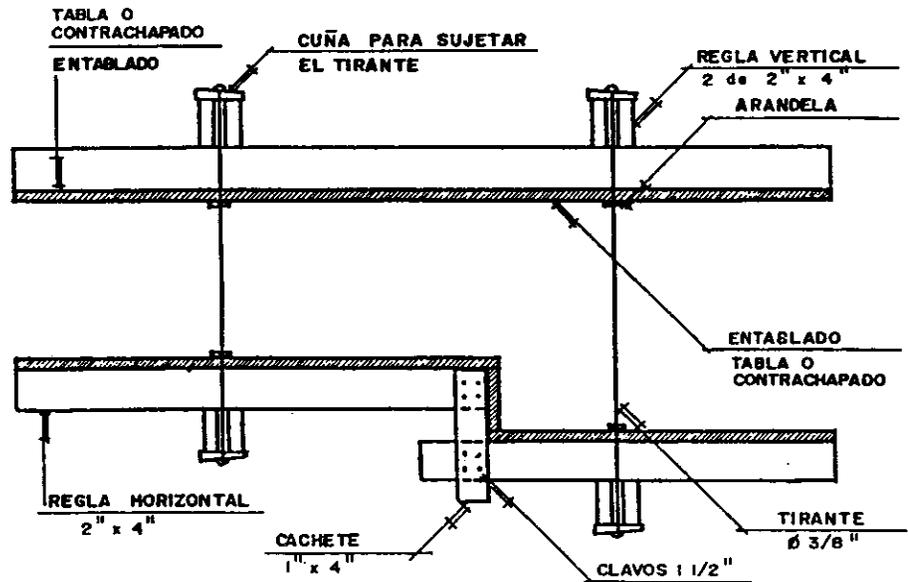
Figura # 175



Ambos encofrados son de madera y deben llevar tirantes, para que se mantengan en la misma posición. Los tirantes sirven también como codales. Ver figuras # 175 y # 176.

ENCOFRADO DE MADERA DE UNA ESQUINA PARA MUROS DE CONCRETO

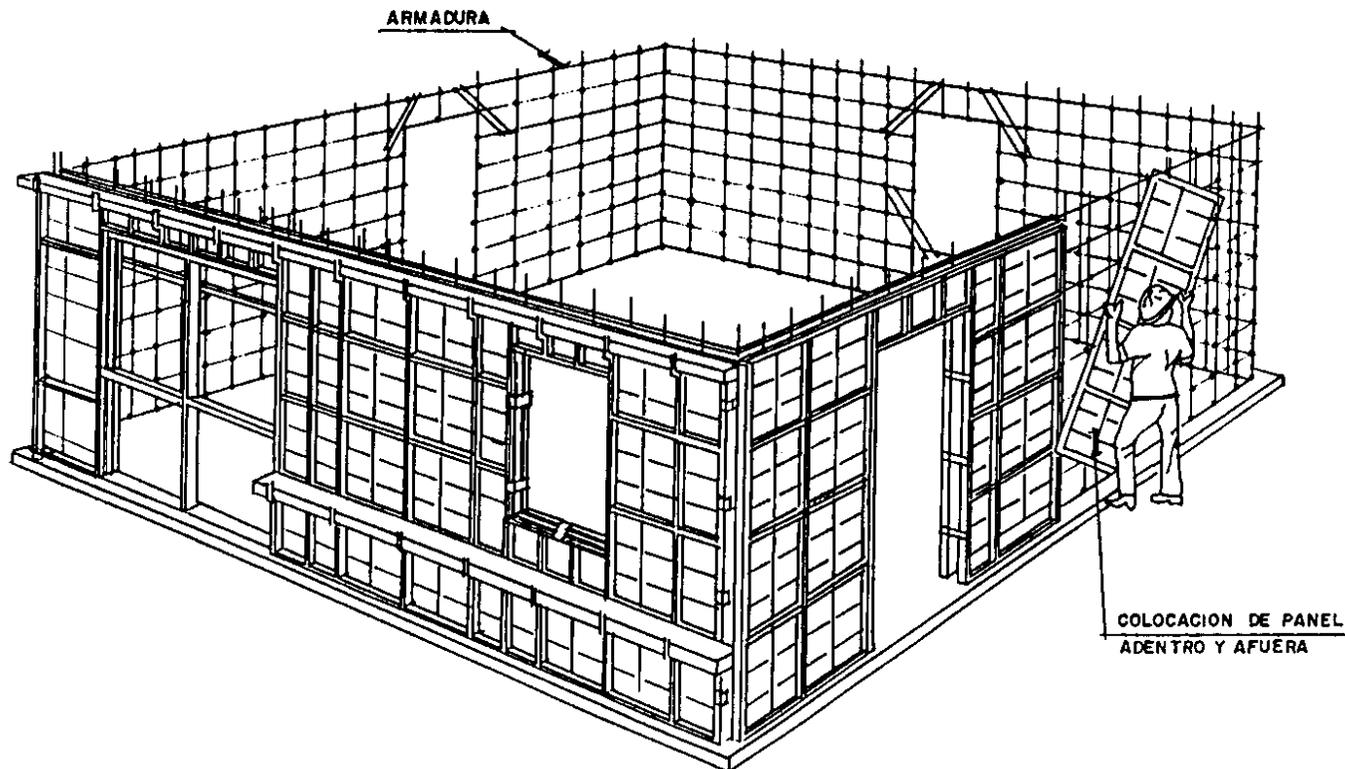
Figura # 176



ENCOFRADO DE MADERA PARA MURO SALIENTE

Figura 175,176. Fuente: Peurifoy, R.L. Op. Cit., pp. 173 y 174  
Elaboración propia.

5.3.3.4 **Encofrados para muros de concreto Tipo CON-TECH**  
Los encofrados CON-TECH son paneles de aluminio fundido, que se colocan verticalmente para obtener la altura deseada. Ambas caras del encofrado se colocan individual o simultáneamente. Los paneles opuestos se unen por pasadores y cuñas, los adyacentes por medio de abrazaderas. Los marcos de puertas y ventanas se instalan en los vanos formados. Este tipo de encofrado facilita las construcciones en serie, por la rapidez de montaje y desmontaje. Ver figura # 177.



PANELES DE ENCOFRADO CON-TECH  
PARA MUROS FUNDIDOS EN OBRA

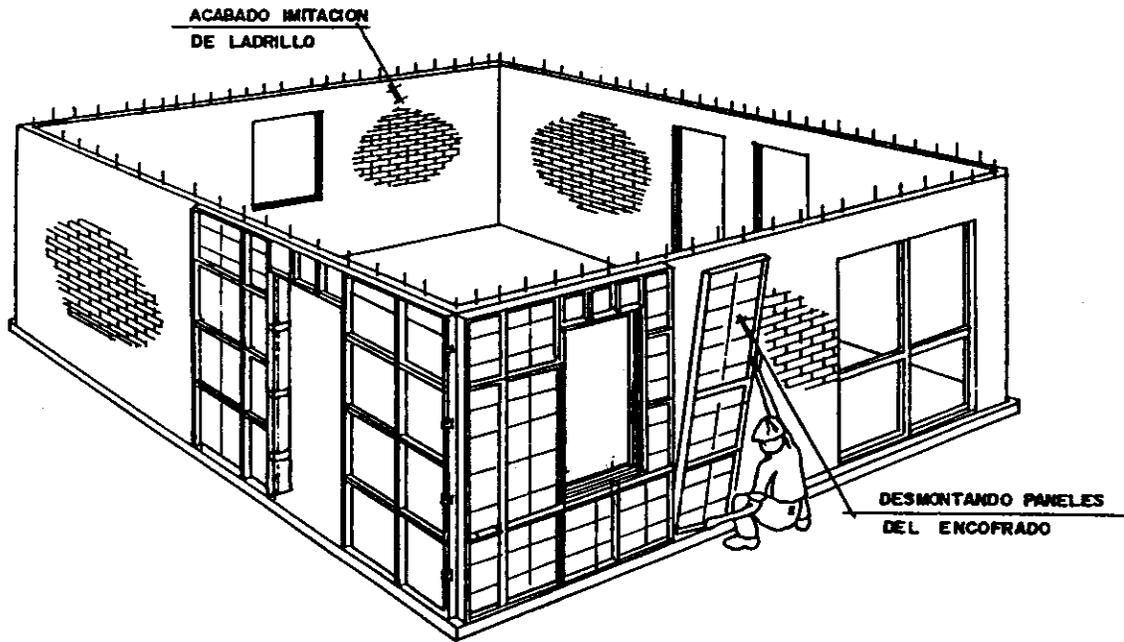
Figura 177. Fuente: International Housing Limited. Op. Cit., p. 3  
Elaboración propia.

FIGURA # 177

- Encofrado para muros Tipo CON-TECH

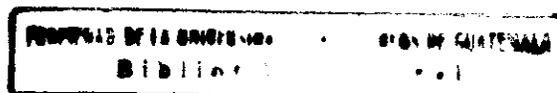
Otra ventaja de este encofrado de aluminio, es que la superficie de los paneles es una imitación de ladrillo. Para evitar que el acabado se dañe, se le aplica a los paneles un desencofrante de alta calidad. Ver figura # 178.

Figura # 178



ENCOFRADO DE PANELES CON-TECH  
PARA MUROS CON ACABADO FINAL

Figura 178. Fuente: Ibid, p. 5  
Elaboración propia.



- Encofrado de aluminio con el Sistema CON-TECH, para muros. Previo al montaje de los paneles, se coloca el acero de refuerzo de los muros, amarrando el acero de la losa al piso. Luego se colocan las instalaciones de plomería y electricidad, como se observa a continuación. Ver figura # 179.

Figura # 179

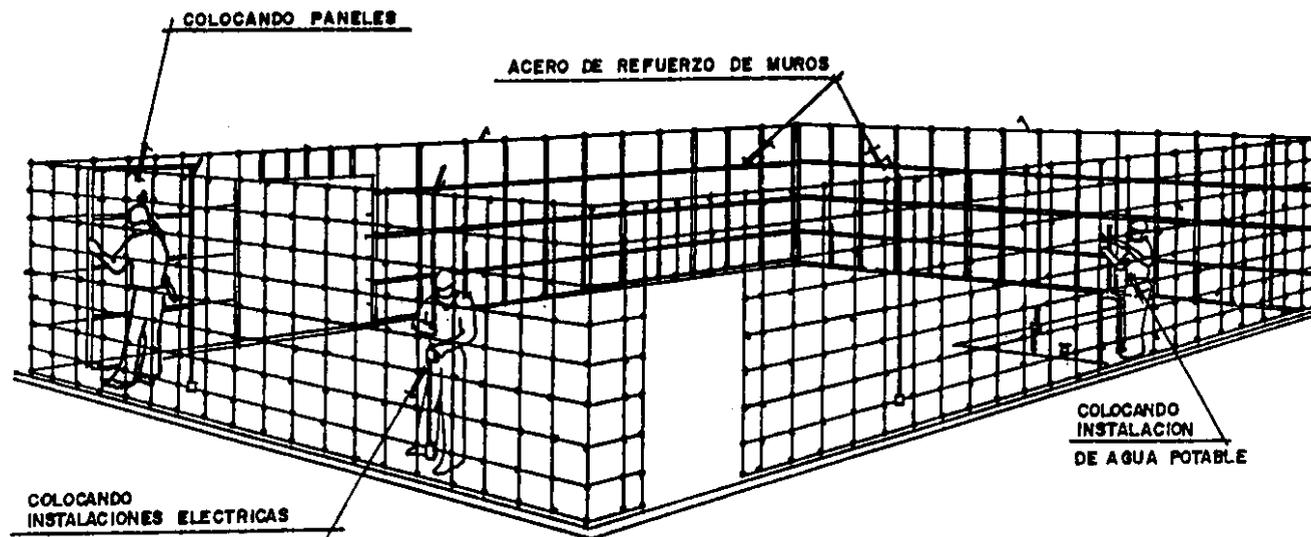


Figura 179. Fuente: Ibid, p. 2  
Elaboración propia.

COLOCACION DE INSTALACIONES  
EN EL ACERO DE MUROS

- Encofrado para muros de concreto Tipo CON-TECH

Ya encofrado el muro con los paneles CON-TECH, se chequea que éstos estén alineados. Se colocan las ménsulas de andamio que van insertadas en los paneles y se procede a colocar el concreto a mano o con bomba, como indica la figura. Se debe emplear el vibrador para que el concreto penetre en todas las partes del encofrado. Ver figura # 180.

Figura # 180

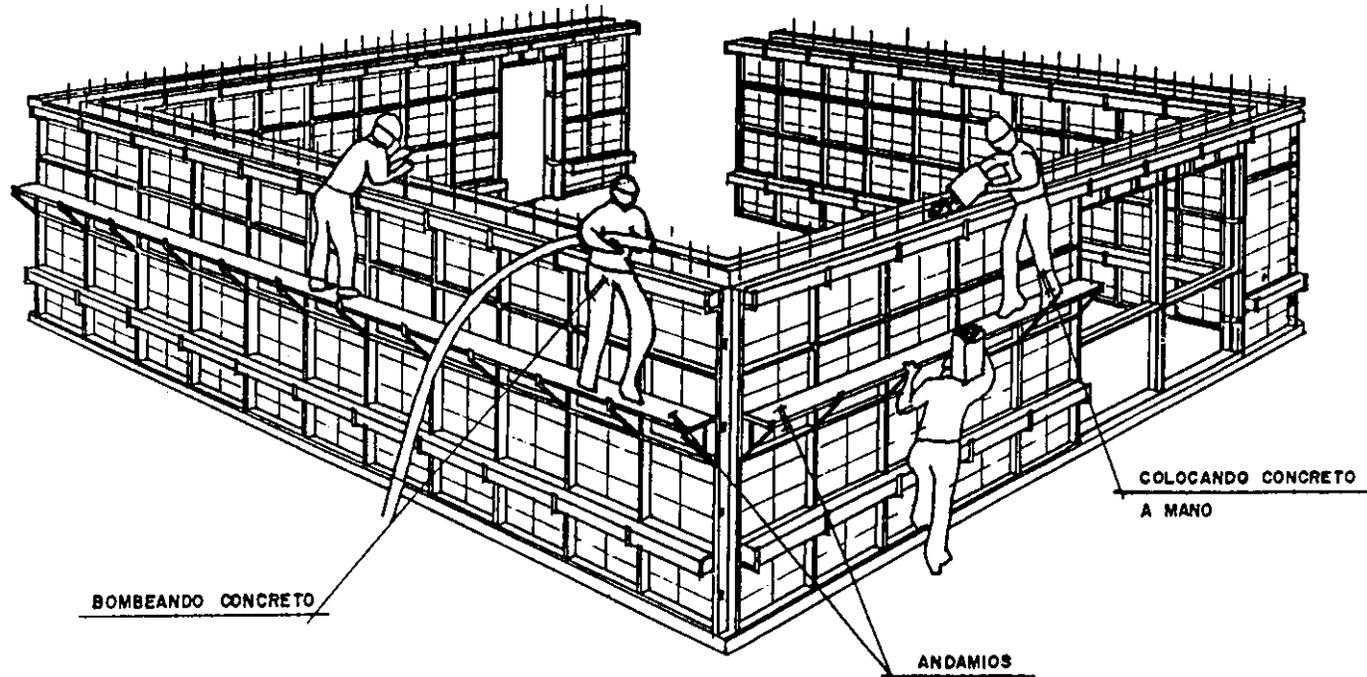
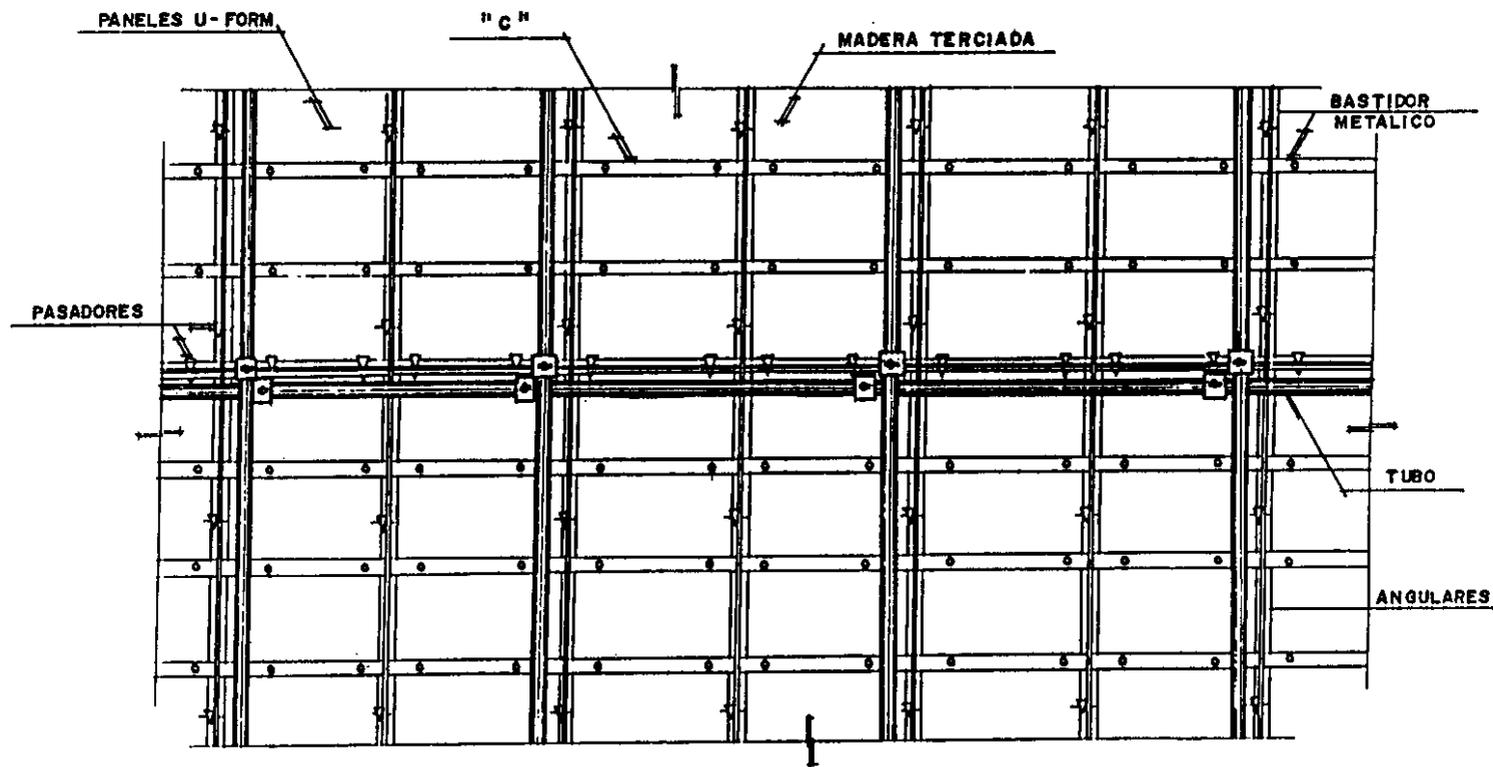


Figura 180. Fuente: Ibid, p. 4  
Elaboración propia.

ENCOFRADO DE MUROS  
CON PANELES CON-TECH

5.3.3.5 Encofrado de metal y madera terciada, con el sistema ACROW U-FORM para muros  
 Los paneles ACROW U-FORM, ya tratados en encofrados para columnas, son paneles tan livianos que pueden adaptarse a cualquier tipo de muro, desde muros rectos hasta circulares, como en el caso de tanques de agua. La figura # 181 muestra un detalle de paneles unidos entre sí rigidizados por tubos metálicos, para el encofrado de un muro recto. Ver figura # 181.



ENCOFRADO CON EL SISTEMA  
 ACROW U-FORM PARA MUROS

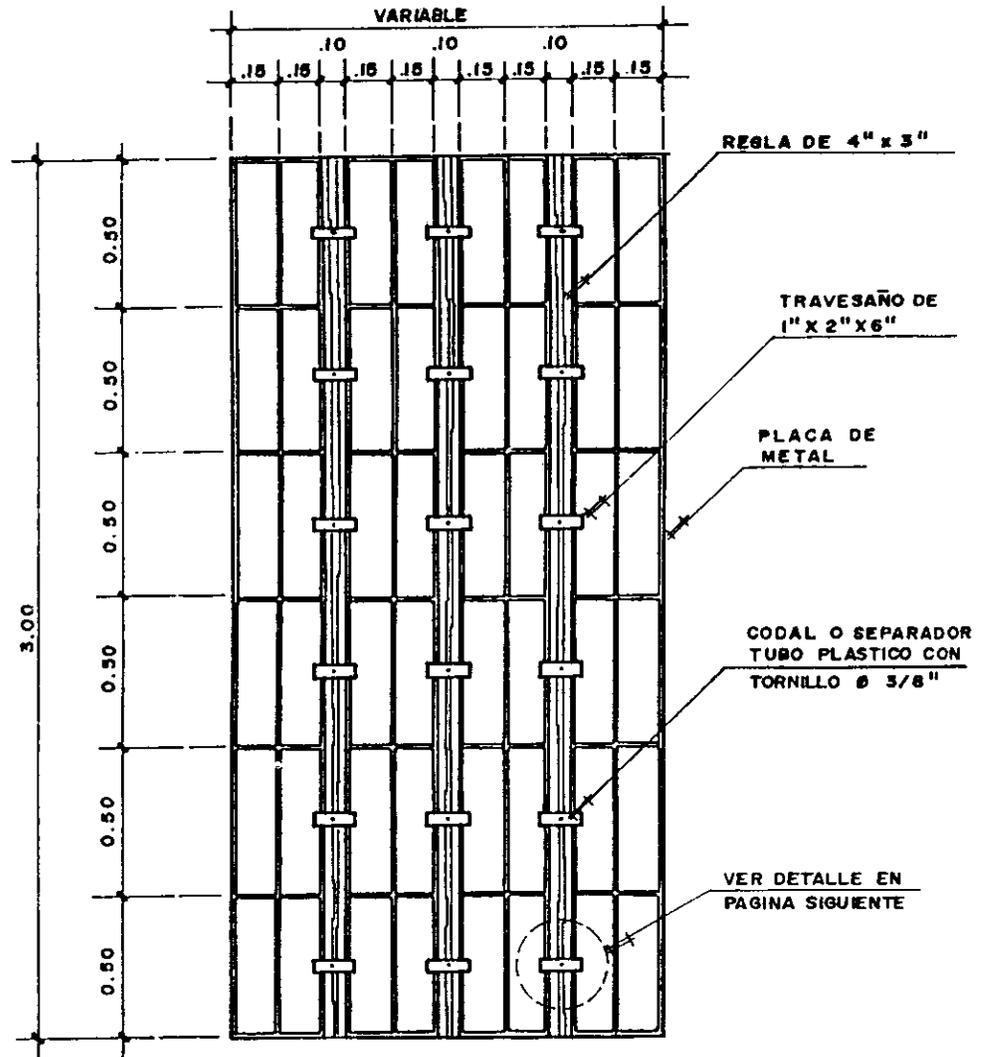
Figura 181. Fuente: Acrow. Op. Cit., p. 4  
 Elaboración propia.

Figura # 181

### 5.3.3.6 Encofrado de metal y madera para muros rectos

En este sistema de encofrado, se utilizan placas de metal unidas entre sí por medio de reglas de madera, como se observa en la figura # 182.

Unidas estas placas forman tableros, cuyo tamaño varía dependiendo de las necesidades del proyecto.



ENCOFRADO DE METAL Y MADERA  
PARA MUROS DE CONCRETO

Figura # 182

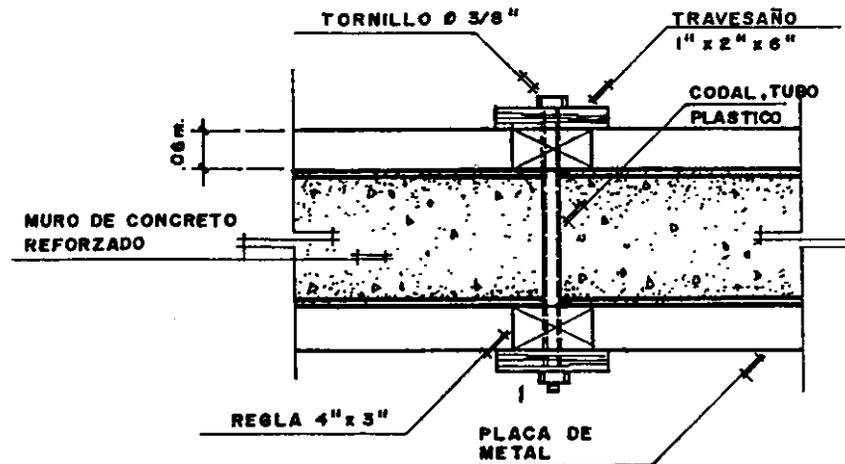
Figura 182. Fuente: Edificio Inversiones Monte Blanco, S.A.  
Elaboración propia.

Detalle del encofrado de metal y madera,  
para un muro recto

La separación de ambos lados del encofrado, se hace a través de codales o separadores de tubos de plástico y en su interior, se introduce un tornillo que atraviesa el muro. Estos separadores se colocan en las reglas para que por allí, salgan los tornillos y se aprieten.

Si estas placas de metal se tuercen, pueden enderezarse con un martillo de bola.

Ver figura # 183.



DETALLE DEL SEPARADOR  
DENTRO DEL ENCOFRADO

Figura # 183

### 5.3.3.7 Algunas consideraciones

#### - Tirantes

Los tirantes se emplean en los encofrados de columnas y vigas grandes, pero especialmente en los muros de concreto para mantener en su posición los paramentos del encofrado, aunque también pueden utilizarse como codales. Al retirar los tirantes del encofrado, los agujeros que han quedado en el concreto, se rellenan con un mortero de cemento.

Existe variedad de tirantes, entre los que tenemos las figuras # 184, # 185 y # 186.

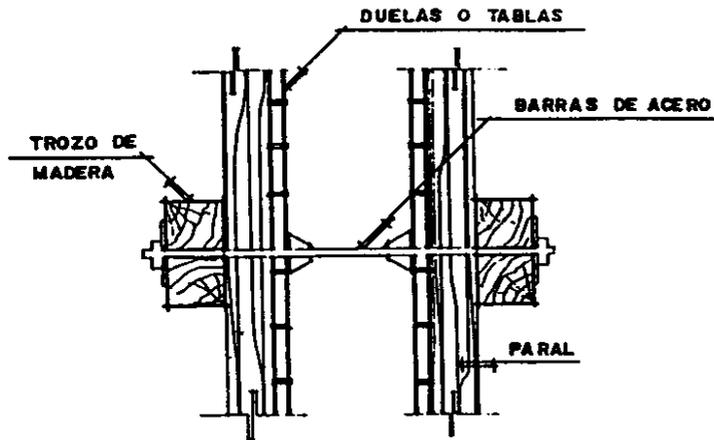


Figura # 184

TIRANTES O SEPARADORES PARA ENCOFRADOS

Figura # 185

Después de la fundición, el tirante se golpea con un martillo y el perno sale poco a poco. El tubo plástico o conduit, queda dentro de la fundición. Los agujeros se llenan con sabieta.

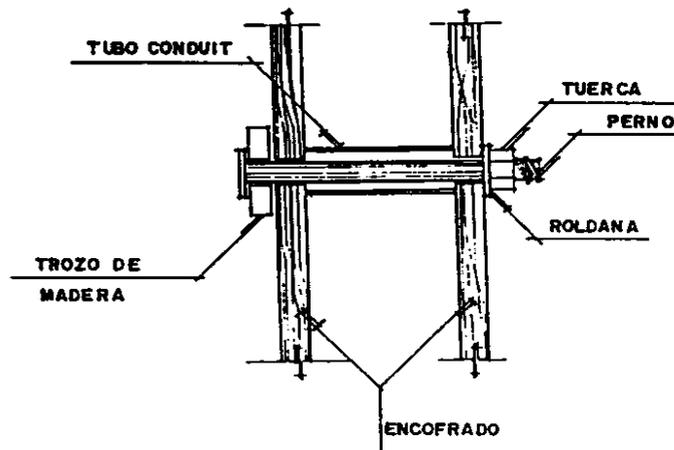


Figura 184,185. Fuente: Baud, Gérard. Op. Cit., p. 46  
Elaboración propia.

Algunos tipos de tirantes que se emplean en encofrado de muros.

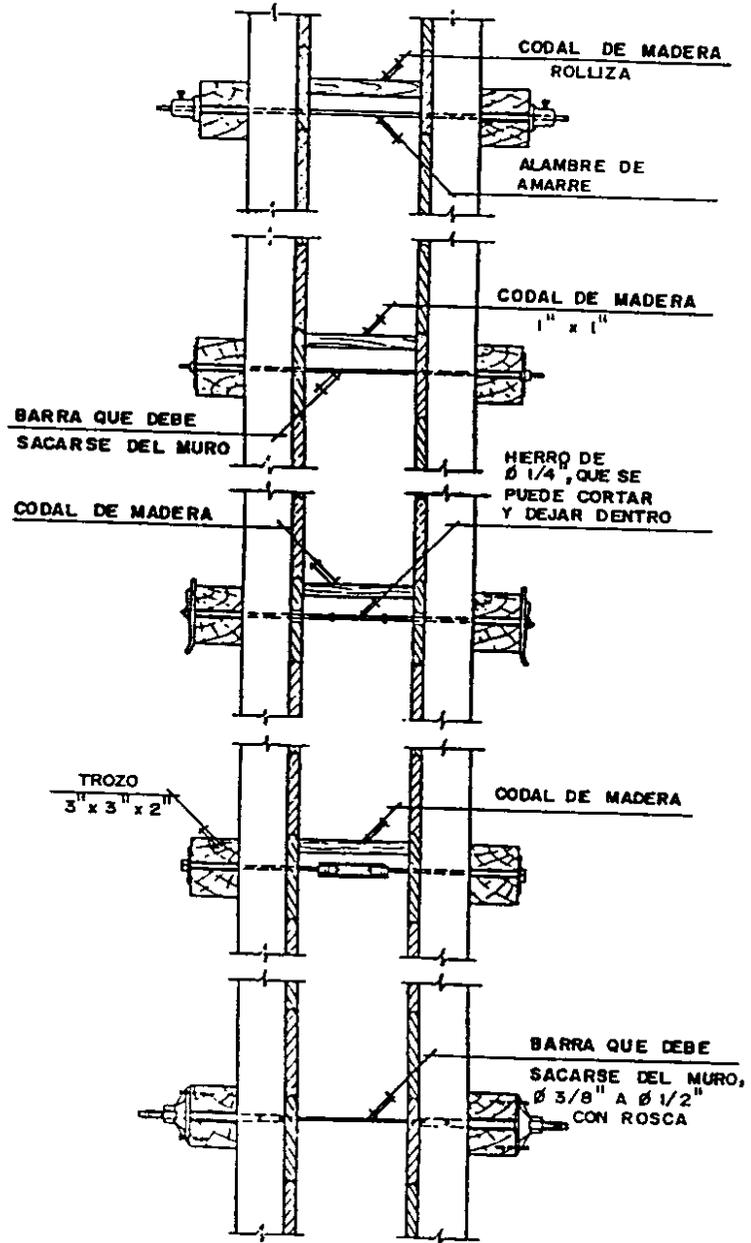
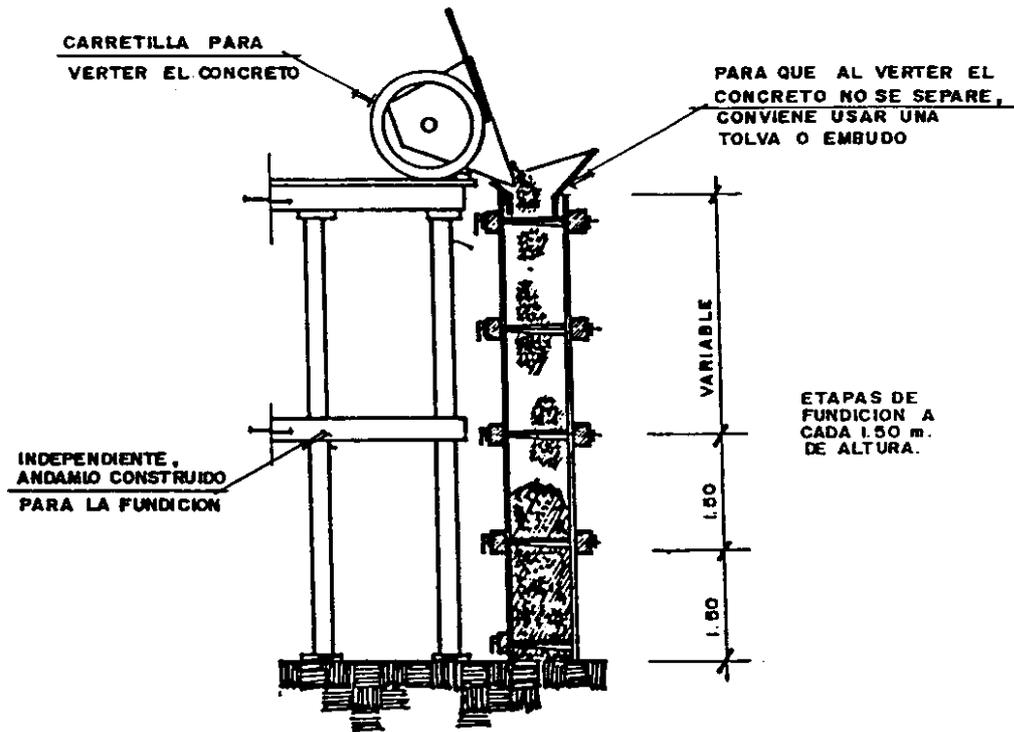


Figura # 186

TIPOS CARACTERISTICOS DE TIRANTES PARA ENCOFRADO

- Fundición de muros de concreto

Figura # 187



FUNDICION DE UN MURO DE CONCRETO

Cuando se vierte el concreto en un encofrado de muro, se deben tener ciertas precauciones para obtener buenos resultados, por ejemplo debe limitarse la altura de la caída del concreto para evitar que la mezcla se separe. Ver figura # 187.

Figura 187. Fuente: Baud, Gérard. Op. Cit., p. 135  
Elaboración propia.

### 5.3.4 Encofrados para vigas

#### 5.3.4.1 Encofrados de madera para vigas

Desde obras pequeñas hasta proyectos grandes, la madera es la más utilizada en encofrado para vigas de concreto. Por lo fácil de obtener, la facilidad de trabajarla y sabiéndola cuidar, se le pueden dar varios usos.

En el encofrado de viga, la sopanda, cama de viga, faldones, parales y tornapuntas son de madera. Los elementos donde puede variar el material son los puntales, que pueden ser de madera o metal. La ventaja de los prefabricados es la rapidez de montaje y desmontaje. Las figuras # 188, # 189, # 190, # 191, # 192 y # 193, representan algunos sistemas de encofrados.

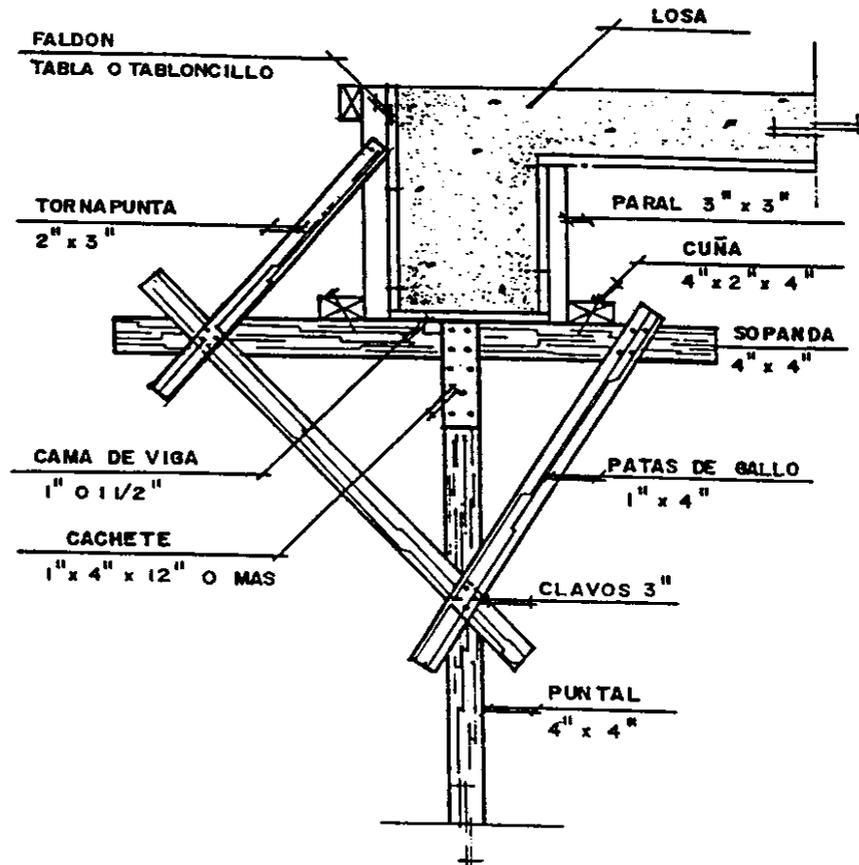
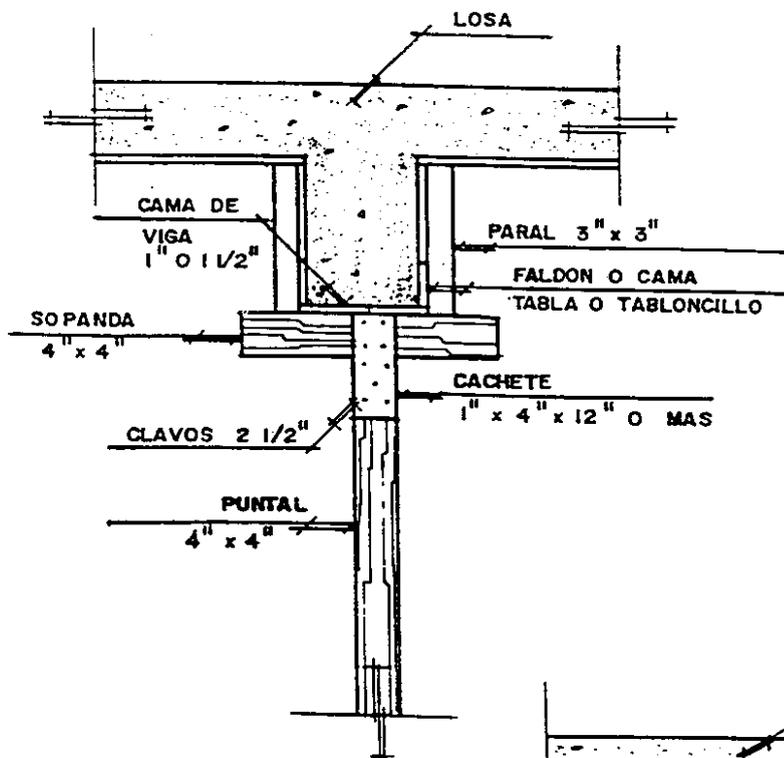


Figura # 188

ENCOFRADO DE MADERA  
PARA VIGA PERIMETRAL

Figura 188. Fuente: Trabajo de campo.  
Elaboración propia.

Figura # 189



Los encofrados de las figuras siguientes son utilizados en proyectos habitacionales o vigas no muy grandes. Todos los elementos son de madera para construcción.

ENCOFRADOS DE MADERA PARA VIGAS CENTRALES

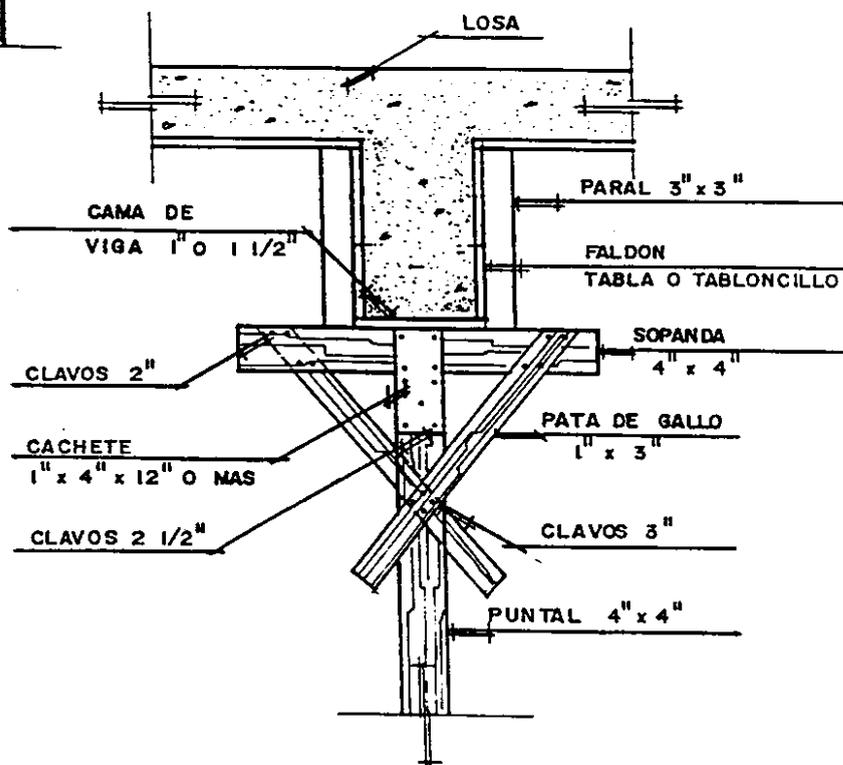
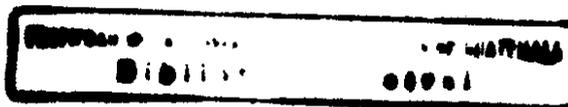
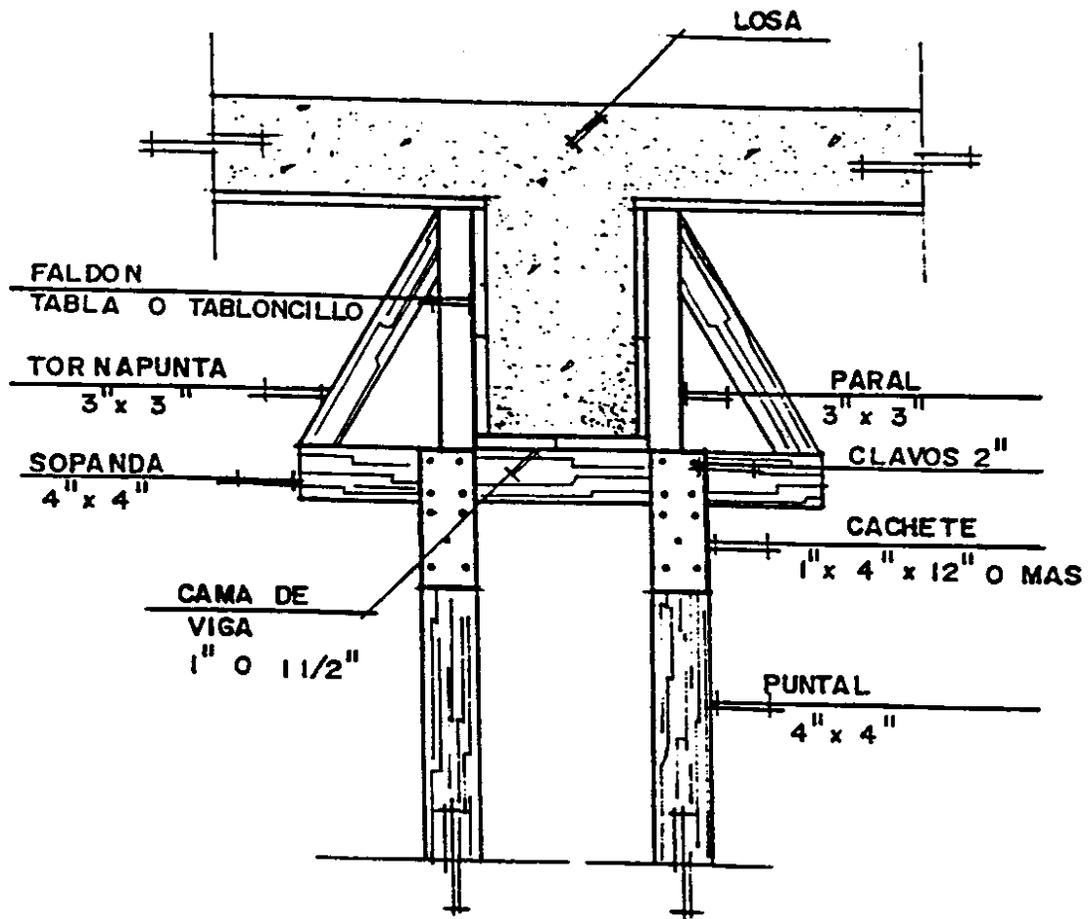


Figura # 190

Figura 189. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.  
Figura 190. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.



En la figura # 191, se re presenta el encofrado de madera más empleado en cualquier tipo de cons trucción, donde todos sus elementos son de madera de pino rústico que se ob tiene en aserraderos, ven tas de madera o en alqui ler.



ENCOFRADO DE MADERA  
PARA VIGA CENTRAL

Figura # 191

Figura 191. Fuente: Trabajo de campo.

Elaboración propia:

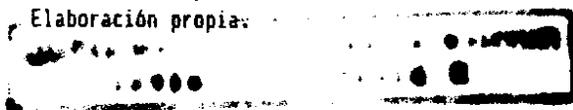


Figura # 192

Ambos sistemas de encofrados de madera se utilizan en vigas grandes, de centros comerciales, hospitales, edificios, escuelas etc. Figuras # 192 y # 193.

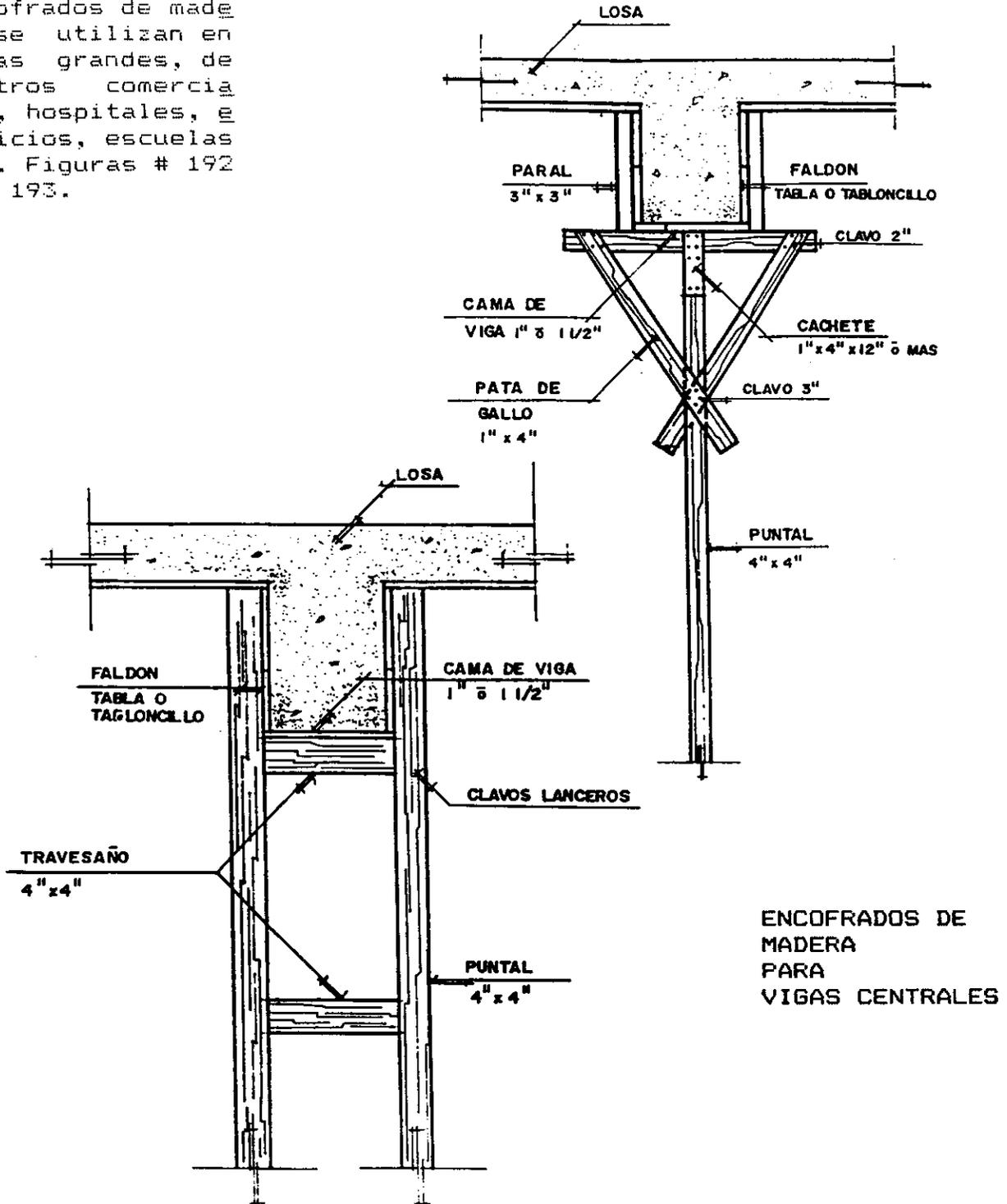


Figura # 193

Figura 192. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

Figura 193. Fuente: Edificio para locales comerciales, 32 avenida  
y 2a. calle, zona 7.  
Elaboración propia.

Variedad de encofrados de madera para vigas

De la diversidad de encofrados, las siguientes figuras son un ejemplo observado en obras reales. Ver figuras # 194, # 195, # 196 # 197 y # 198.

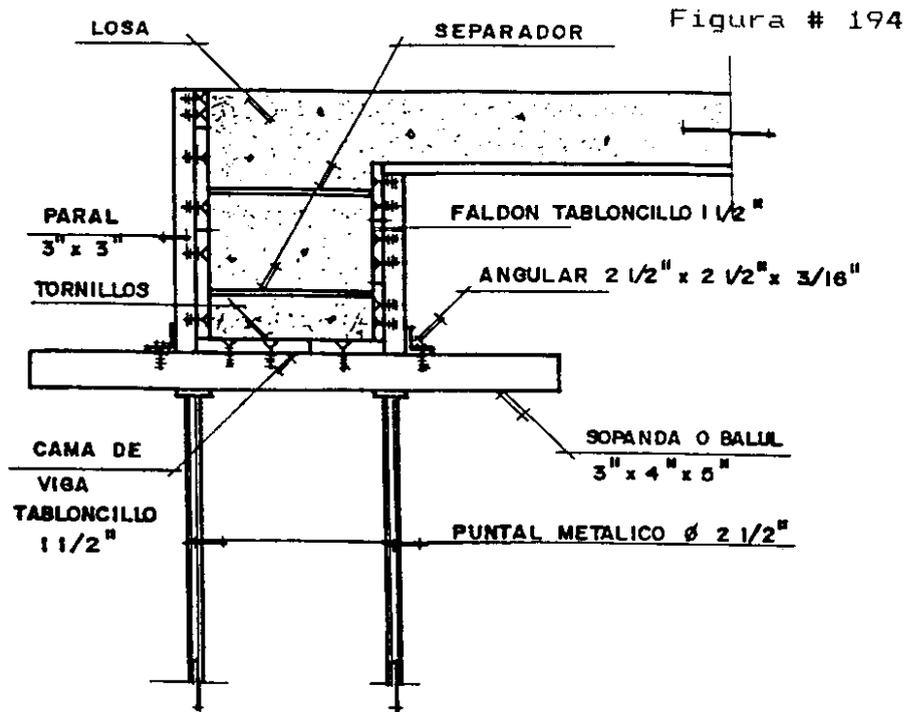
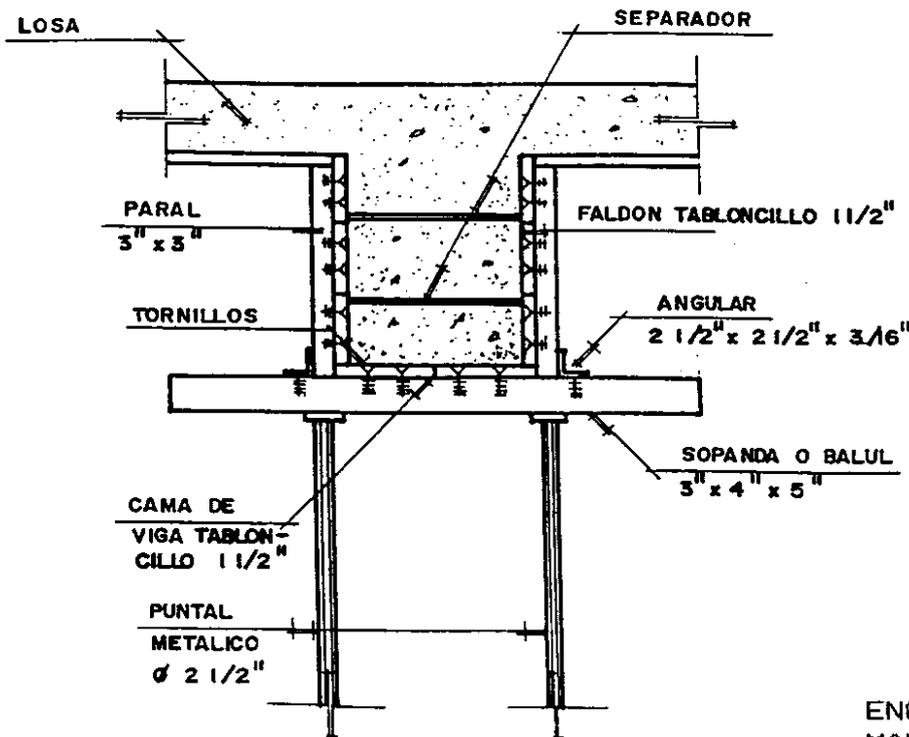


Figura # 195



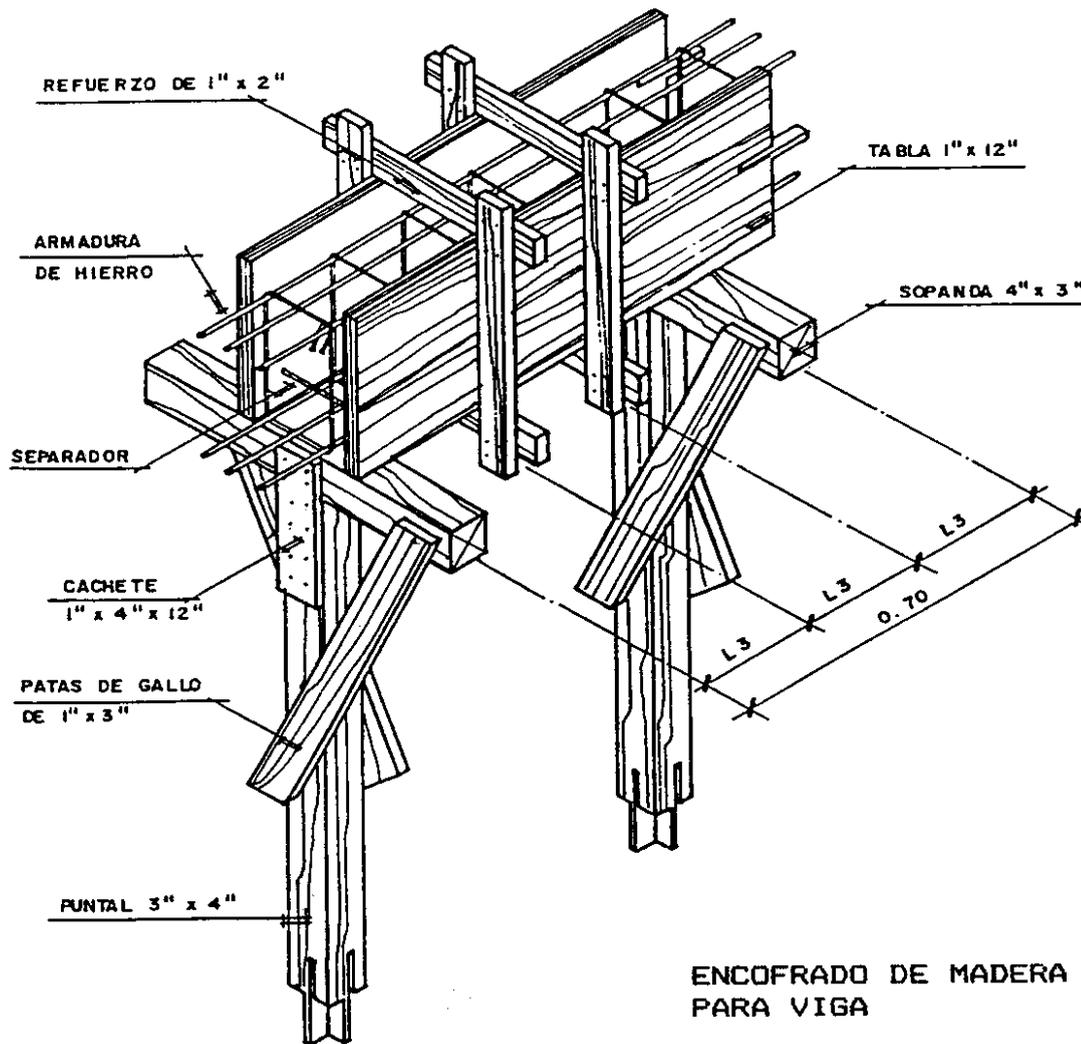
ENCOFRADO DE MADERA, PARA VIGA PERIMETRAL

Lo particular de estos encofrados es que se utilizan tornillos en vez de clavos, para evitar que la madera se dañe y por la rapidez al desencofrar. Otra característica es que las tornapuntas son sustituidas por angulares de hierro atornillado. Ver figuras # 194 y # 195.

ENCOFRADO DE MADERA, PARA VIGA INTERIOR

Figura 194,195. Fuente: Edificio Torre Cristal. Elaboración propia.

Figura # 196



La figura # 196 representa un encofrado muy utilizado en Guatemala. Este se emplea en vigas completamente aisladas. Este caso, se observó en una retícula de vigas que sirven como tragaluz. Este encofrado está rigidizado por refuerzos clavados entre sí, que, haciendo un anillo, mantienen la forma de la viga, que va apoyada sobre puntales convencionales. Todo el encofrado es de madera de pino rústico.

Figura 196. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

Las figuras # 197 y # 198, muestran otro tipo de encofrado. Este encofrado de viga, se representa, a continuación, en sección e isométrico. Se observan todos los elementos principales y más usados con las secciones con que fue diseñado y trabajado. Aquí se utilizaron clavos para asegurar las piezas. Para lograr el peralte de la viga, hay necesidad de agregar alzas y tendales extras, haciendo que el encofrado sea más trabajable.

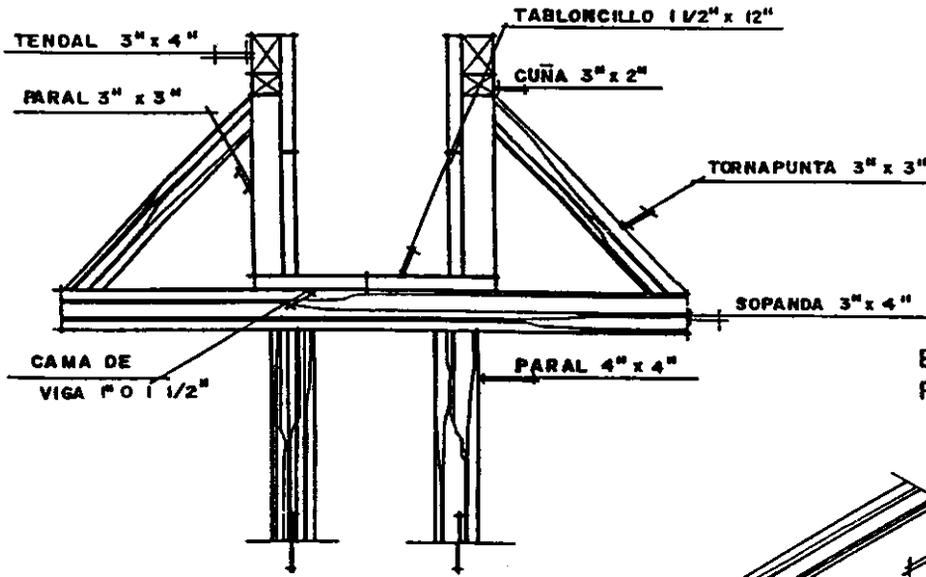
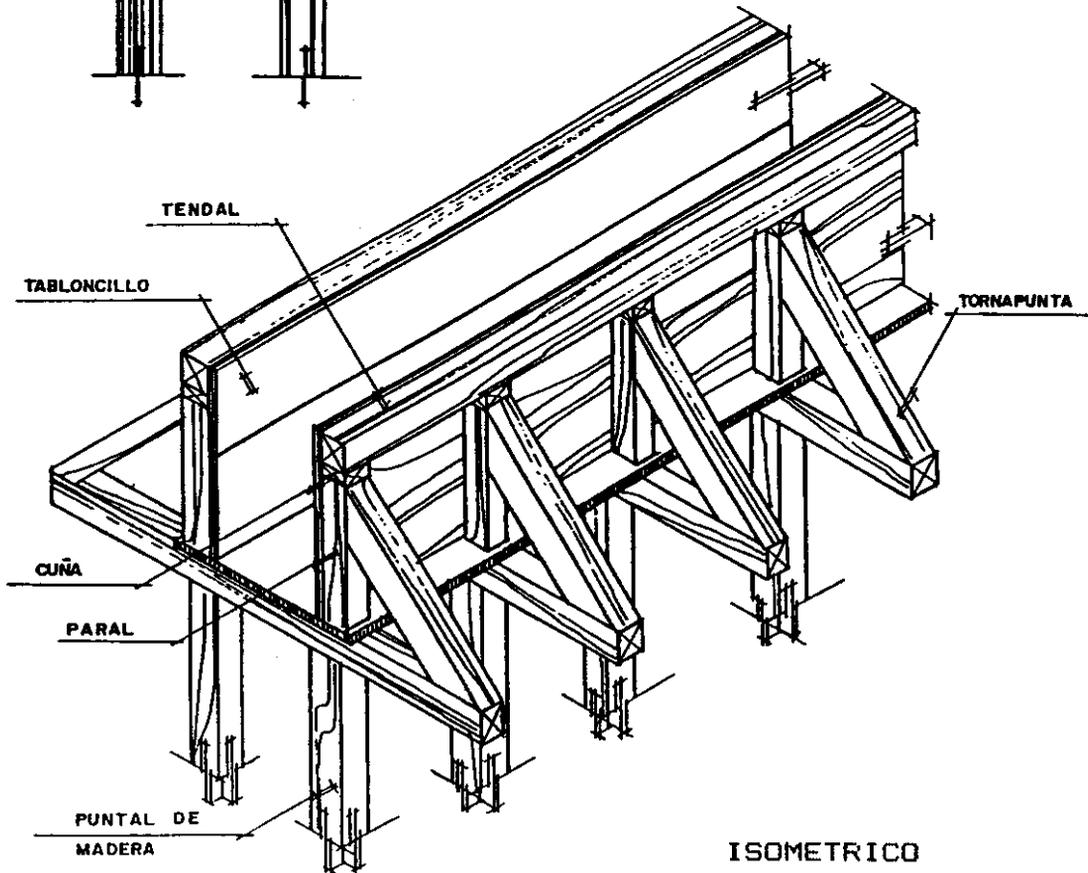


Figura # 197

ENCOFRADO DE MADERA PARA VIGA CENTRAL



ISOMETRICO

Figura # 198

5.3.4.2 **Encofrado de madera y fibra de vidrio para vigas**  
En este encofrado para viga central, se emplean en los faldones planchas de fibra de vidrio que son cortadas y moldeadas al tamaño requerido. Este material es liviano, trabajable y fácil de colocar y retirar. Estos faldones van apoyados sobre tablóncillos y sopandas de madera. Para mantener la forma de la viga, entre los faldones, se colocan separadores o codales, y, afuera parales y tendales que son atravesados y asegurados con pernos. Los elementos prefabricados DOKA H 20, son vigas de madera tratada especialmente.

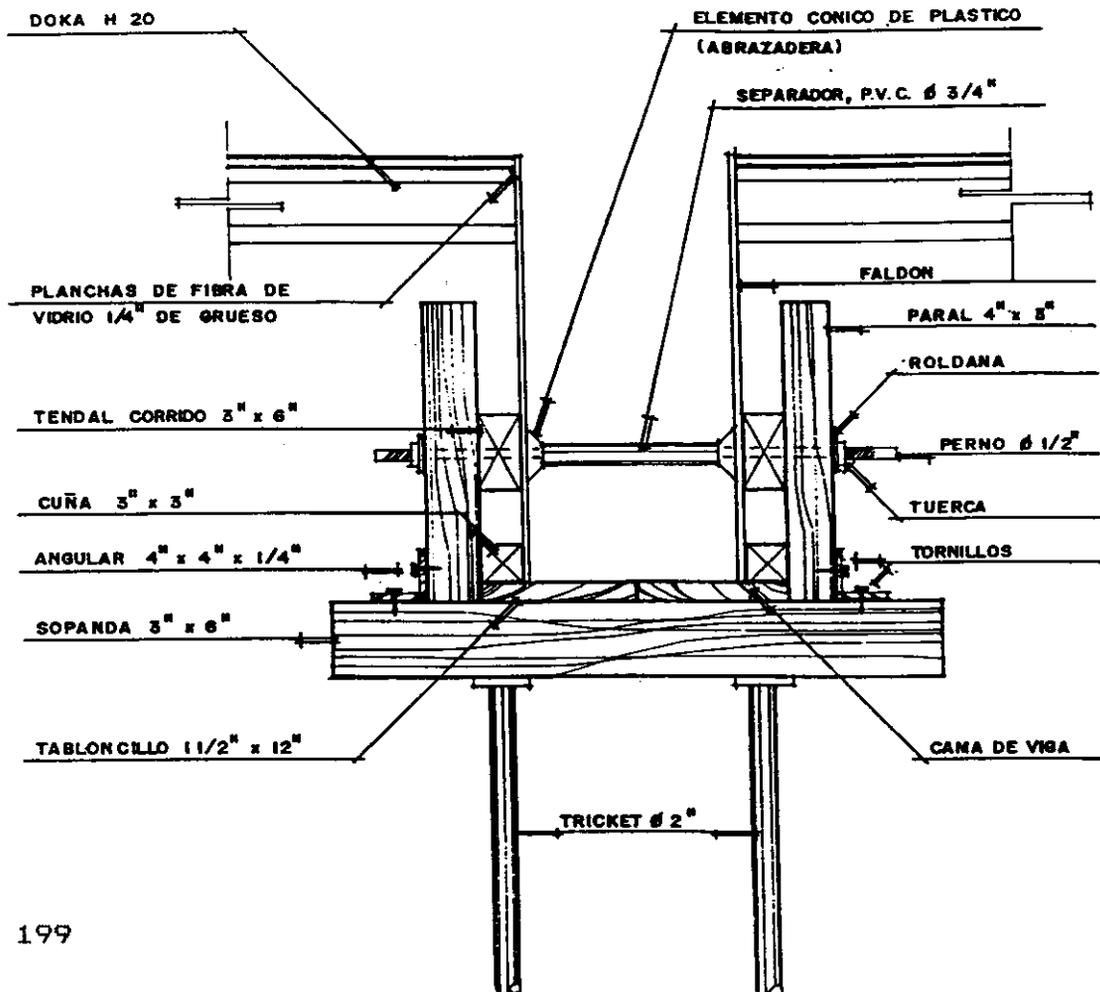


Figura # 199

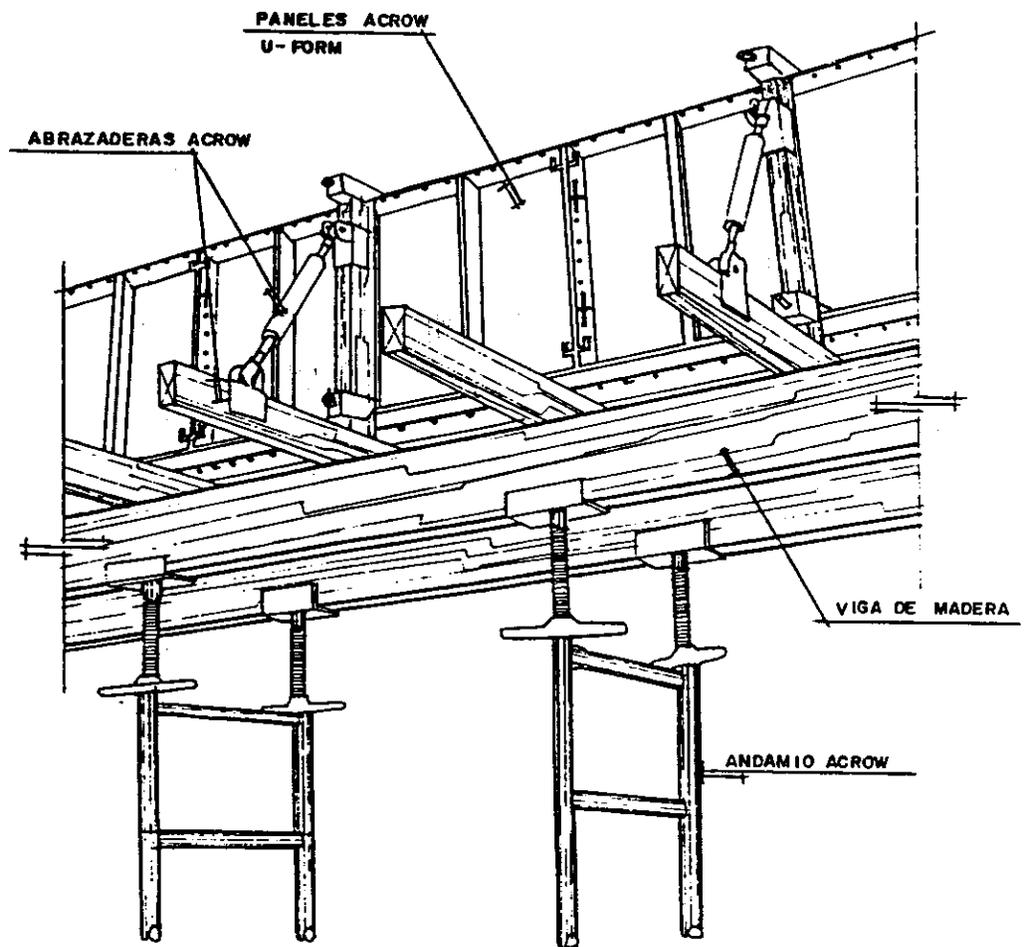
SECCION DE ENCOFRADO DE MADERA Y FIBRA DE VIDRIO PARA VIGA

Figura 199. Fuente: Edificio La Mirage.  
Elaboración propia.

5.3.4.3 Encofrado de metal y madera con el Sistema ACROW U-FORM para vigas

El Sistema U-Form está formado por paneles muy livianos cuya superficie de contacto con el concreto es de madera terciada, remachada con un bastidor de metal especial, que está provisto de agujeros en los cuales entran pasadores con cuñas que unen entre sí los paneles.

Existen dos variantes en este sistema. En la figura # 200 se ve el encofrado de la viga con sus elementos. En éste se utilizan tornapuntas o abrazaderas de metal y la sopanda y tendales son de madera.

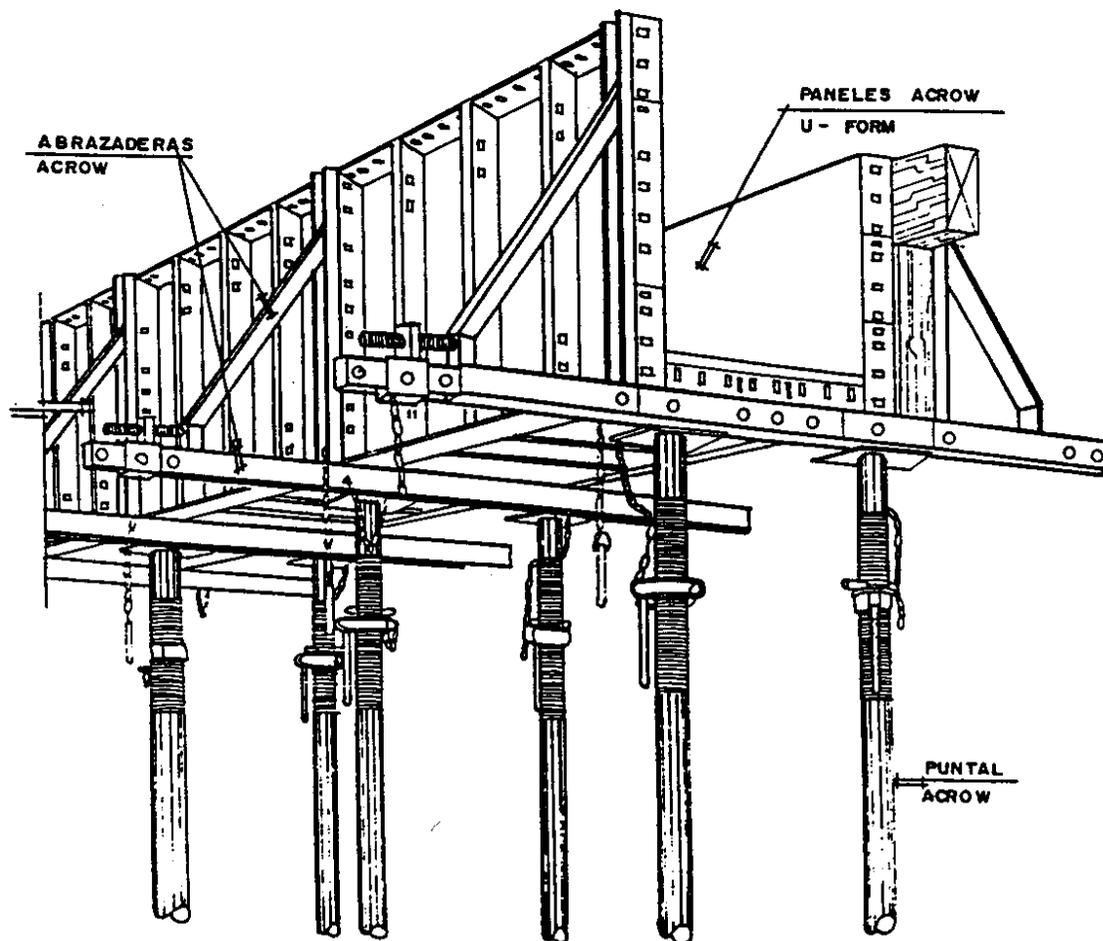


ENCOFRADO DE METAL  
TIPO ACROW PARA VIGA

Figura # 200

Figura 200. Fuente: Acrow. Op. Cit., p. 5  
Elaboración propia.

Figura # 201



ENCOFRADO DE METAL TIPO ACROW PARA VIGA

La fig. # 201 representa el otro encofrado con el Sistema U-Form, en el cual se emplean los mismos paneles pero la diferencia está en que las sopandas, los parales y las tornapuntas son de metal.

#### 5.3.4.4 Tornapuntas

Las tornapuntas son piezas inclinadas que se colocan para rigidizar los parales que sostienen los faldones de las vigas y las sopandas. En éstas, pueden usarse fajas, reglas o parales de madera o pueden utilizarse también abrazaderas de metal. Dentro de las formas de colocar las tornapuntas, se pueden tomar en cuenta las consideraciones de las figuras siguientes: # 202, # 203, # 204 y # 205.

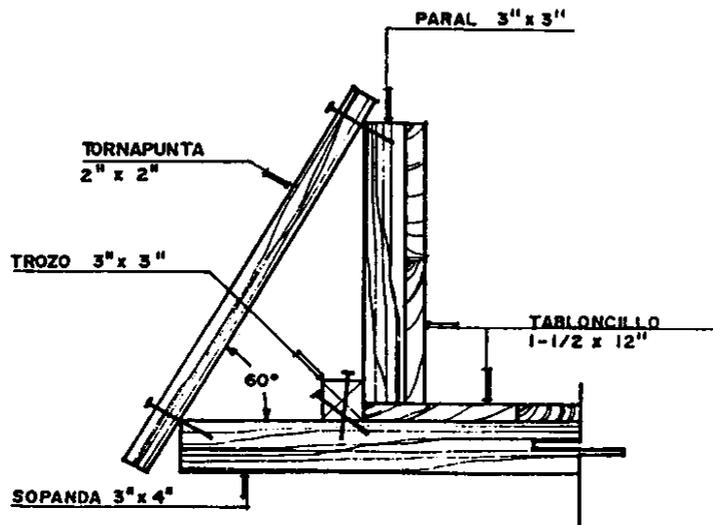


Figura # 202

#### COLOCACION DE TORNAPUNTAS

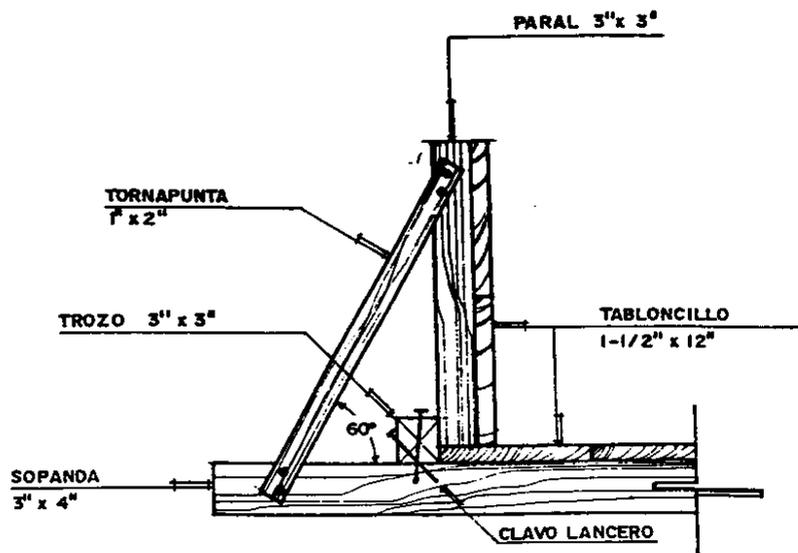
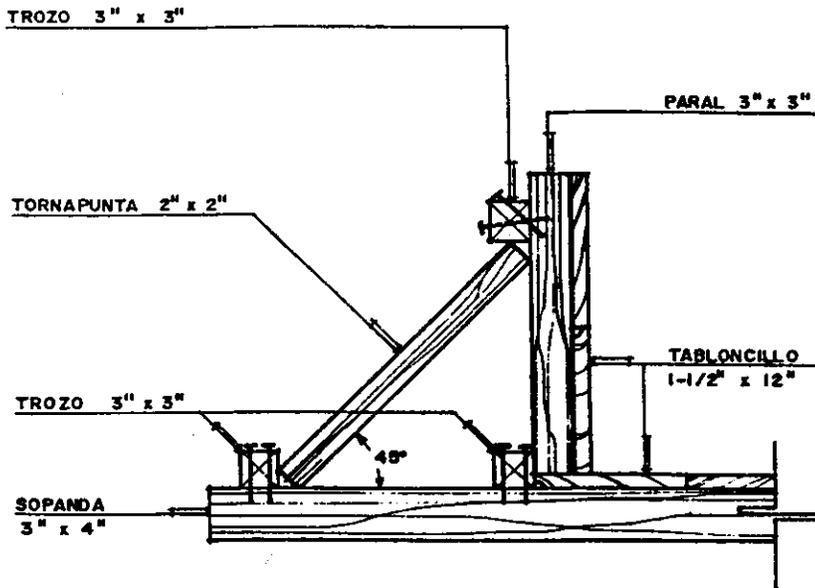


Figura # 203

Otras tornapuntas de madera

Figura # 204



COLOCACION DE TORNAPUNTAS

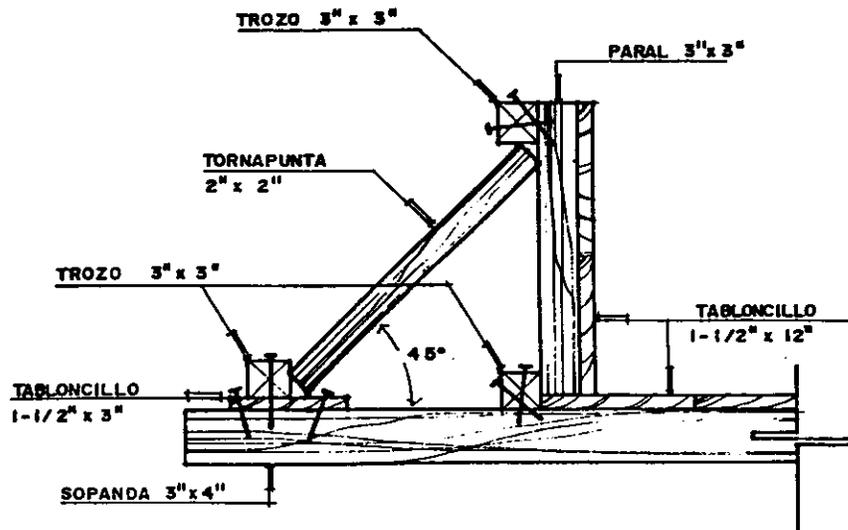


Figura # 205

Figura 204,205. Fuente: Ibid, p. 252  
Elaboración propia.

### 5.3.5 Encofrado para losas de concreto

#### Materiales

- a. Madera
- b. Metal
- c. Plástico
- d. Fibra
- e. Chapa ondulada
- f. Moldes celulares metálicos

#### 5.3.5.1 Encofrado de madera para losas

El sistema convencional de encofrado para losa plana o inclinada, es la tarima.

Está constituida por puntales verticales colocados en dos sentidos; tendales horizontales que sostienen las tablas donde irá sentada la armadura de hierro; luego los puntales se apoyan en durmientes.

Toda esta estructura debe embreizarse en ambos sentidos.

La tarima debe estar perfectamente a nivel y los puntales a plomo. Ver figura # 206.

Encofrado de madera para losa, conocido como tarima

Figura # 206

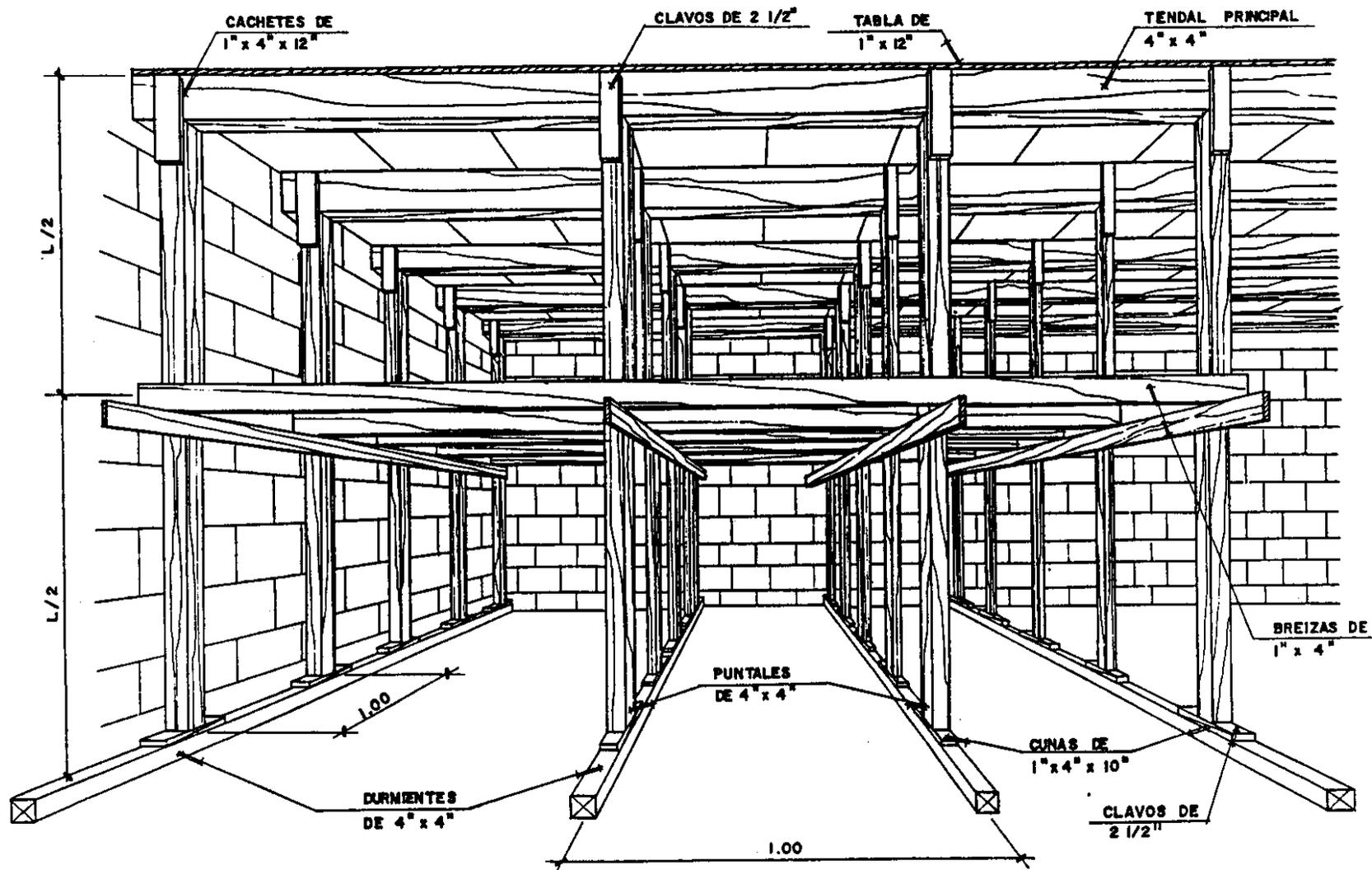
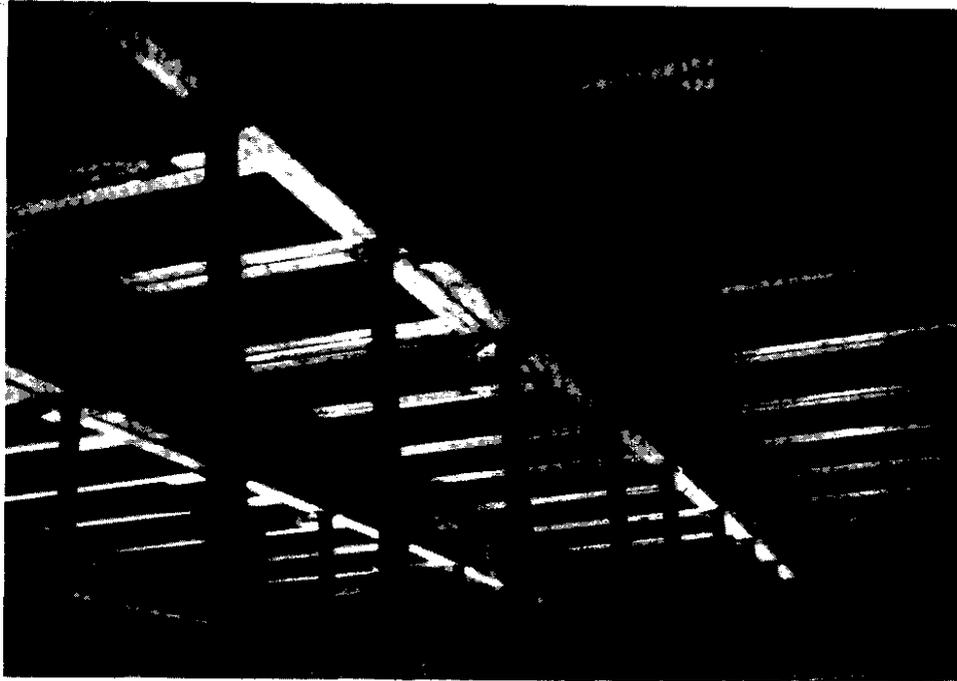


Figura 206. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

TARIMA DE MADERA PARA LOSA DE CONCRETO

Otro sistema de encofrado-tarima de madera para losa, es utilizando elementos prefabricados como se representa a continuación.

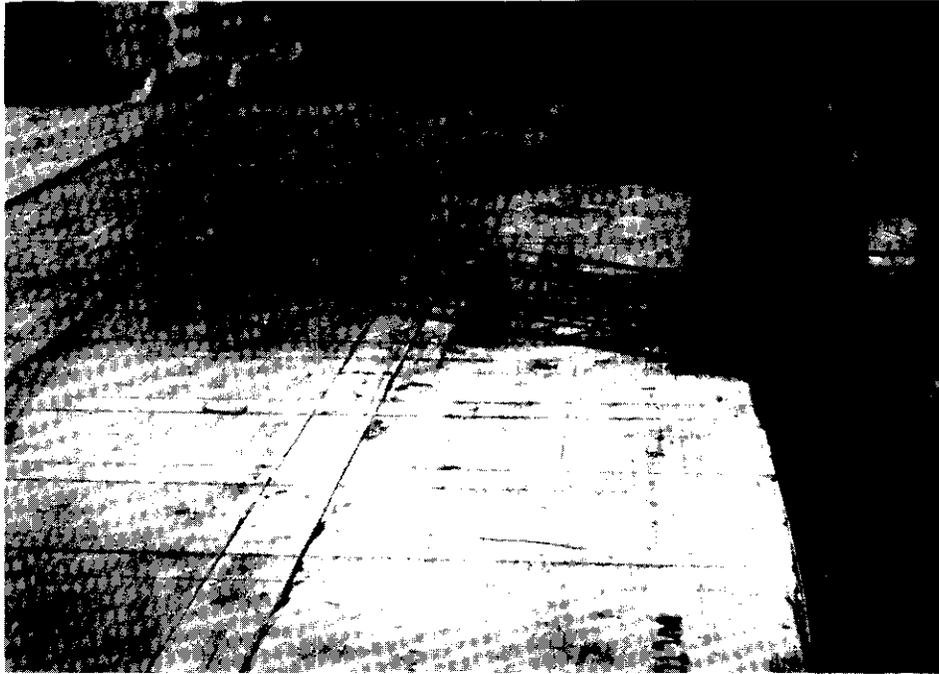
Fotografía # 2



Trickets metálicos, vigas y tendales prefabricados de madera tratada. Estos elementos cubren luces hasta de 6.00 de largo. Son rápidos de colocar y retirar, con lo que se obtiene mayor rendimiento en tiempo y mano de obra. Estos elementos se conocen como: DOKA H 20.



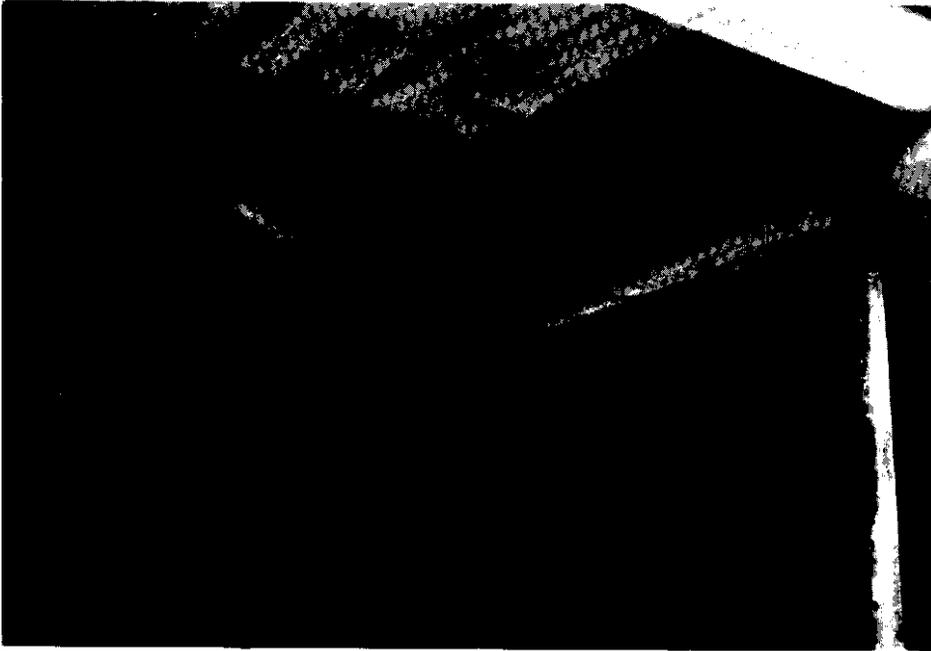
En esta fotografía se observa que la tabla tradicional, se cambia por planchas de plywood de 3/4 de pulgada. Con ésto, se simplifica el trabajo y se reduce el tiempo de ejecución.



Fotografía # 3

Variedad de entarimados para losa

Fotografía # 4



Aquí se obser  
van puntales  
metálicos, vi  
gas, tendales  
y tablas de  
madera.

Fotografía # 5



Y en ésta, los  
tendales han  
sido reempla<sub>z</sub>  
dos por Joist  
de metal.

#### 5.3.5.2 Encofrado de metal para losas

Existen moldes metálicos como los utilizados para losas prefabricadas con el Sistema Molde LK, que es la manera más sencilla, rápida y económica para la construcción de losa final o entrepiso.

El molde LK es trabajado por la Empresa PreCon y la losa se va formando colocando viguetas prefabricadas, el molde metálico que se soporta así mismo y la estructomalla para luego fundir la losa.

Estos moldes por tener su superficie lisa, permiten que el concreto pueda quedar visto sin aplicarle ningún acabado final. Ahorran mano de obra, tiempo y un costo elevado.

Por ser livianos, son rápidos de colocar y retirar.

Por tener forma de cajas rectangulares, pueden en algunos casos, dejarse como elementos decorativos.

Ver figura # 207.

Esta figura representa un detalle de la losa prefabricada con el Molde LK

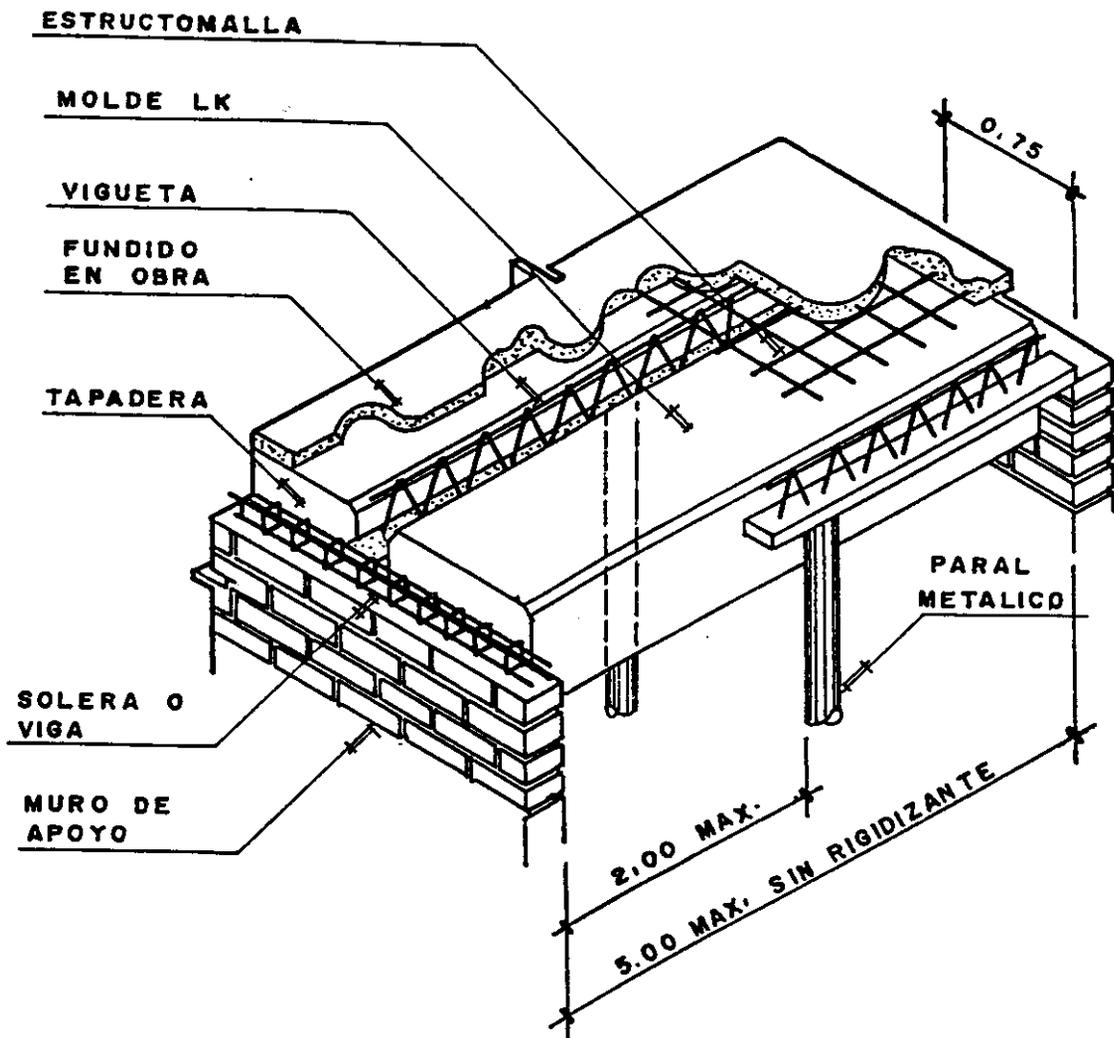


Figura # 207

Figura 207. Fuente: PreCon. (Catálogo)  
Elaboración propia.

Esta figura representa un detalle de la losa prefabricada con viguetas y bovedillas

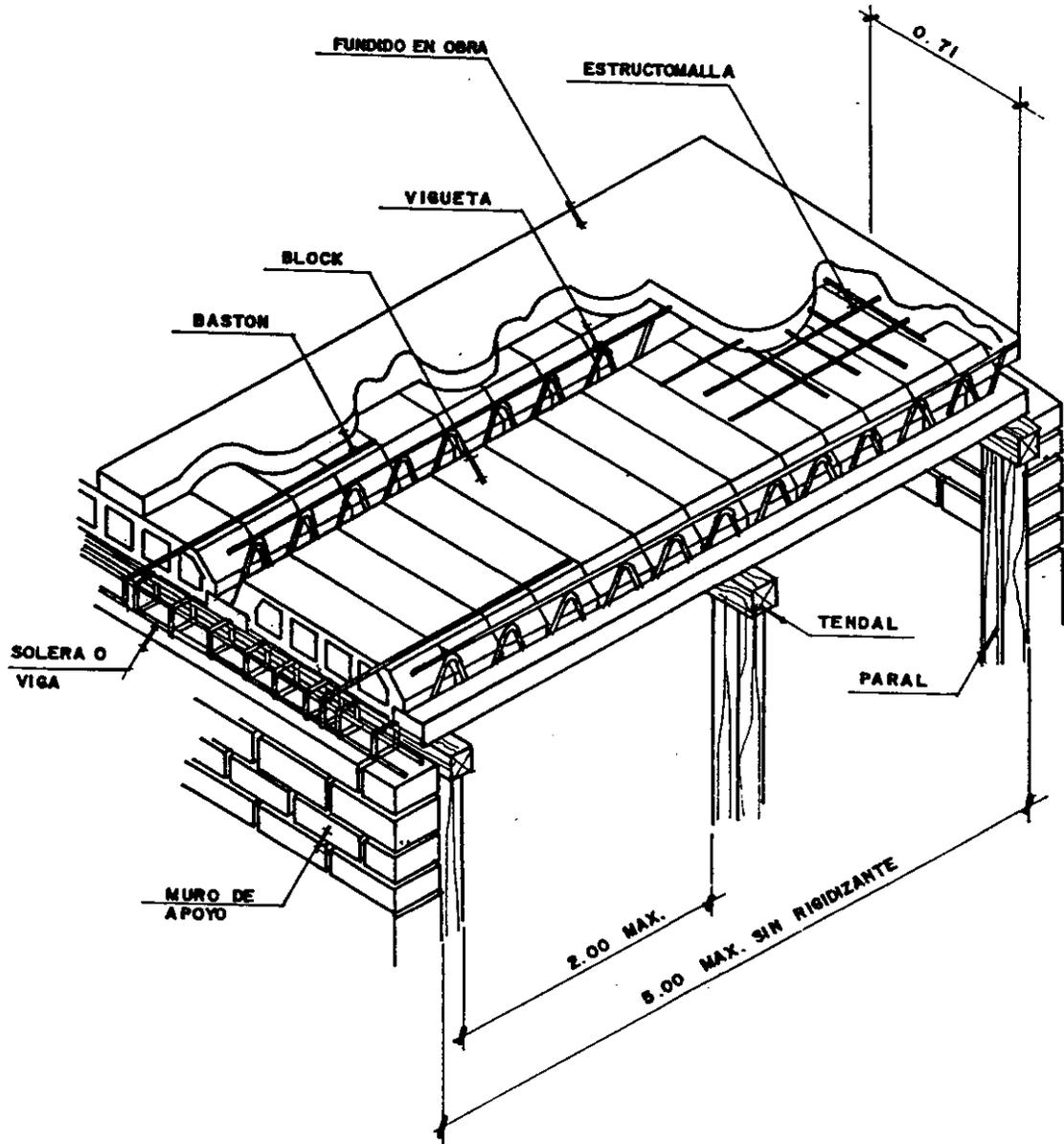
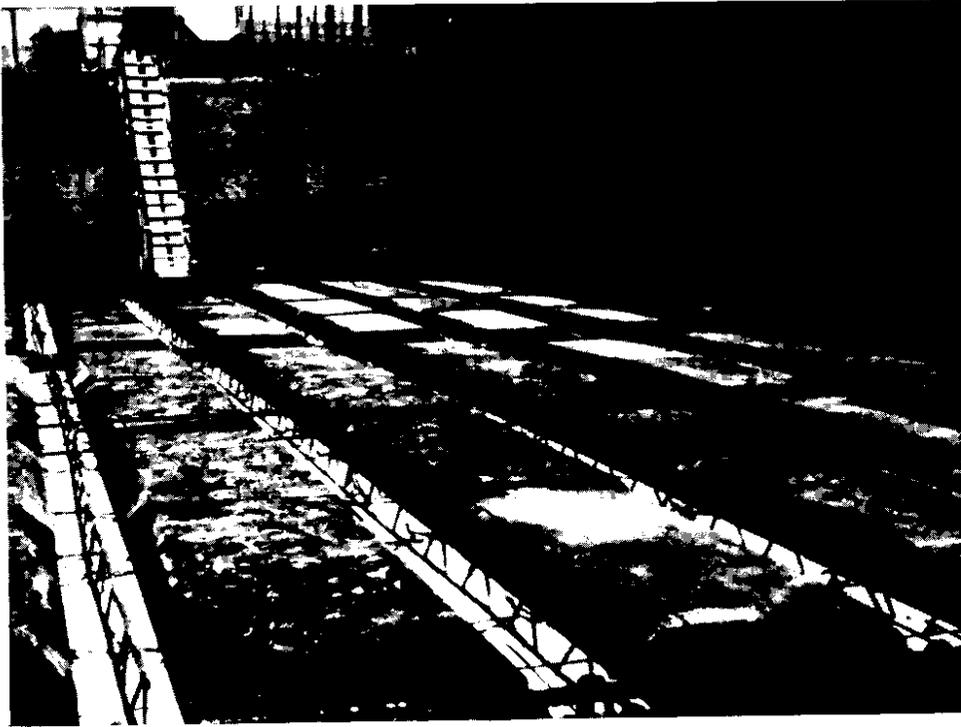


Figura # 208

Figura 208. Fuente: PreCon. (Catálogo)  
Elaboración propia.



Fotografía # 6

En esta fotografía se pueden ver las viguetas y los moldes que como son de diferentes longitudes, se pueden ir traslapando uno con otro, para poder cubrir la luz requerida.

**5.3.5.3 Encofrado de plástico para losas**  
Los encofrados plásticos se utilizan en losas nervuradas en dos sentidos. Son cajones que se construyen de acuerdo a lo pedido por el diseñador en cuanto a dimensiones y formas.

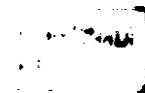
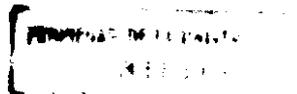
Se colocan siempre sobre una tarima de madera y puntales de madera o metal.

**Algunas ventajas**

- Son livianos, resistentes y fuertes.
- No se corroen ni oxidan.
- Sus superficies son lisas.
- No necesitan acabado final.
- No se abollan ni doblan.

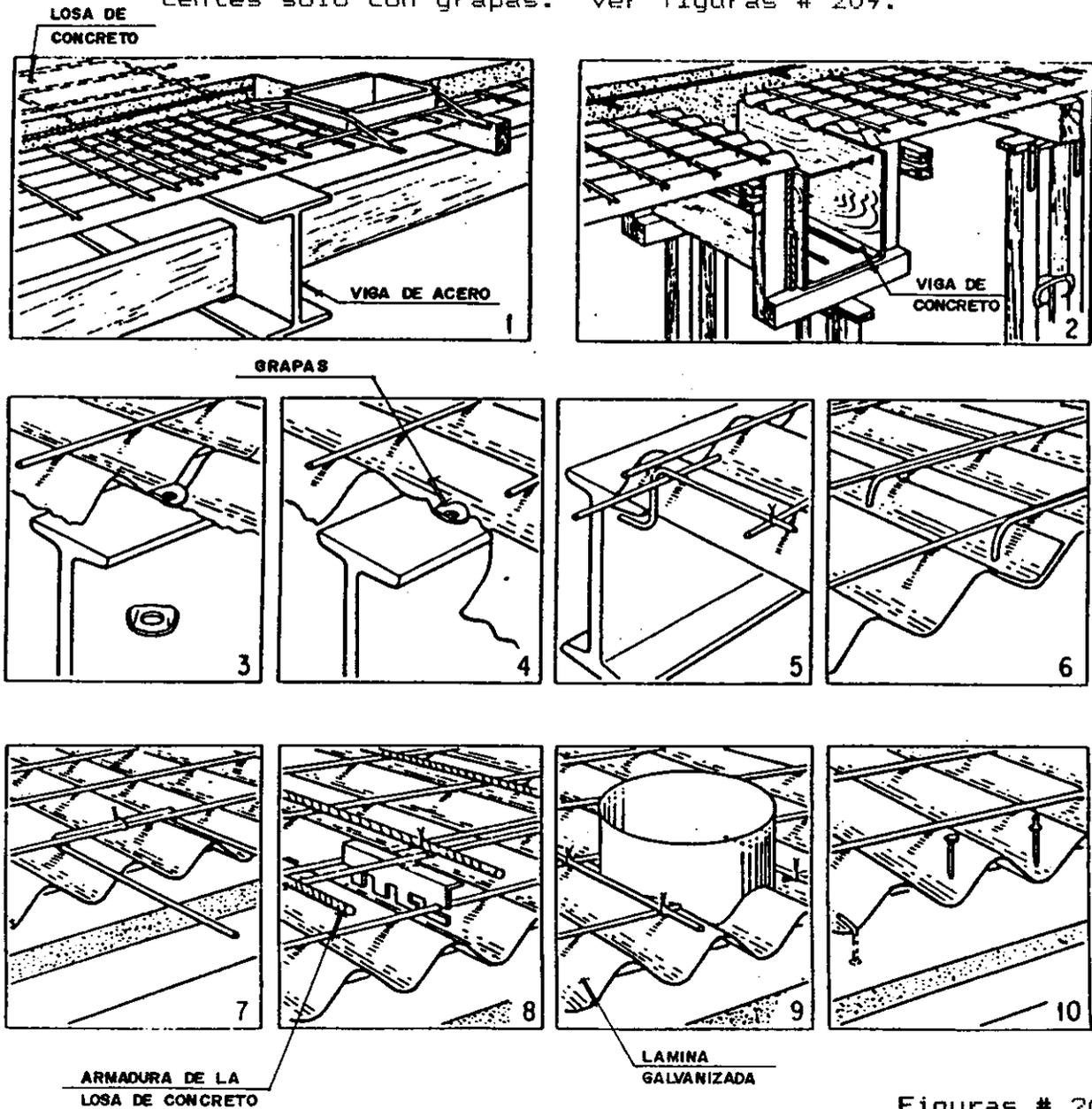
**5.3.5.4 Encofrado de fibra para losas**  
Estos moldes contienen fibras impregnadas de asfaltos u otros productos que los hacen impermeables y resistentes al agua.

Se pueden emplear en losas planas o nervadas.



### 5.3.5.5 Encofrado de chapa ondulada para losa

Los moldes construidos con una chapa ondulada, negra o galvanizada, se utilizan en losas de concreto que van apoyadas sobre vigas de acero o de concreto prefabricadas. Las chapas se colocan directamente sobre las vigas con la dirección de las ondulaciones perpendiculares a los apoyos. La unión de los apoyos se realiza con grapas o con puntos de soldadura, y entre las chapas adyacentes solo con grapas. Ver figuras # 209.



Figuras # 209

5.3.5.6 Encofrado de madera y metal para losas  
A este tipo de encofrado pertenece el Sistema ACROW U-FORM, que por ser los mismos materiales y sistemas que ya fueron tratados en encofrados para columnas, aquí solo observaremos la figura # 210 que representa un encofrado o tarima para losa plana.

Figura # 210

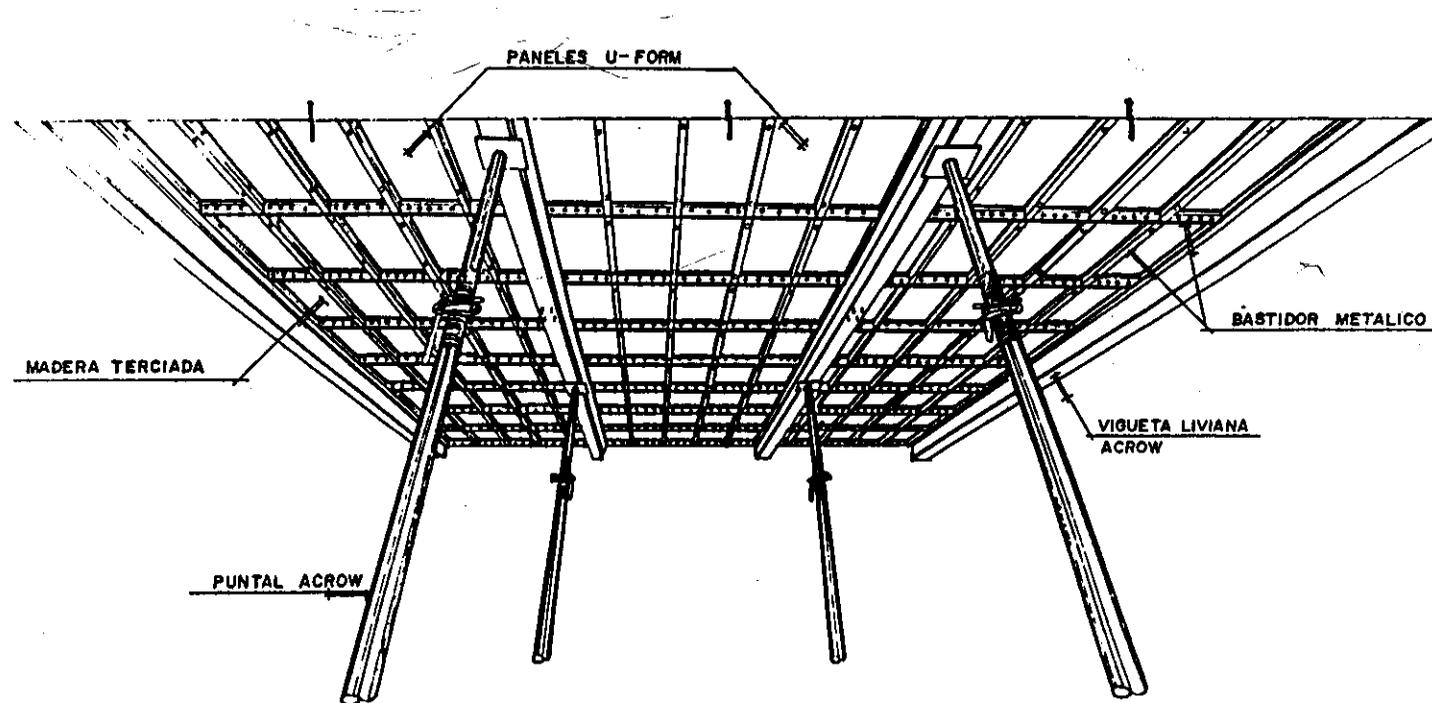


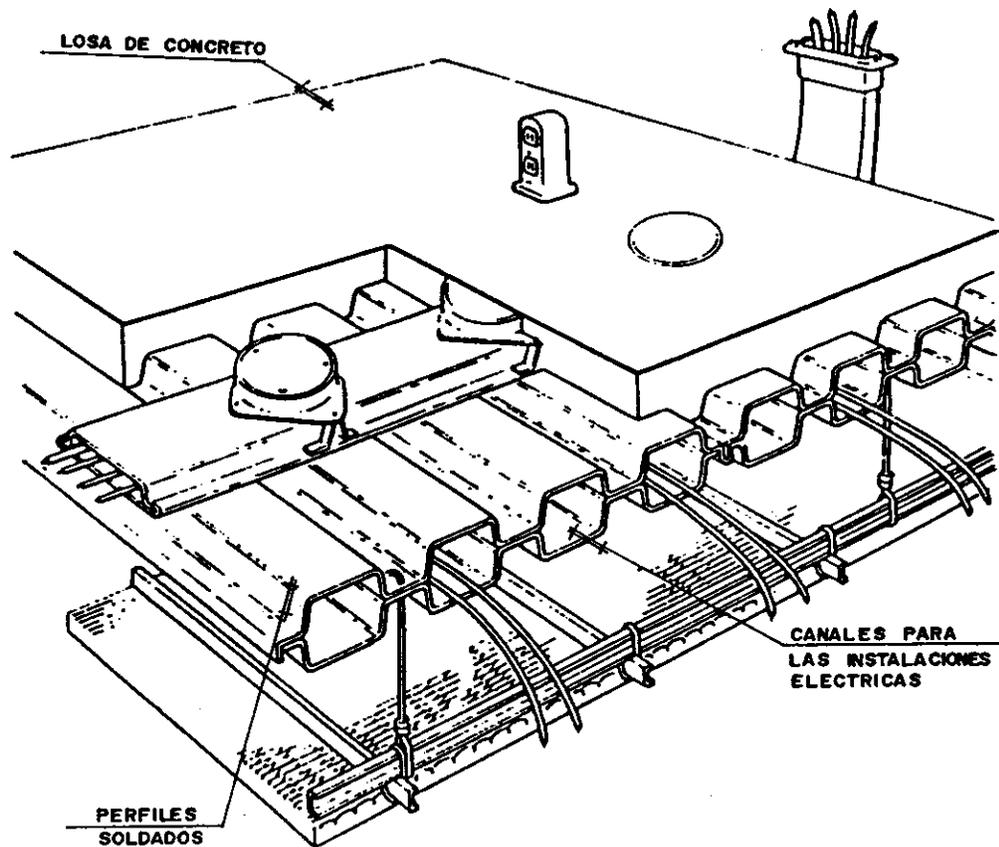
Figura 210. Fuente: Acrow. Op. Cit., p. 64  
Elaboración propia.

ENCOFRADO CON EL SISTEMA  
ACROW U-FORM PARA LOSAS

### 5.3.5.7 Encofrado de moldes celulares metálicos

Los paneles celulares de acero se emplean como encofrados y como elementos resistentes en la construcción de losas. Entre algunas de las ventajas de este sistema, se puede mencionar que son livianos, utilizan pocos puntales, son encofrados convencionales, brindan rapidez en la construcción y poseen muchos canales para emplear en la instalación eléctrica.

Los moldes se fabrican con chapas y perfiles laminados con soldadura eléctrica. Se colocan directamente sobre las vigas metálicas y se sueldan a cada 0.30 m. Ver figura # 211.



ENCOFRADO CON  
MOLDES CELULARES

Figura # 211

5.3.5.8 Encofrado de aluminio con el sistema CON-TECH, para losas

Este encofrado o tarima está constituido por paneles lisos CON-TECH, sostenidos por puntales regulables, vigas, ménsulas de alero, soportes de vigas, separadores, pasadores y cuñas. Este sistema puede aplicarse en losa plana o inclinada. Ver Figura # 212.

Figura # 212

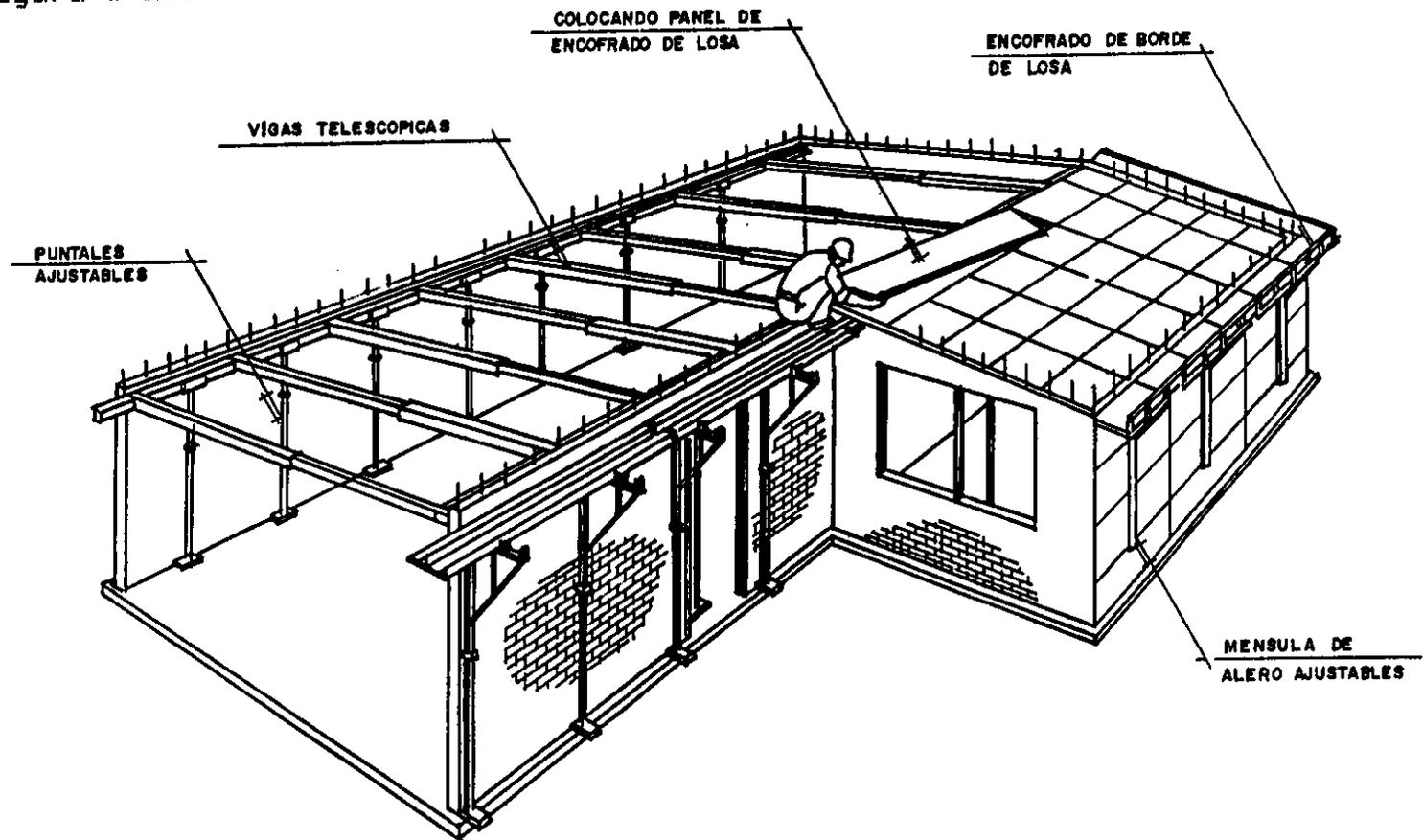


Figura 212. Fuente: International Housing Limited. Op. Cit., p. 6  
Elaboración propia.

ENCOFRADO CON PANELES CON-TECH  
PARA LOSA DE TECHO

La siguiente figura, representa la fundición de una losa plana e inclinada, en la que se utilizó el sistema CON-TECH.

Figura # 213

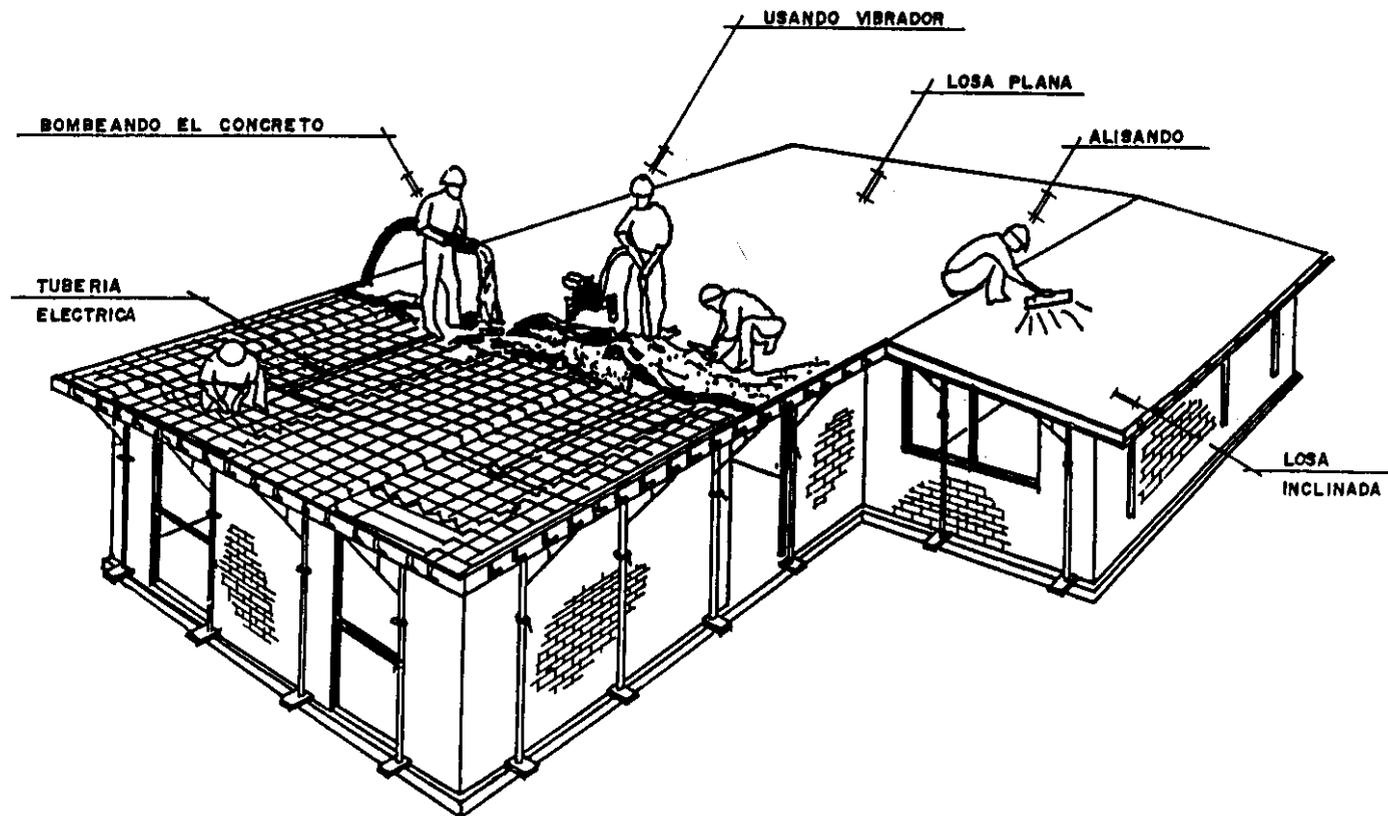


Figura 213. Fuente: Ibid, p. 7  
Elaboración propia.

FUNDICION DE LOSA DE CONCRETO  
CON EL SISTEMA CON-TECH

### 5.3.6 Seguridad durante el encofrado

Al encofrado se le debe considerar como una actividad crítica y delicada dentro de la construcción. Debe tenerse especial cuidado en obras de gran tamaño, por la variedad de elementos, la complejidad del diseño y la altura.

Durante la construcción del encofrado pueden ocurrir accidentes que deben evitarse.

#### Causas de accidentes en la obra

##### 5.3.6.1 Los causados por un diseño equivocado

Estos ocurren cuando no fueron tomadas en cuenta las cargas del encofrado: esfuerzos, presiones y fuerzas que se forman dentro del molde.

Todos los cálculos y detalles deben ser comprobados y de ser necesario, se consultará a un especialista, sobre todo si se utiliza equipo mecánico. En la obra, se deben seguir los pasos de la construcción del encofrado y revisar que se ajuste al diseño y cálculo. Deberán anotarse los cambios que se puedan producir y tomarlos en cuenta al realizar otros proyectos.

##### 5.3.6.2 Los causados por una construcción débil y por mal uso de materiales

Estos pueden suceder cuando los métodos son incorrectos y los materiales deficientes: algunos elementos podrían desplazarse de su lugar; por ejemplo, los puntales mal colocados o un encofrado sometido a un gran esfuerzo.

Se deben estudiar bien los planos, hasta interpretarse correctamente. Al llegar los materiales y el equipo a la obra, se deberán revisar para asegurarse que cumplen con las especificaciones y con los detalles del encofrado.

Nunca deberá utilizarse equipo defectuoso y deberá evitarse el aplicar fuerzas durante el desencofrado, tomándose en cuenta que las cadenas utilizadas no se deformen, para que al ser usadas posteriormente no ofrezcan peligros al trabajador.

Si en el proceso de montaje o fundición se observa alguna deflexión o movimientos imprevistos, se debe informar al ingeniero o arquitecto responsable, para que éste tome las medidas que correspondan, suspendiendo la actividad, de consi

derarse necesario.

**5.3.6.3 Los causados por factores imprevistos**

Los encofrados son diseñados y calculados en gabinete y es allí donde deben preverse la mayor parte de peligros que podrían provocar accidentes, ya que es en la obra donde se presentan muchas actividades extra. ( materiales dispersos al trabajar, herramienta tirada, etc. )

**5.3.6.4 Los causados por una deficiente mano de obra**

La construcción de los encofrados requiere de ingenio, habilidad y tiempo, razón por la que el obrero que la realice, debe poner toda su atención y cuidado, ser diestro y tener experiencia. Sin embargo, todas las personas que trabajen en la obra, deben tener conocimiento del trabajo que se desarrolla y así, todos contribuir para evitar accidentes. Los accidentes pueden darse por mala comunicación entre el diseñador, el supervisor y el trabajador.

Debe evitarse contratar personal no calificado, para que cada uno asuma su responsabilidad y no sea un riesgo para otro compañero de trabajo. En los proyectos grandes, las actividades deberán realizarse por cuadrillas con un responsable de grupo, y cada uno conocerá el trabajo que le ha sido asignado.

**5.3.6.5 Responsabilidades y derechos del ejecutor**

**Entre las responsabilidades podemos mencionar:**

- Proporcionar un lugar donde se pueda trabajar con seguridad.
- Proporcionar métodos seguros durante la construcción del proyecto.
- Proporcionar elementos, accesorios y herramienta adecuada, para ejecutar con seguridad el trabajo.

**Entre los derechos están:**

- Contratar personal calificado.
- Contratar personal responsable.
- Contratar personal disciplinado y cuidadoso.

En el caso de los encofrados, por ser parte de la obra falsa, el carácter temporal, generalmente tiende a una construcción deficiente, buscando la economía en material y mano de obra.

Por otra parte, aunque se diseñen los encofrados

existen factores en la obra que pueden cambiar y afectar el diseño original; también los cambios de clima pueden influir en el encofrado y desencofrado. No debe olvidarse que por ahorrar tiempo en la ejecución de un proyecto, se exige un rendimiento mayor, y esto aumenta las probabilidades de riesgo y peligro a los trabajadores, debido a que por el corto tiempo y la presión de entrega, el supervisor, muchas veces, olvida factores importantísimos como el acceso a los andamios por medio de escaleras y la colocación de sus barandas de seguridad.

Los trabajadores que están absortos en su trabajo, son los más propensos a accidentes. Contribuyen a éstos, el ruido del exterior y el constante movimiento en la obra.

#### **5.3.6.6 Construcción del encofrado**

Ya en la práctica, nos damos cuenta de la cantidad de accidentes que suceden por falta de precaución y por las malas condiciones en que se trabaja.

#### **5.3.6.7 Responsabilidades del diseñador de encofrados**

Normalmente el diseñador participa en todas las etapas de construcción de la obra, por lo que deben tomarse en cuenta las condiciones de seguridad. El diseñador que trabaja sólo en gabinete, no podrá nunca prever ni dar soluciones a problemas que se presentan en la obra. Todos los diseños deben ser realizados con medidas de seguridad para evitar peligros y accidentes.

#### **5.3.6.8 Responsabilidad del supervisor**

Para supervisar con eficiencia, se debe conocer ampliamente el sistema constructivo y la tecnología del encofrado por trabajar, y comprender los objetivos del diseñador para poder dar las instrucciones necesarias. Dentro de las actividades del supervisor se menciona el coordinar a los trabajadores, dirigir y revisar que los encofrados se realicen de acuerdo con los planos y controlar el buen estado del encofrado.

Es fundamental que el supervisor de la obra, revise continuamente los encofrados antes de una fundición, y en el caso de encontrar algún problema, suspenda la actividad programada hasta que técnicamente cumpla con los requisitos con que fueron diseñados, aunque esta decisión aumen

te los costos por atraso en tiempo, ya que temporalmente brinda seguridad a los trabajadores y finalmente, a quienes habitarán el proyecto terminado.

**5.3.6.9 Algunas causas conocidas que provocan accidentes**  
Una de las causas más comunes de los accidentes es la caída de un andamio. La falta de precaución del trabajador al depositar materiales o la falta de seguridad en un andamio, provoca la caída del mismo.

Los clavos, anclajes o piezas salientes de los encofrados, al igual que el acero de refuerzo que sale de un elemento de concreto, son también un peligro constante.

Otra causa es el cálculo inadecuado del peso que tendrá una losa cuando se está fundiendo lo cual puede provocar que ésta se caiga.

El desencofrado no debe realizarse violentamente porque además del daño estructural ocasionado por el golpe, se pueden provocar problemas al trabajador y al público en general.

Un viento fuerte puede ocasionar daño a encofrados temporalmente apuntalados; un muro de carga encofrado, podría voltearse y desplazarse un poco; una grúa que esté transportando materiales podrá golpear a alguna persona u otra edificación. Los encofrados no deben apuntalarse parcialmente y el desencofrado de un elemento, debe hacerse completo, ya que de no hacerse así, podría caerse por partes y provocar accidentes.

Los puntales desplomados, mal apoyados y poco embreizados, pueden provocar accidentes de no revisarse antes de la colocación del concreto.



## 6.1 Generalidades

Las cimbras se utilizan en la mayoría de obras de construcción y reconstrucción. Son armazones de madera o ladrillo, de uso provisional, que sostienen los elementos que han de formar los arcos o las bóvedas durante su construcción. Su forma y estructura estará en función del peso que soporte y las luces que cubra.

En las cimbras, se consideran dos zonas distintas:

- la inferior, formada por elementos de mayores secciones que forman la armazón resistente.
- la superior, con superficie convexa que corresponde con el intrados del arco o bóveda que se quiere cerrar.

Si la armazón se hace de madera, las uniones deberán hacerse con espigas y cajas, aunque presentan el problema de debilitar sus elementos y representa un trabajo entretenido y costoso.

Es más económico y práctico superponer las piezas en sus nudos o empalmes, colocando chapas metálicas en las dos caras de la madera, unidas entre sí y sujetándola con tornillos y tuercas.

Las cimbras para los arcos, están formadas por dos travesaños, dos cerchas y el entablado, todo, en una pieza que se montará sobre cuatro puntales colocados con dos soleras o montantes

Entre los travesaños y las soleras irán cuatro juegos de cuñas.

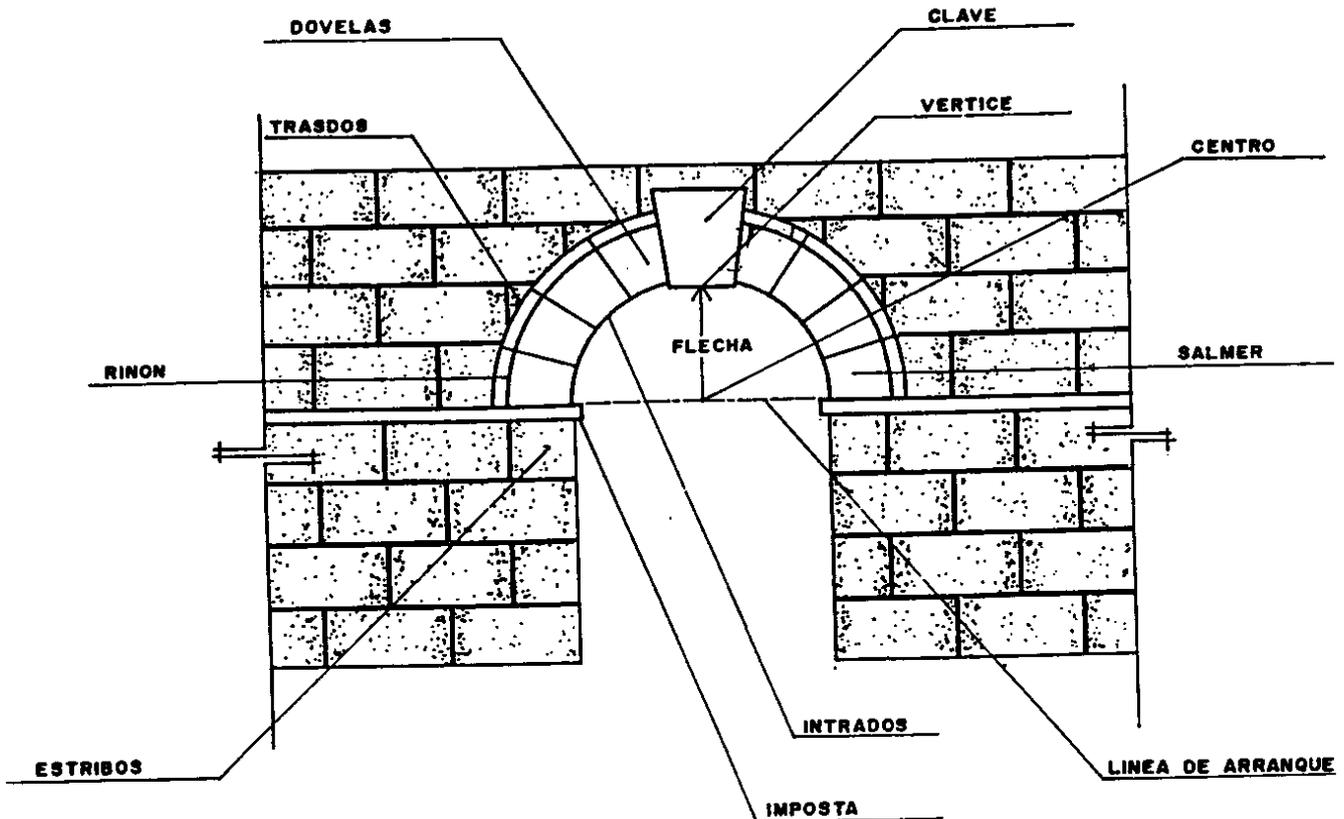
### Arco

Es una porción de línea curva.

Es una forma de curva, de las que se construyen diversas formas, siendo las principales: de medio punto, carpanel, escarzano, árabes elíptico, angular, de lanceta, trebolado, ojival, conopial, por tranquil, etc.

A continuación se muestra una figura con las partes principales de un arco.

### ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN ARCO

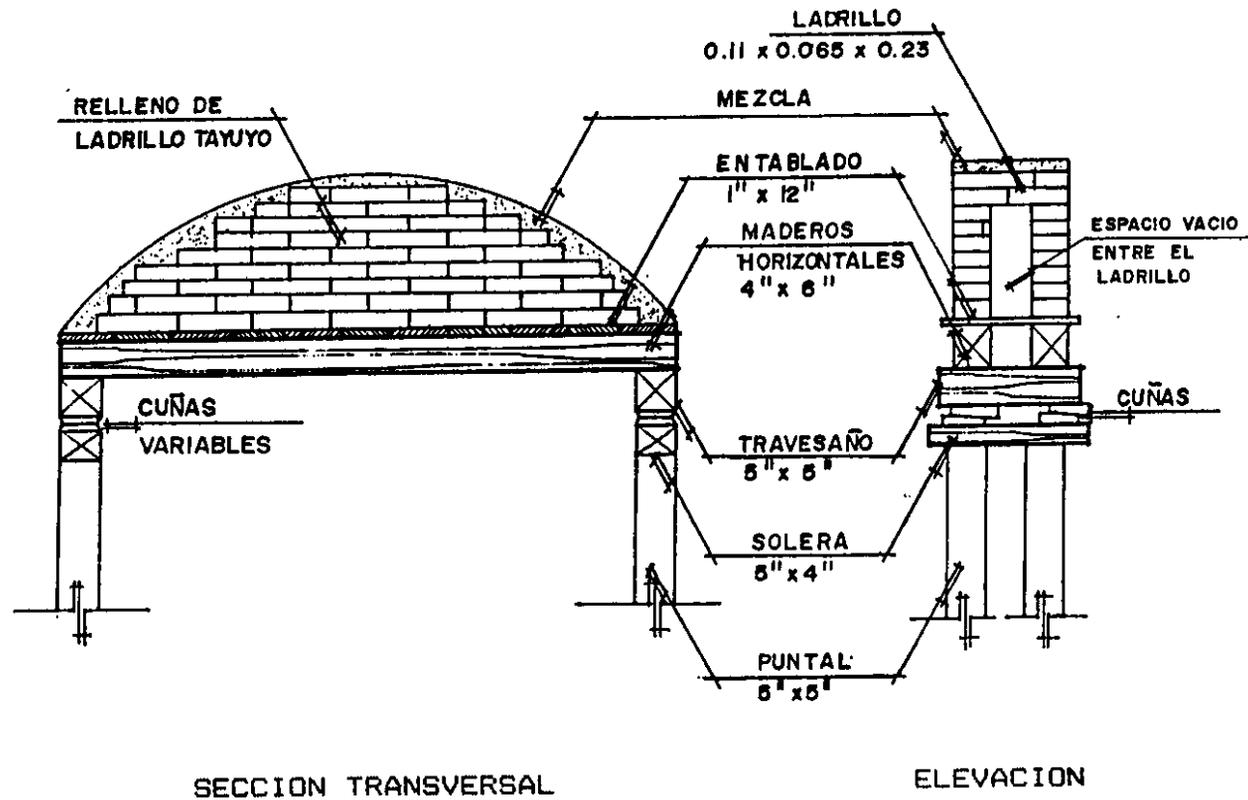


## 6.2 Cimbras

La cimbra más rápida y sencilla de construir para arcos rebajados y de poca luz, está compuesta de cuatro puntales, dos a cada lado, dos soleras que coronan, cada una, a dos de los puntales y entre éstas y los travesaños, las cuñas, como se muestra en la figura # 214.

La luz libre a cubrir en el arco, se cerrará con dos maderos horizontales, clavados por los extremos a los travesaños.

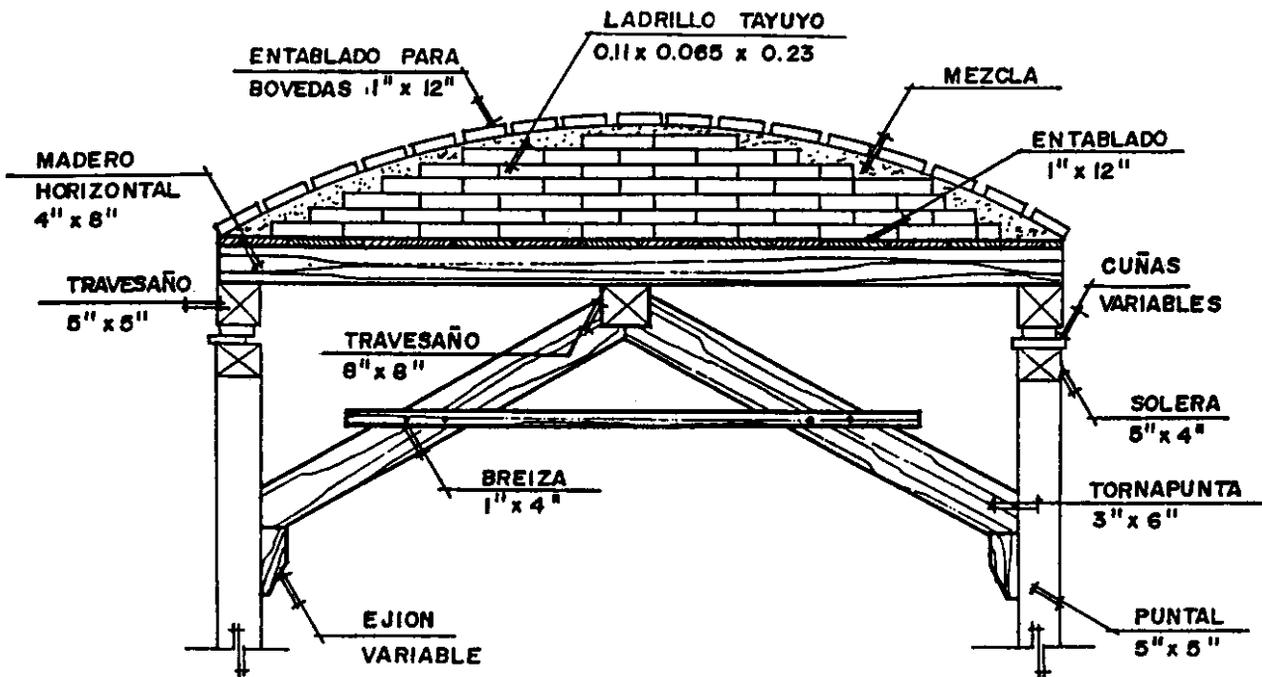
Sobre los maderos se levantará una pequeña pared de ladrillo y mezcla floja con la superficie escalonada, para ser rellenas estas gradas con mezcla y así formar la superficie lisa y con la curvatura deseada del intrados.



CIMBRA DE LADRILLO Y  
MADERA PARA ARCO

Figura 214. Fuente: López Collado, Gabriel. Op. Cit., p. 102  
Elaboración propia.

Si la cimbra de ladrillo y madera para arco, se quiere emplear para un arco de mayor luz, se reforzará con un travesaño a la mitad del arco, en la parte inferior de los maderos, y dos parejas de tornapuntas entre éste y los ejiones colocados en los puntales, colocando una breiza por cada dos tornapuntas. Ver figura # 215.



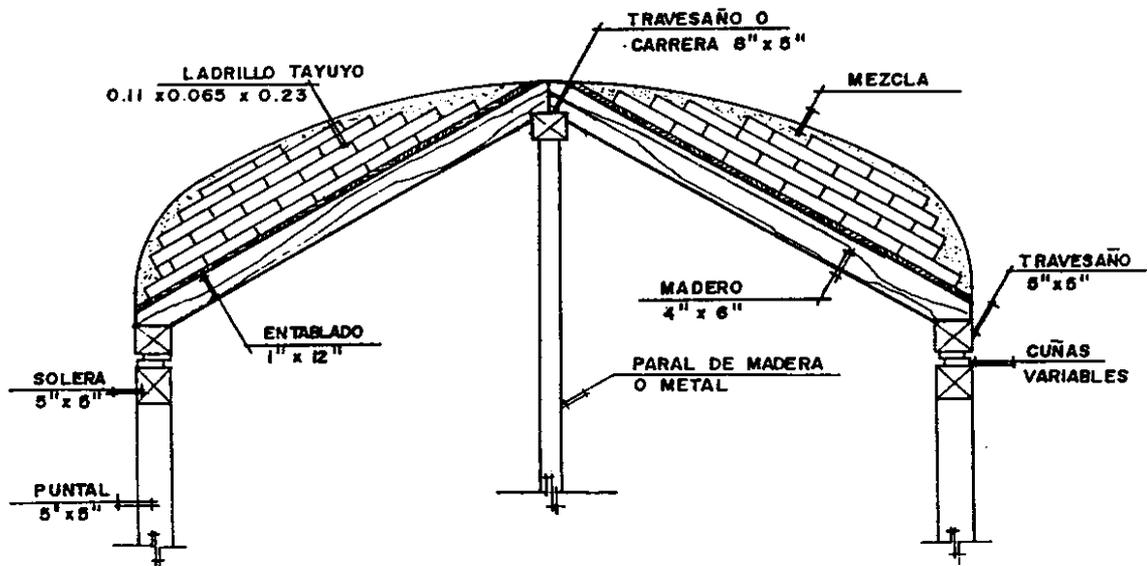
CIMBRA DE LADRILLO Y MADERA PARA ARCO

Figura # 215

Figura 215. Fuente: Ibid, p. 102  
Elaboración propia.

Si el arco es ancho, de montea grande, se debe colocar un puntal al centro, levantado de ladrillo y mezcla floja para poder sostenerlo, sobre el que se colocará un travesaño, y se seguirá el mismo procedimiento empleado en la figura # 214. Ver figura # 216.

Si son bóvedas, los puntales se colocarán separados uno de otro, de 1.50 a 2.00 m. de luz, y el travesaño superior y los dos inferiores se sustituirán por carreras seguidas.



CIMBRA DE LADRILLO Y MADERA PARA ARCO

Figura # 216

Figura 216. Fuente: Ibid, p. 102  
Elaboración propia.

En la figura # 217, puede observarse la cimbra más sencilla para bóvedas y arcos escarzanos de poca flecha, construida solo con madera.

Para los arcos, estará compuesta por dos cerchas formadas por un tirante y un camón de tabloncillo, los que se unen por su parte inferior con dos travesaños y con las tablas, sobre las que descansa el intradós de las bóvedas, por su parte superior.

Figura 217

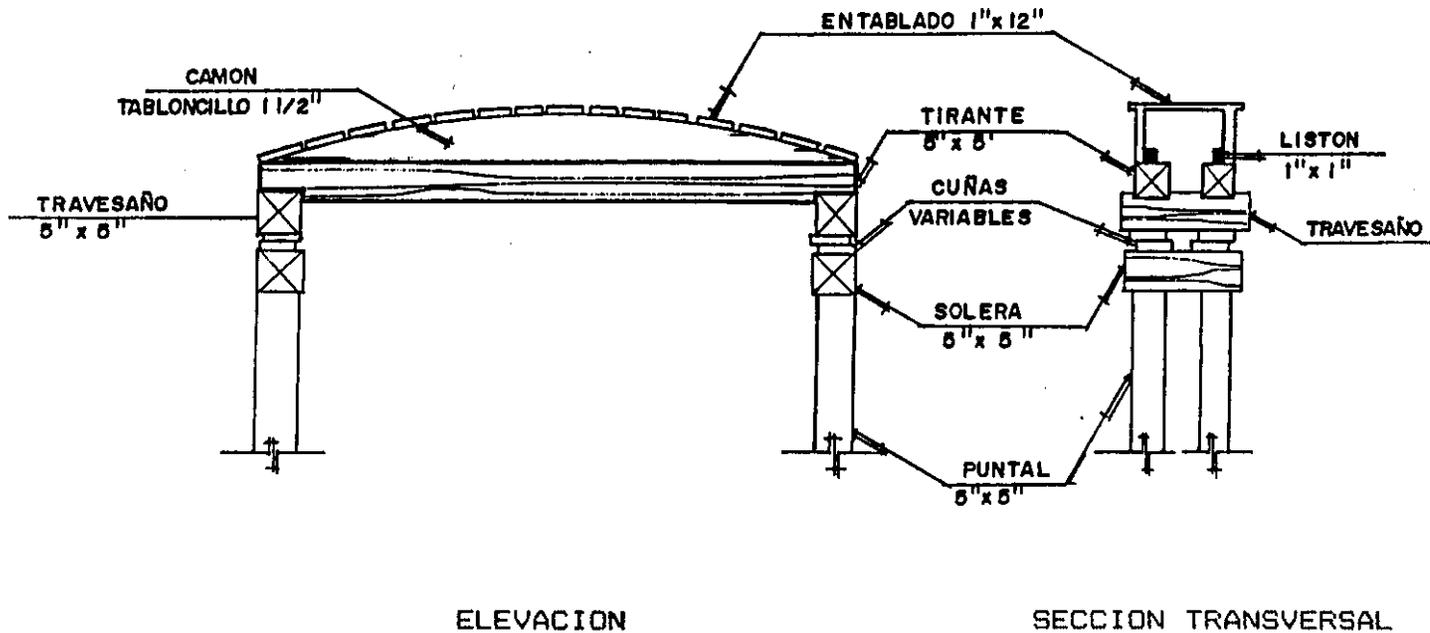


Figura 217. Fuente: Ibid, p. 104  
Elaboración propia.

CIMBRA DE MADERA PARA ARCO

Otra cimbra sencilla para arcos de poca luz y que está compuesta únicamente de dos plantillas con tablas unidas por breizas que están entabladas por la parte superior y se unen con los dos travesaños en los extremos inferiores, es la que se muestra en la figura # 218. Está montada sobre los puntales y las cuñas.

A estas cimbras, se les conoce también como Tambores o Galápagos.

### CIMBRA DE MADERA PARA ARCO

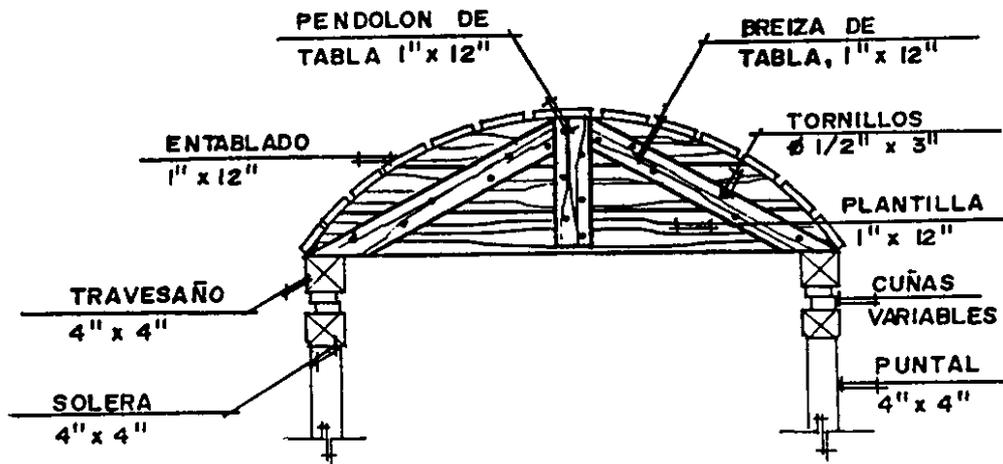
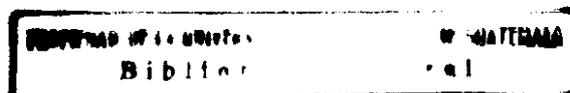


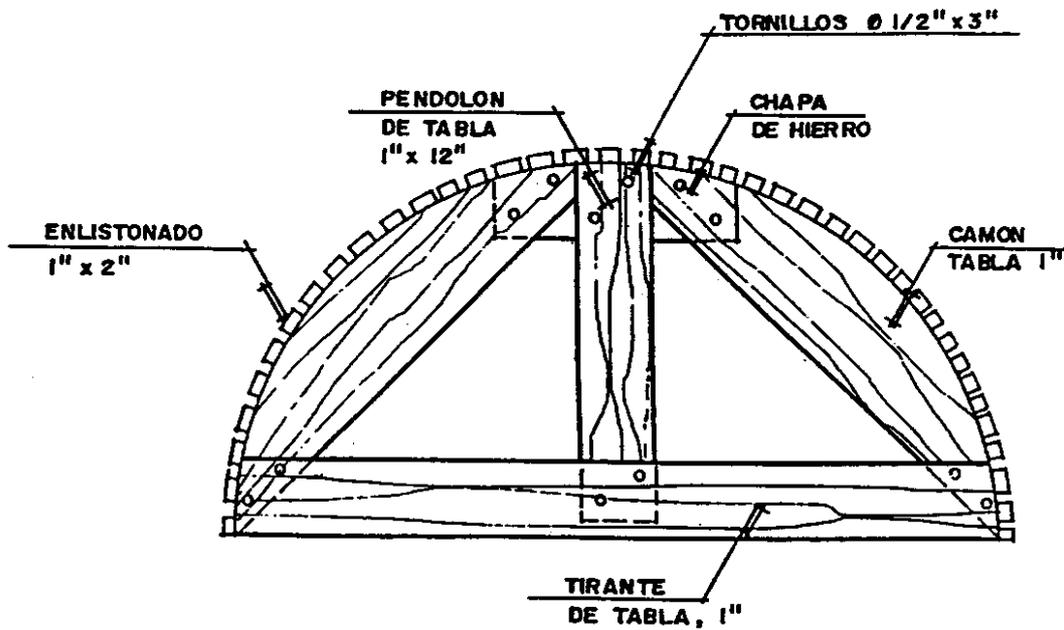
Figura # 218

Figura 218. Fuente: Ibid, p. 104  
Elaboración propia.



Cimbras como las de la figura # 219, se utilizan para arcos pequeños de puertas y ventanas. Todas sus piezas son de tablas o tabloncillo.

Están compuestas de un tirante, un pendolón y dos camones, los que se unen por la parte superior con listones de 3 x 3 cm. y con una separación de 2 cm.

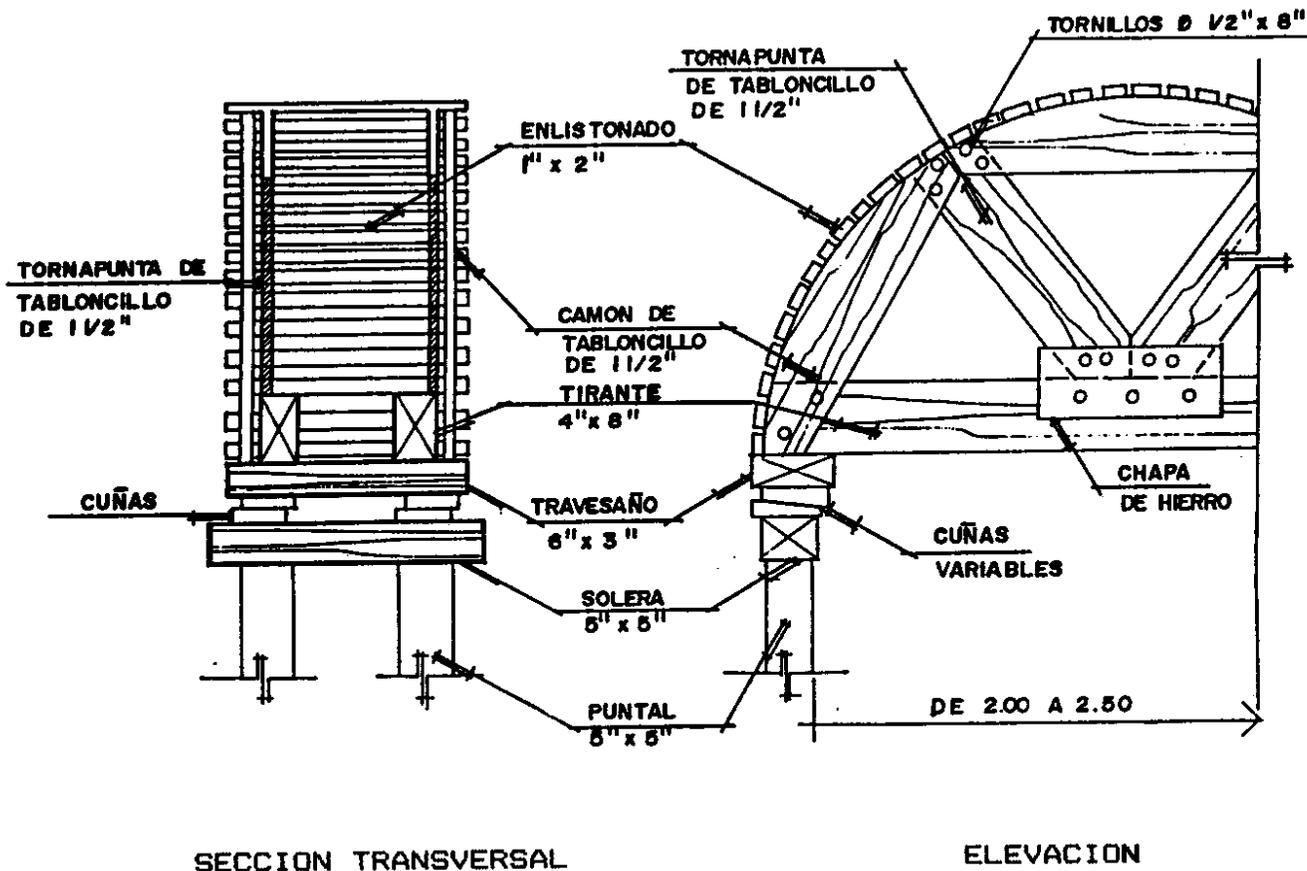


CIMBRA DE MADERA PARA ARCO

Figura # 219

Figura 219. Fuente: *Ibid.*, p. 04  
Elaboración propia.

Cimbras empleadas para arcos de 2.00 m. a 2.50 m.  
En la figura # 220, la cimbra está formada por dos cerchas unidas entre sí por dos travesaños y el enlistonado. Cada camón está compuesto por un tablancillo y la cercha, por el tirante rectangular, dos tornapuntas de tablancillo a tope y unidos a él con dos chapas de hierro y tornillos pasantes y tres camones clavados por tabla al tirante y a las tornapuntas.



CIMBRA DE MADERA PARA ARCO

Figura # 220

Figura 220. Fuente: Ibid, p. 104  
Elaboración propia.

En la figura # 221, la cimbra está formada por dos cerchas, con puestas, cada una de ellas, por un tirante, un pendolón y camones dobles, unos a tope con el tirante y pendolón y otros cruzados por detrás de ellos, unidos todos, con clavos entre sí.

Figura # 221

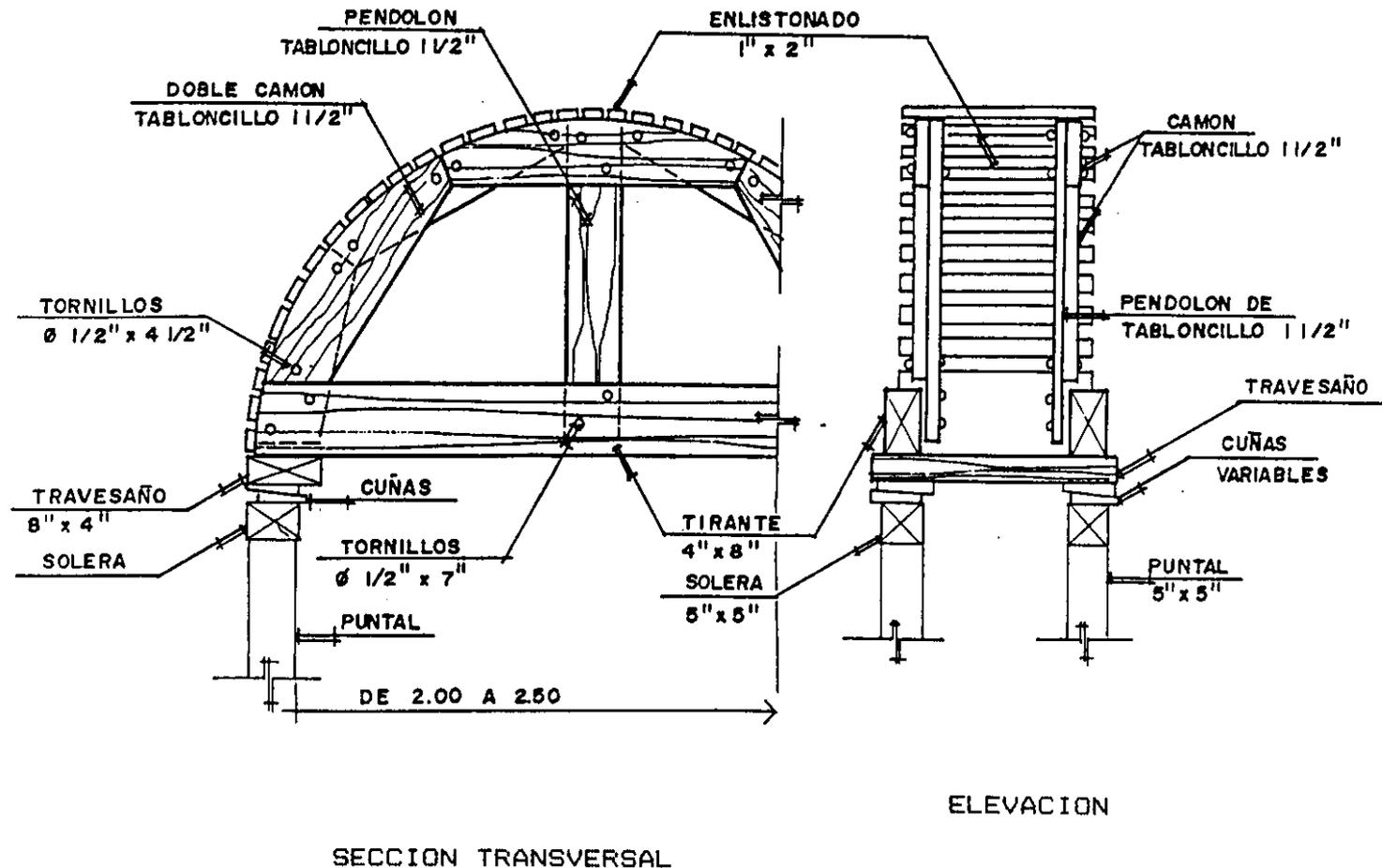
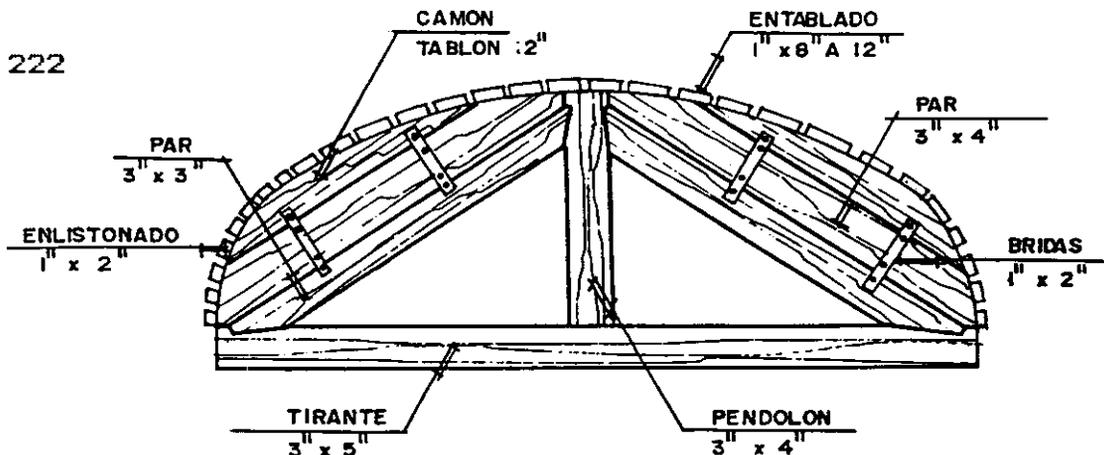


Figura 221. Fuente: Ibid, p. 106  
Elaboración propia.

CIMBRA DE MADERA PARA ARCO

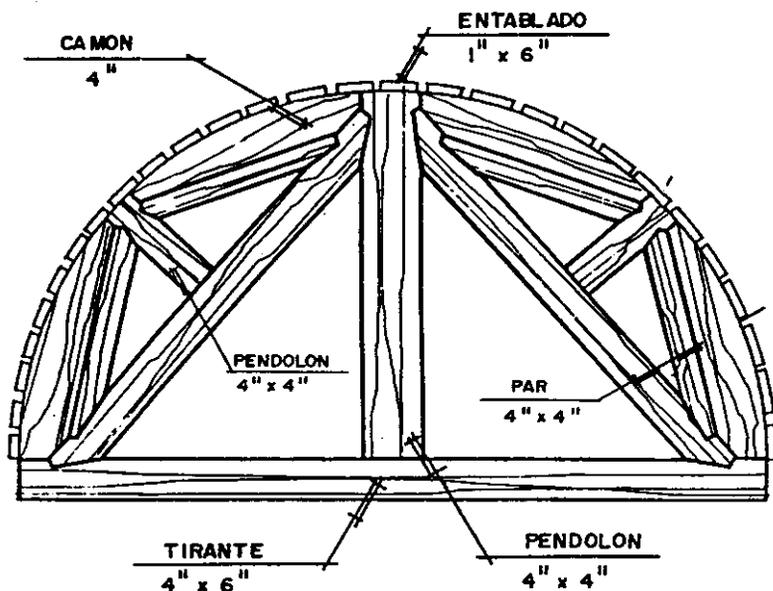
Otra cimbra de madera, que se utiliza para arcos de tres centros o carpanel. Cada cercha se forma con un tirante, un pendolón, dos pares y dos camones, unidas, como todas, por dos travesaños, enlistonado y entablado.

Figura # 222



CIMBRA DE MADERA PARA ARCO

Figura # 223



CIMBRA DE MADERA PARA ARCO Y BOVEDA

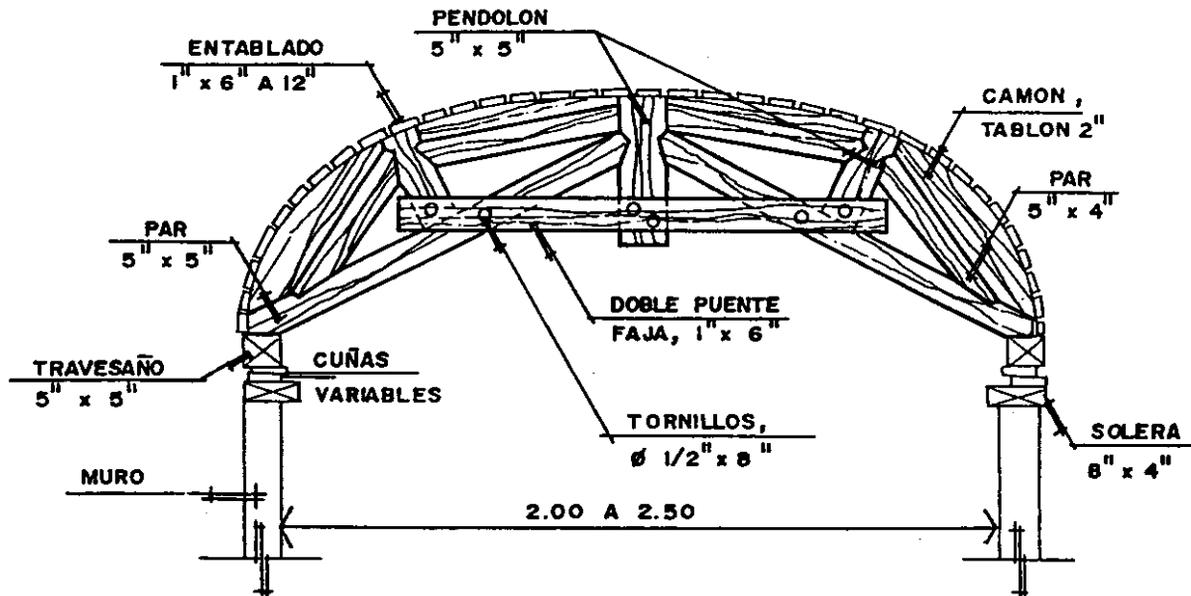
Cuando la separación entre el arco y los pares es pequeña, los camones se pueden sentar directamente sobre los pares, pero de lo contrario se realizan otros dos nuevos pares con su pendolón, sobre cada uno de ellos, como se muestra en la figura # 223. Para bóvedas, estas cerchas se separan entre 1.50 y 2.00 m y se usan solo para arcos o bóvedas de 6.00 a 7.00 m de largo en su tirante

Figura 222,223. Fuente: Ibid, p. 106  
Elaboración propia.

Para luces mayores, se utilizan tirantes empalmados o cimbras sin tirantes, que se conocen como recogidas y se subdividen en cimbras con puente o sin él.

La cimbra de la figura # 224, muestra la más sencilla para bóvedas de 7.00 a 10.00 m. de luz, compuesta de grandes pares y pendolón. Abraza, al conjunto, el puente compuesto de dos piezas que aprisionan por medio de tornillos pasantes, todos los elementos.

Figura # 224



CIMBRA DE MADERA PARA BOVEDA

Figura 224. Fuente: Ibid, p. 108  
Elaboración propia.

Cuando se tienen luces de 9.00 a 10.00 m. y se utilizan cimbras para arcos con gran montea, se recomienda reforzar los pares principales, (contrapar), colocando la pieza horizontal, que se conoce como puente.

Ver figura # 225.

Figura # 225

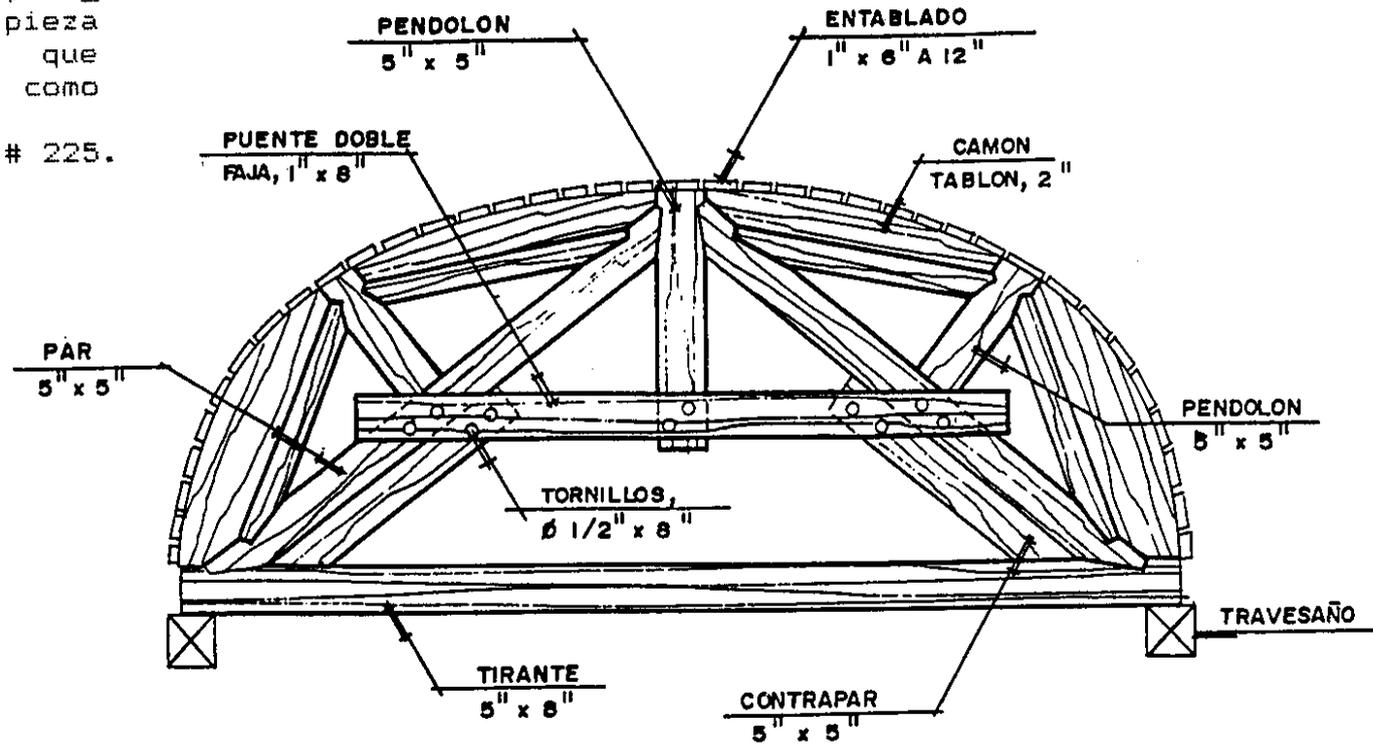


Figura 225. Fuente: Ibid, p. 108  
Elaboración propia.

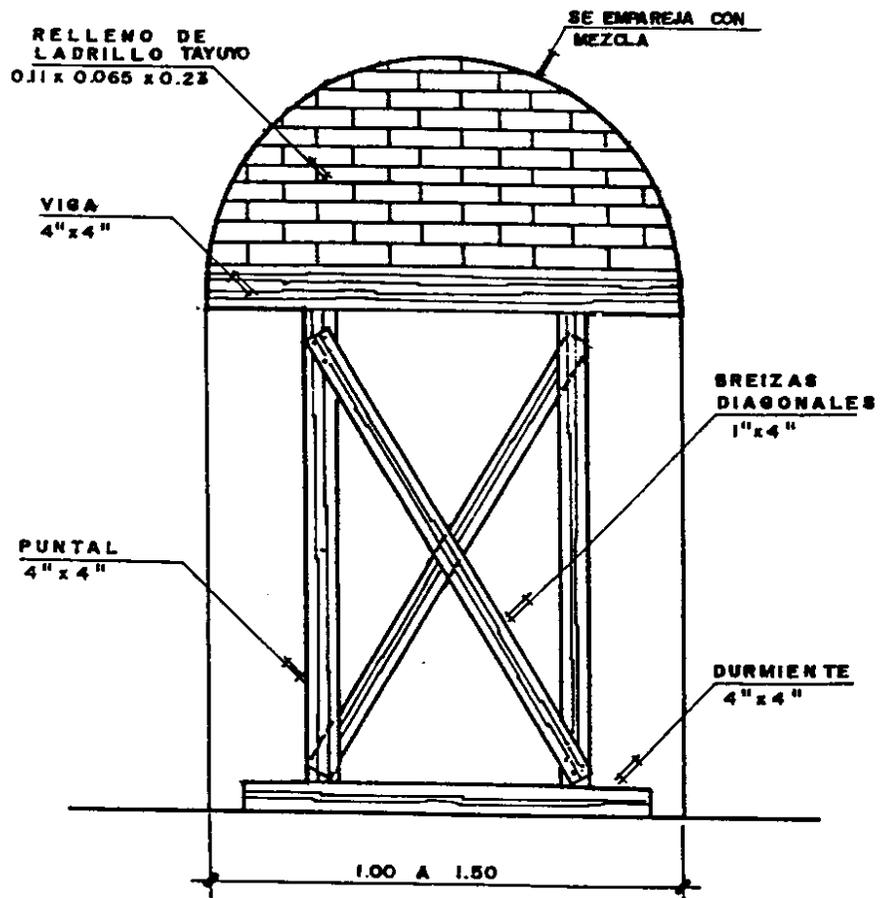
CIMBRA DE MADERA PARA ARCO

### 6.3 Variedad de cimbras

Entre la extensa variedad de cimbras, a continuación mencionaremos algunos ejemplos.

La figura # 226 representa una cimbra sencilla y fácil de utilizar. Es una cimbra donde el apuntalamiento o sostén es de madera, al igual que la viga o tirante que sostiene el relleno de la drillos. Esta la trabaja fácilmente un buen albañil, ya que no se necesita para su construcción, un carpintero especializado.

La cimbra de la drillo es la más común en nuestro medio, porque se rellena el vano con ladrillo o block, materiales fundamentales en la construcción. Se pueden emplear en pedazos o enteros y se colocan y emparejan con mezcla, para que sea fácil trabajar y botar. Se pueden apuntalar con madera o metal.

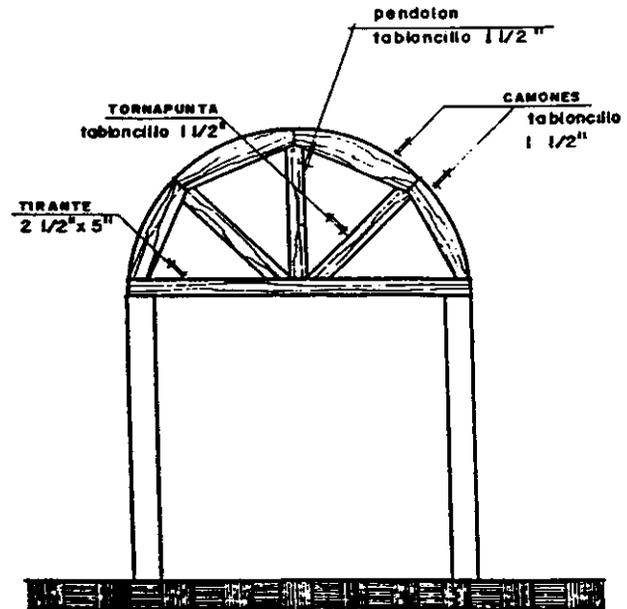


CIMBRA DE LADRILLO.

Figura # 226

Figura 226. Fuente: Experiencia propia.  
Elaboración propia.

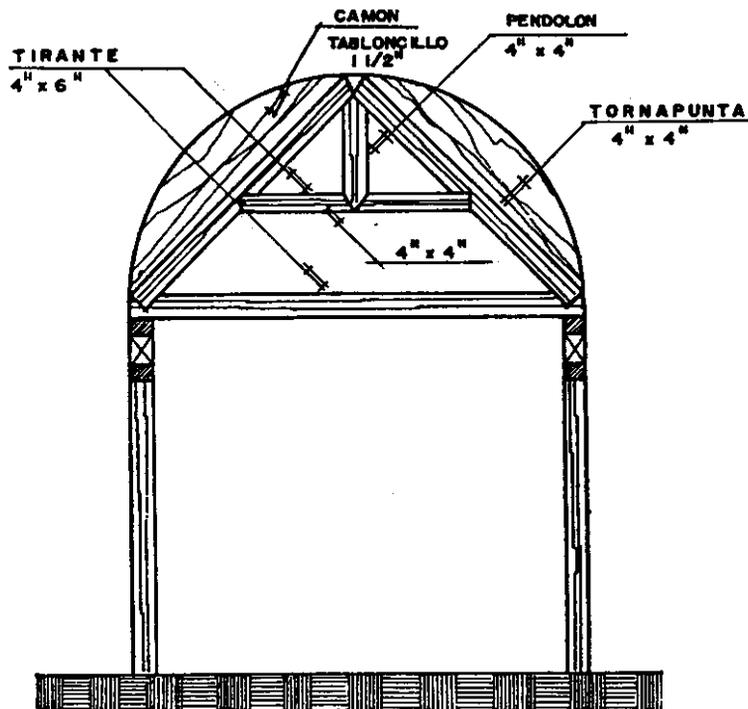
Figura # 227



CIMBRA DE MADERA PARA ARCO

En la figura # 227, se observa una cimbra de madera, con sus elementos principales. A pesar de que es de madera, puede trabajarla un buen albañil, sólo con el cuidado necesario y respetando las medidas establecidas en el diseño. Su construcción es fácil y rápida.

Figura # 228



CIMBRA DE MADERA PARA ARCO

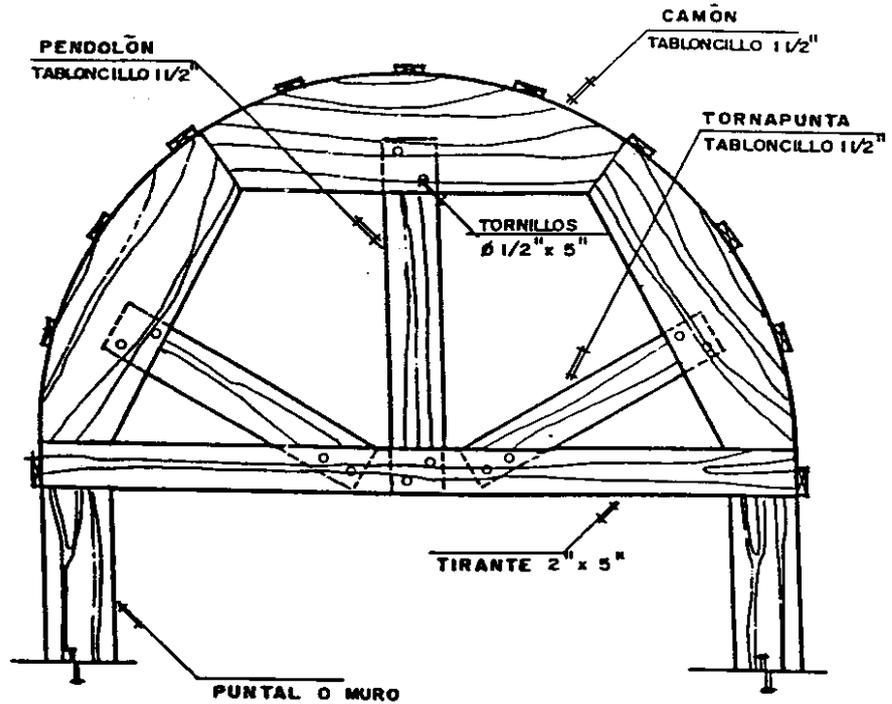
Los ejemplos siguientes corresponden a cimbras de madera, donde interviene la participación de un carpintero especializado.

La cimbra de la figura # 228, dentro de las de madera, es un poco más complicada porque emplea ensamblajes sencillos.

Figura 227. Fuente: Griñan, José. Op. Cit., p. 163  
Elaboración propia.

Figura 228. Fuente: Ibid, p. 164  
Elaboración propia.

Figura # 229

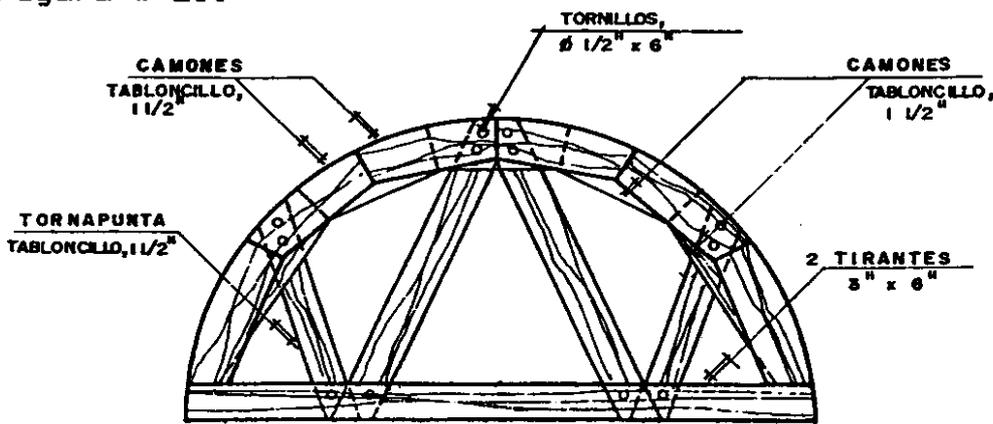


La cimbra de la figura # 229, es más común y un poco más difícil de trabajar. Las piezas deben ser bien medidas y quedar aseguradas con clavos que las traspasen.

CIMBRA DE MADERA  
PARA BOVEDA DE MEDIO PUNTO

En la cimbra de la figura # 230, se observan los elementos principales. Se complica cada vez más, la construcción de la misma.

Figura # 230



El carpintero deberá ser muy exacto al tomar sus medidas, para que las piezas cacen perfectamente, ya que en este caso lleva doble camón y en medio, torna puntas, que descansan en el tirante.

CIMBRA DE MADERA PARA ARCO

Figura 229. Fuente: Universidad La Salle. Op. Cit., p. 45  
Elaboración propia.

Figura 230. Fuente: Griñan, José. Op. Cit., p. 172  
Elaboración propia.

La figura # 231 es una combinación de cimbra con andamio, construida por un tablero y los elementos estructurales necesarios para su sustentación.

En su construcción intervienen carpinteros, albañiles y ayudantes, debido a la altura y variedad de las piezas.

Su construcción representa mucho trabajo y toda la estructura debe de estar debidamente embreizada, diagonal y horizontalmente. Los largueros, deben estar rigidamente unidos a los puntales por medio de cachetes bien clavados.

Los camones deben traslaparse 0.30 m. sobre los puntales. Los puntales apoyados sobre los durmientes llevan cuñas para los ajustes de altura, antes de colocar las tornapuntas, para que al final se coloque la cimbra.

CIMBRA DE MADERA  
PARA CUBIERTA CIRCULAR

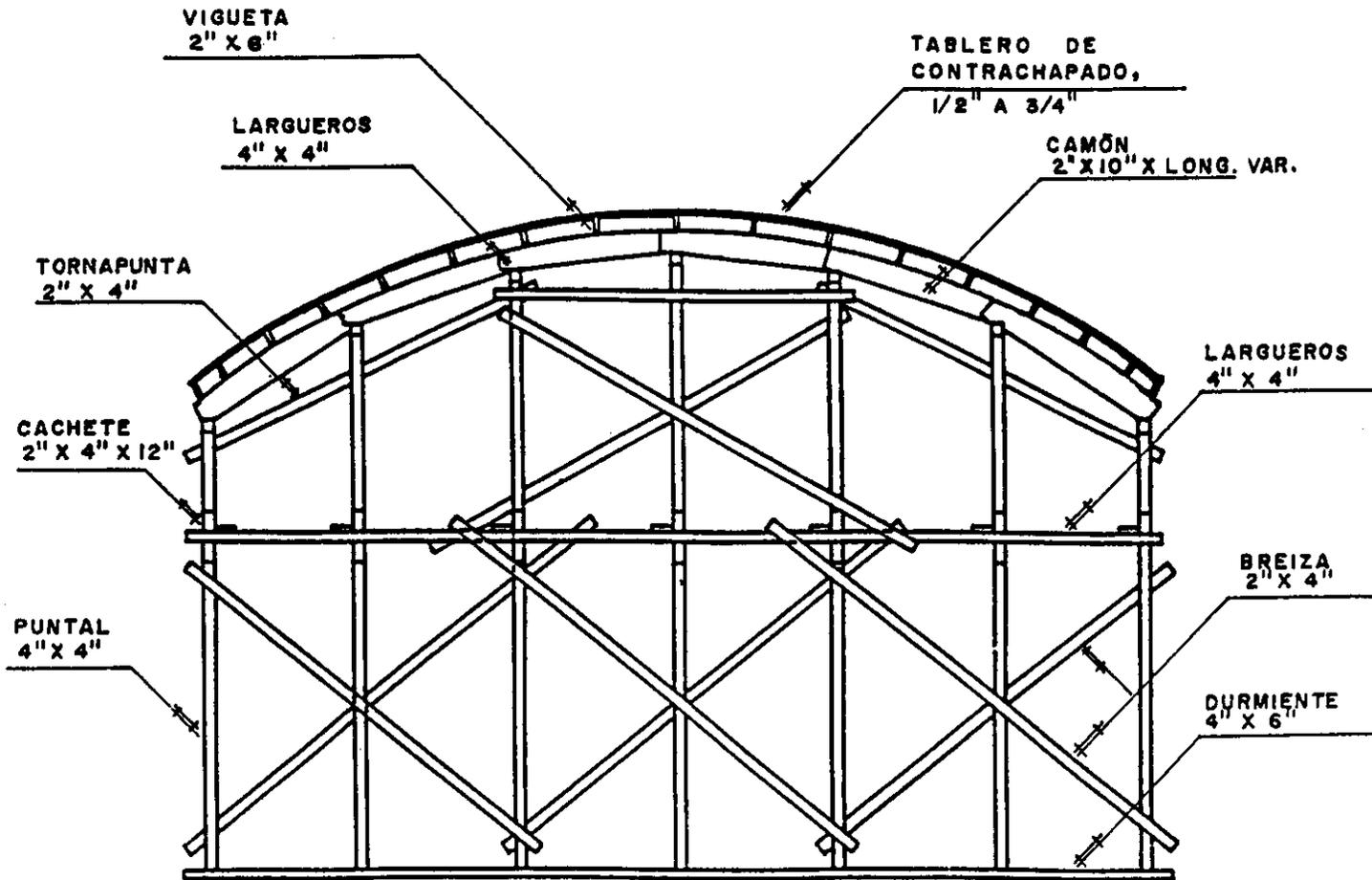
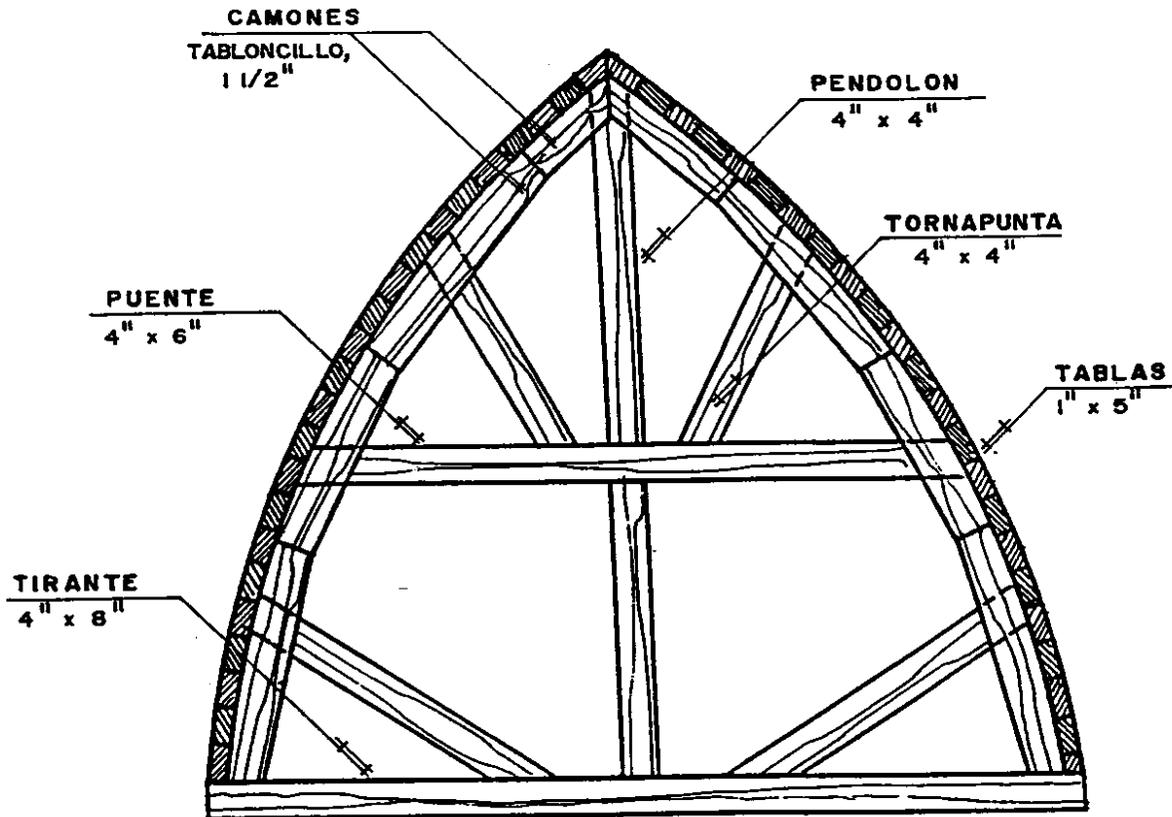


Figura 231. Fuente: Peurifoy, R.L. Op. Cit., p. 289  
Elaboración propia.

Figura # 231

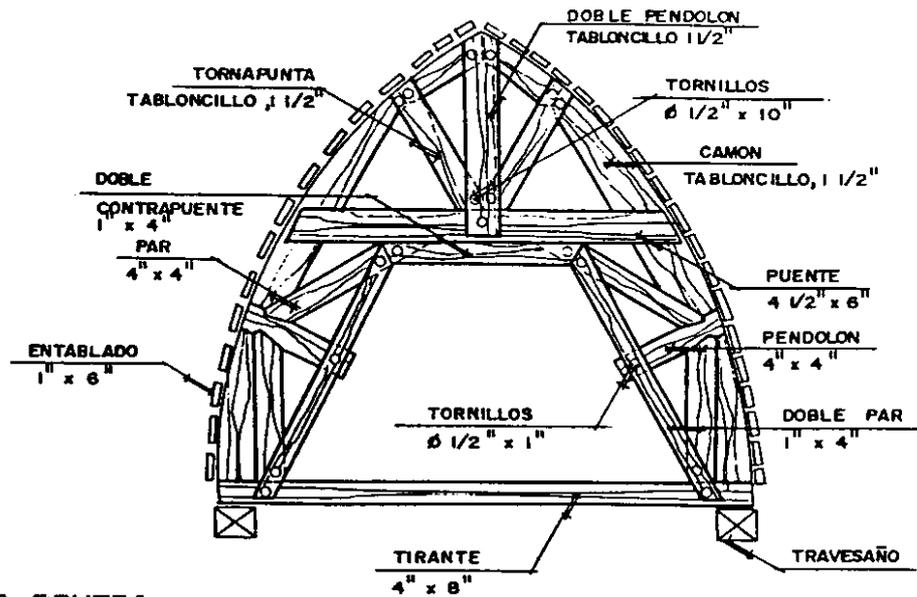


CIMBRA DE MADERA  
PARA BOVEDA

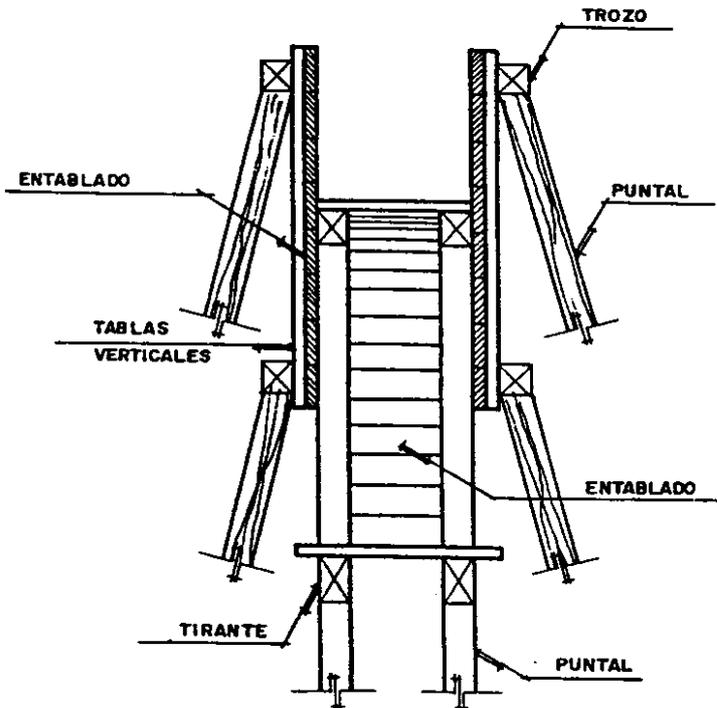
En la construcción de la cimbra de la figura # 232, se dan dos etapas muy similares, ya que el tirante de la parte inferior se coloca a media altura con el nombre de puente, utilizando los mismos elementos en ambas fases, además de los camones que son los que realmente le dan forma a la cimbra.

En la figura # 233, la cimbra es mucho más compleja y se observa la impresionante participación del carpintero especializado, en una construcción de muchos elementos independientes y compuestos que dan una buena sustentación a la cimbra. Para dar mayor seguridad, se emplean tornillos en las uniones.

Figura # 233



CIMBRA DE MADERA PARA BOVEDA



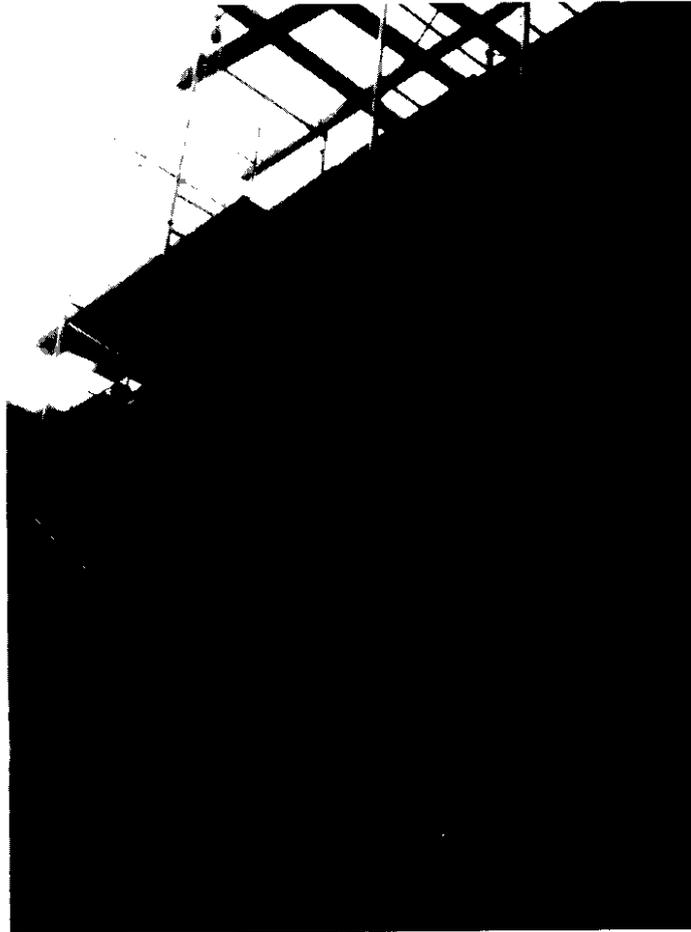
El arco, comunmente tiene el ancho del muro en que se construye, por lo que se colocan dos cimbras paralelas adosadas a los paramentos, y sobre las mismas se clavan las tablas del encofrado del intradós, con una longitud igual al grueso del muro. Ver figura # 234.

DETALLE DE DOS CIMBRAS PARALELAS

Figura # 234

Figura 233. Fuente: López Collado, Gabriel. Op. Cit., p. 110  
Elaboración propia.

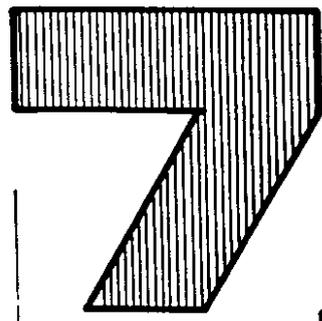
Figura 234. Fuente: Griñan, José. Op. Cit., p. 164  
Elaboración propia.



Esta fotografía muestra algunos aspectos mencionados en capítulos anteriores. Se ven andamios metálicos (torres), una polea para su bir materiales y, principalmente, la cimbra de block, sostenida por tablonés que van soportados por puntales de madera.

Entre la cimbra de block y el intradós, hay un relleno de pedazos de ladrillo.

Esta cimbra está siendo utilizada en la restauración de un arco de ladrillo.



# Entibaciones

## 7.1 Generalidades

Las entibaciones se utilizan en la apertura de zanjas, pozos galerías, túneles y en general en todas las excavaciones en donde las paredes son inestables e inseguras. Los desprendimientos de la tierra suelen ocurrir en suelos blandos o suelos con presencia de agua. La única forma natural de evitar estos desprendimientos sería efectuando cortes con taludes convenientes, pero que sin duda son antieconómicos y en muchos casos inoperantes. En consecuencia, debe utilizarse un revestimiento provisional que evite los desprendimientos del suelo y que garantice la seguridad de los obreros mientras duren los trabajos de excavación. A esto se le conoce como entibación.

### 7.1.1 Algunas consideraciones

Las zanjas se realizan por medio de explanaciones sucesivas de capas de 0.40 m. de profundidad.

Cuando se trabaja en una zanja profunda, para evitar los derrumbes, riesgos de accidentes y disminuir el volumen de excavación, es necesario apuntalar las tierras para afianzarlas.

La inclinación de los taludes naturales, en un terreno dado, puede estar determinado por factores exteriores como la infiltración de agua, entre más profunda sea la zanja, o si el agua proviene de la lluvia, el efecto de las vibraciones ocasionadas por equipos mecánicos y las cargas situadas cerca de la excavación.

Antes de comenzar a excavar las zanjas donde se va a construir un edificio, deben examinarse con cuidado los factores mencionados.

También se tendrán en cuenta las pendientes máximas de los taludes como se indica en las figuras # 235, # 236 y # 237

Pendientes máximas de los taludes, admitidas en tres tipos de terrenos:

- A - Terrenos desmoronables
- B - Terrenos blandos pero resistentes
- C - Terrenos muy compactos

Toda pared de una zanja debe apuntalarse, si la pendiente del talud es mayor a las proporciones siguientes:

Figura # 235

A - Terrenos blandos que se desboronan fácilmente si el talud es 1 : 1

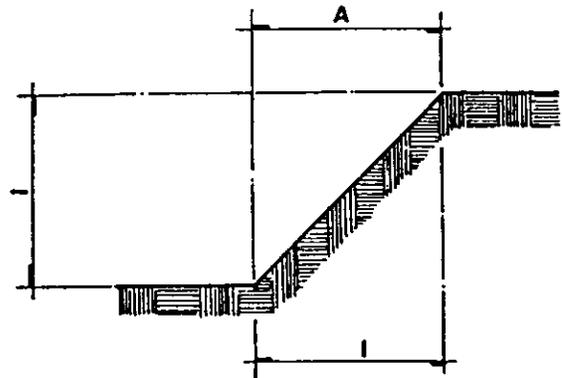
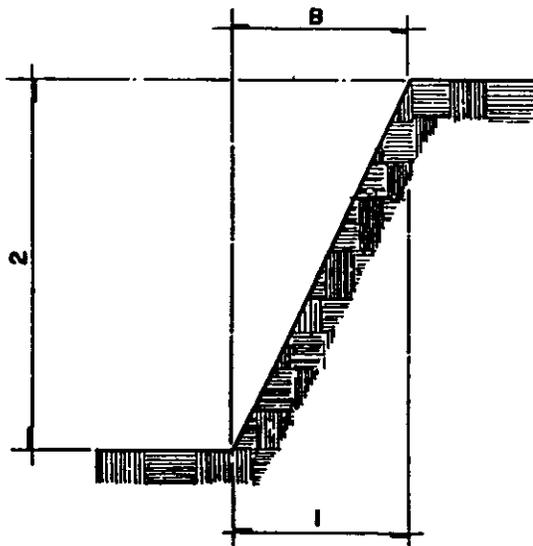


Figura # 236

B - En terrenos blandos, pero resistentes, si el talud es 1 : 2

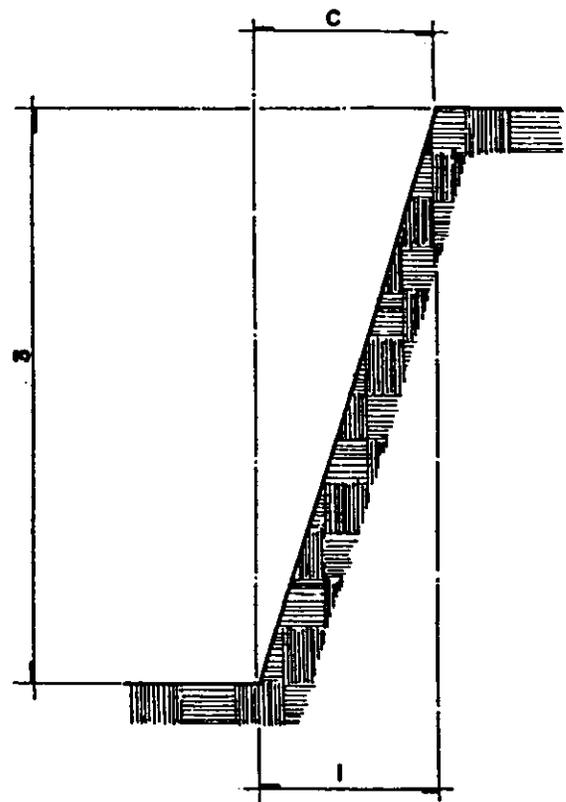


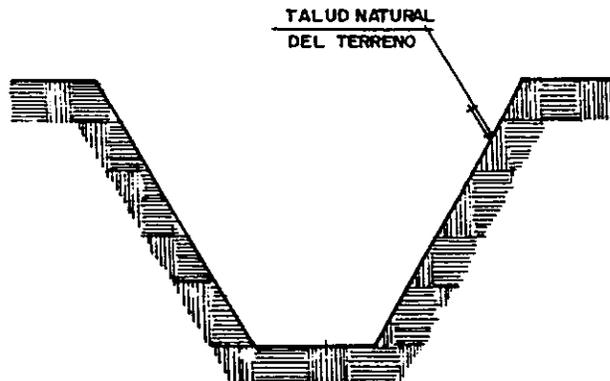
Figura # 237

C - En terrenos muy compactos, si el talud es 1 : 3

A continuación, se presentan algunas ilustraciones de secciones transversales de entibación en zanjas profundas.

Figura # 238

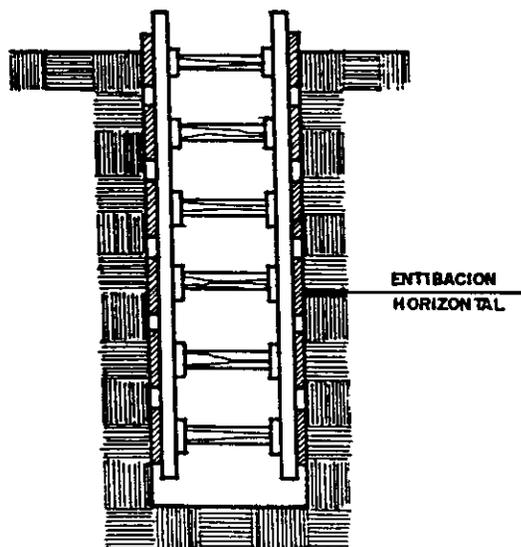
Aquí se conserva el talud natural, dependiendo del tipo de terreno.



SECCION TRANSVERSAL DEL TALUD NATURAL

Figura # 239

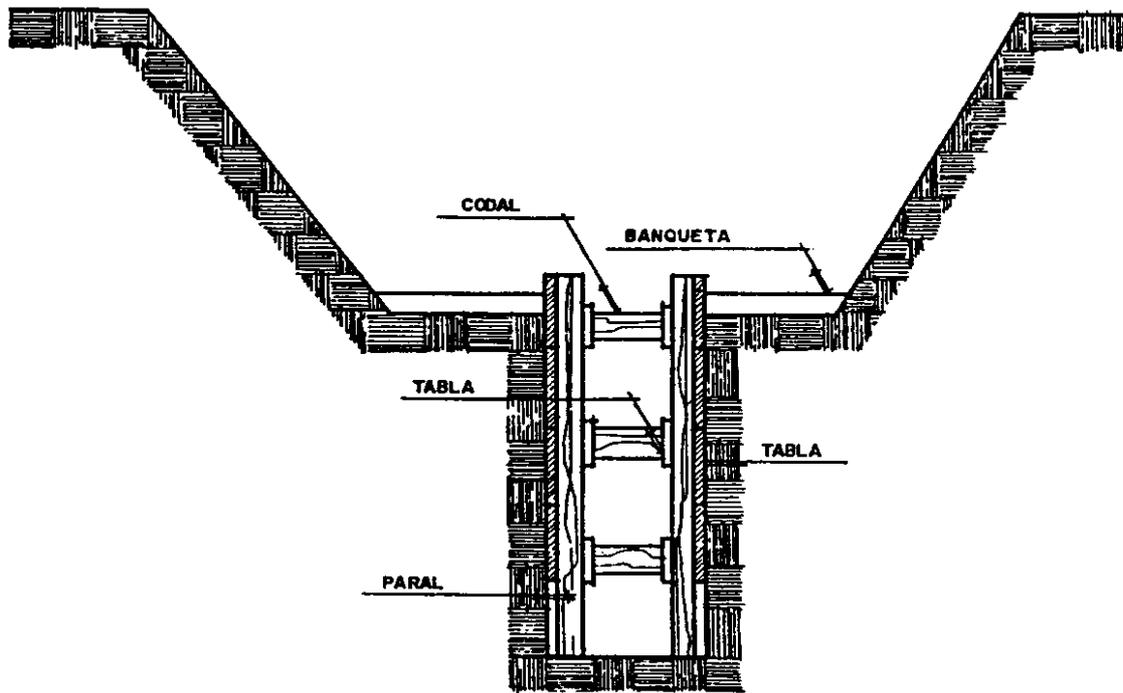
Las paredes de la zanja se apuntalan para evitar el desmoronamiento.



SECCION TRANSVERSAL

En la parte superior se conservan los taludes naturales. Y la construcción de banquetas de concreto, es para reforzar el terreno y evitar el desmoronamiento.

En la parte inferior, la zanja se apuntala y la entibación protege las paredes de desprendimientos de suelo. Ver figura # 240.



ENTIBACION HORIZONTAL

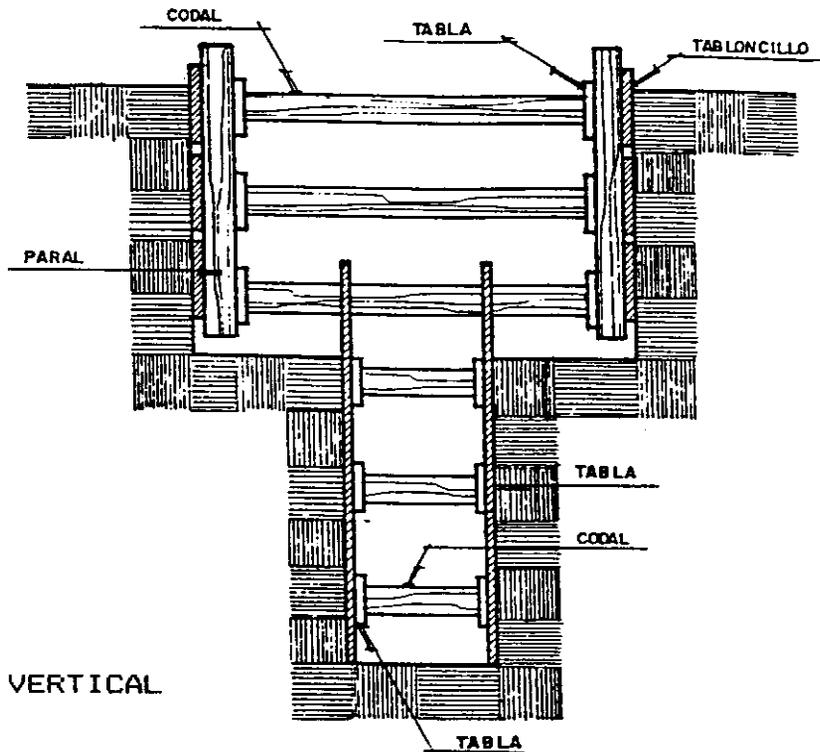
Figura # 240

---

Figura 240. Fuente: Ibid, p. 53  
Elaboración propia.

Figura # 241

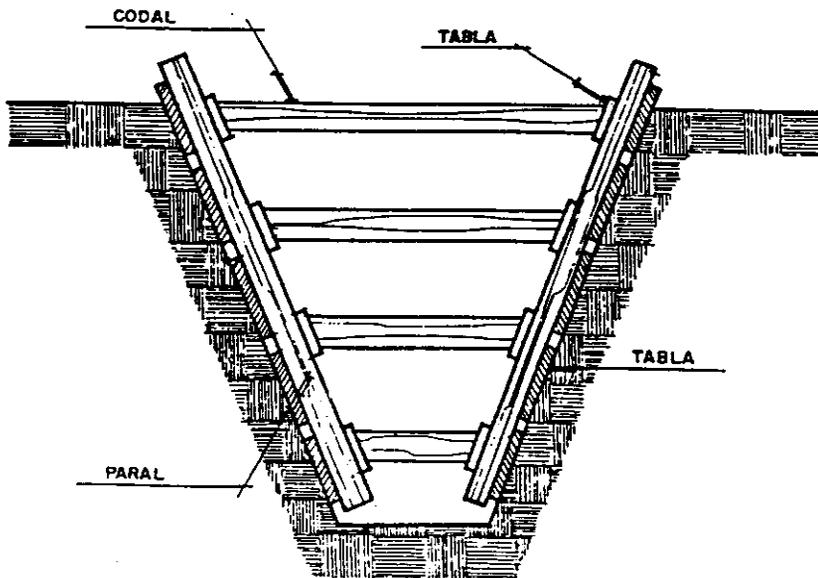
ENTIBACION HORIZONTAL



Dependiendo de la consistencia de las capas del terreno, se pueden realizar entibaciones horizontales cuando los tabloncillos van horizontalmente y entibaciones verticales, cuando la tabla o tabloncillo se coloca verticalmente. Ver figura # 241.

ENTIBACION VERTICAL

Figura # 242



ENTIBACION HORIZONTAL - INCLINADA

Ver figura # 242. Entre los métodos de entibación, en esta figura se representa uno que ofrece algunos riesgos, porque no es posible sustentar adecuadamente el terreno.

Figura 241,242. Fuente: Ibid, p. 53  
Elaboración propia.

La entibación en una zanja varía en cada lugar, dependiendo de las características del terreno, del material para usar y los sistemas de ejecución. A continuación, se mencionan algunas generalidades que conviene considerar.

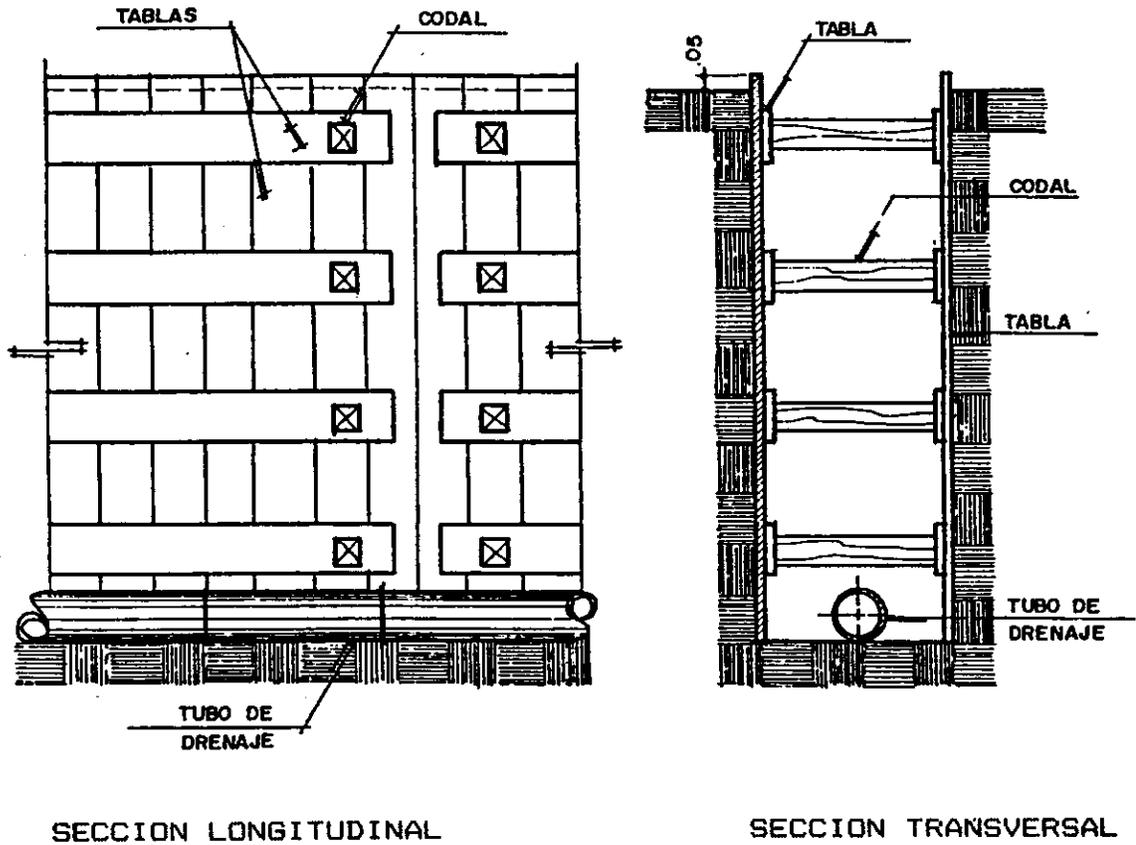
- a - Para que una zanja sea apuntalada, el ancho debe estar relacionado con la profundidad. (VI)

Así:

Ancho mínimo	Profundidad
0.65 m.	hasta 1.50 m.
0.75 m.	hasta 2.00 m.
0.80 m.	hasta 3.00 m.
0.90 m.	hasta 4.00 m.
1.00 m.	más de 4.00 m.

- b - El apuntalamiento debe efectuarse a tiempo, previendo que el material con que se cuenta en la obra, alcance.
- c - En el revestimiento de la entibación, se podrá utilizar tabla ( 1" ), tabloncillo ( 1 1/2" ), tablón ( 2" ) o regla ( 2" x 2" ) dependiendo de la consistencia del terreno. El codal o madero con que se apuntala, puede ser rectangular o cuadrado. algunas veces puede emplearse el madero rollizo, si su resistencia es aceptable.
- d - La distancia libre entre tablas ( revestimiento ), está sujeto a la consistencia del terreno. Cuando éste se desmorona fácilmente, la entibación puede ser vertical u horizontal, pero las tablas deben estar juntas como se observa en las figuras # 243 y # 244.

Esta figura representa la entibación de una zanja para drenajes, en la que las tablas deben colocarse juntas para evitar que el terreno se desmorone. Ver figura # 243.



ENTIBACION VERTICAL

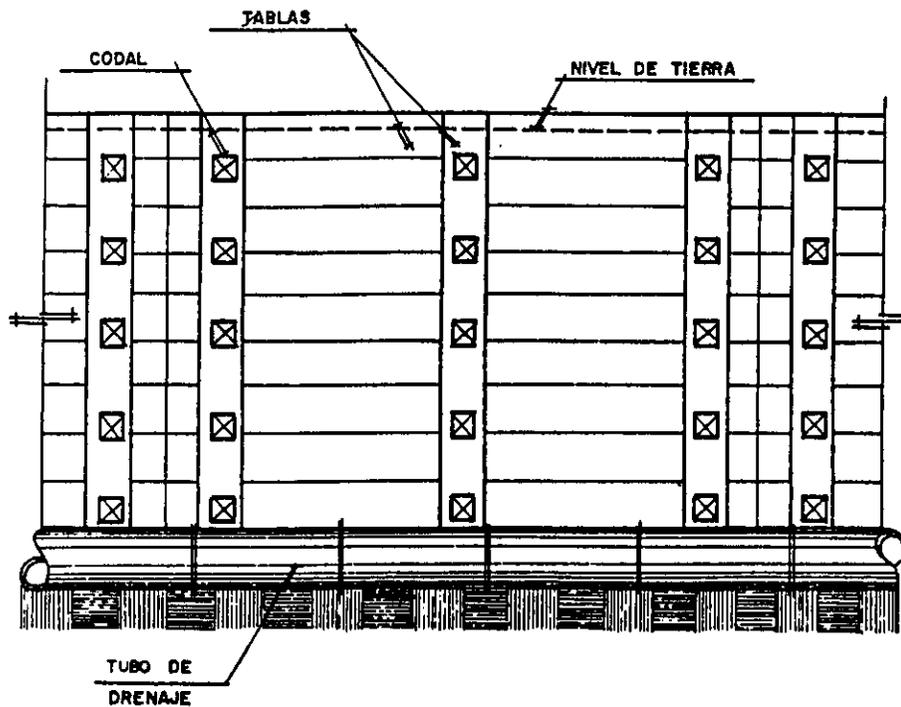
Figura # 243

Figura 243. Fuente: Ibid, p. 56  
Elaboración propia.

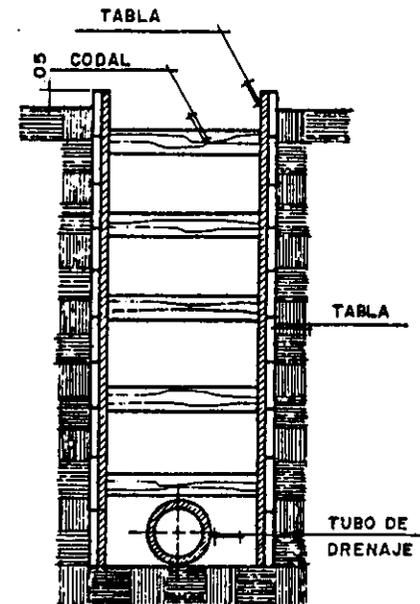
Esta figura es ejemplo de una entibación horizontal, donde las tablas se colocan horizontalmente y juntas. Evitan cualquier desprendimiento de tierra. También se puede usar en zanjas para drenajes.

Figura # 244

ENTIBACION HORIZONTAL



SECCION TRANSVERSAL



SECCION LONGITUDINAL

Figura 244. Fuente: Ibid, p. 56  
Elaboración propia.

En terrenos resistentes, si es posible, las tablas podrían colocarse separadas, lo suficiente para evitar algún desprendimiento. Esto está representado en las figuras # 245 y # 246.

La figura # 245 es parecida a la figura # 243. La diferencia está en que las tablas verticales se colocan separadas entre sí.

ENTIBACION VERTICAL

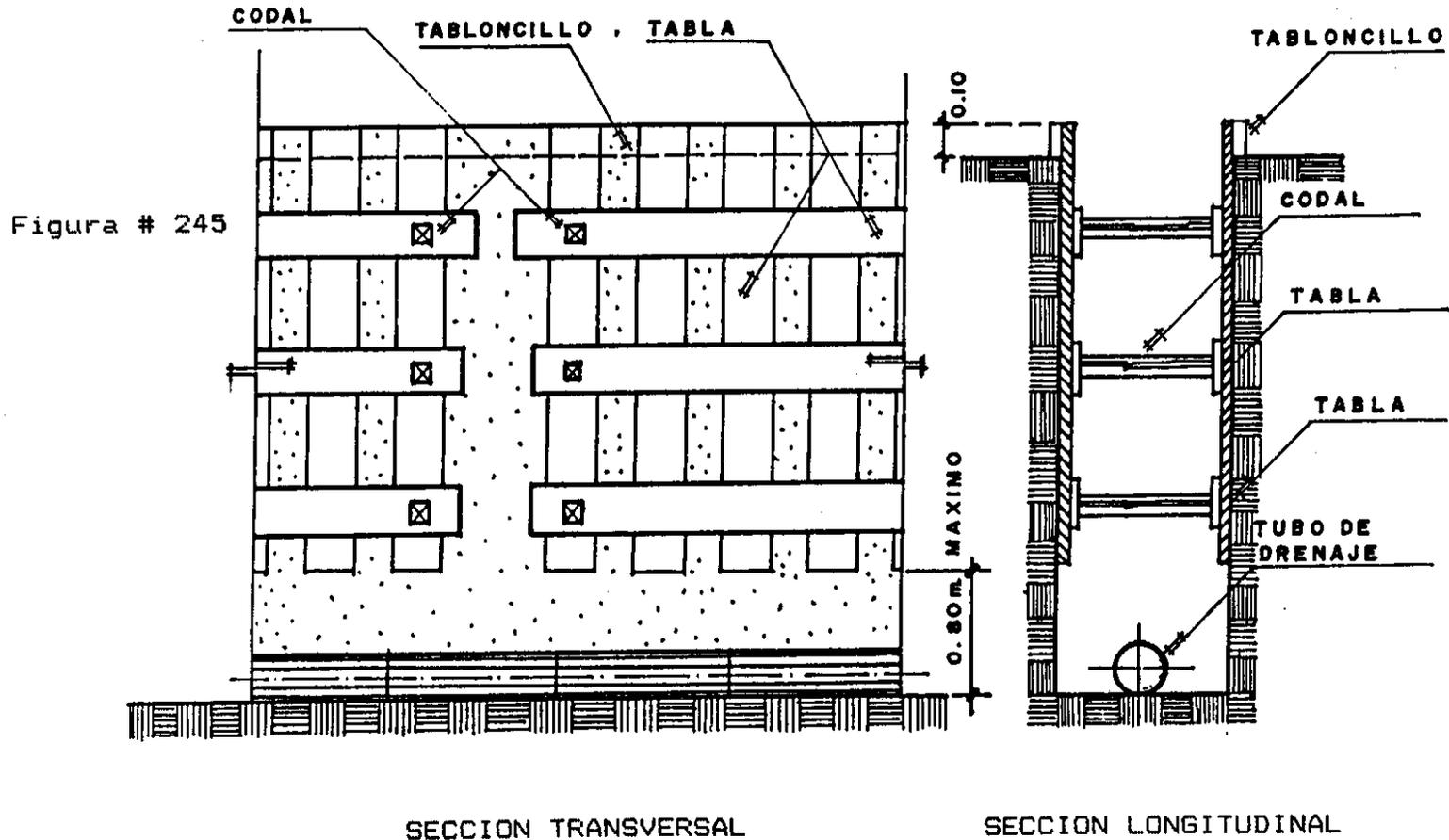


Figura 245. Fuente. Ibid, p. 57  
Elaboración propia.

Esta figura es un detalle de una entibación horizontal que se puede emplear en terrenos resistentes. Se ve claramente la colocación de las tablas de forma horizontal y separadas lo necesario para evitar desmoronamiento del suelo.

Figura # 246

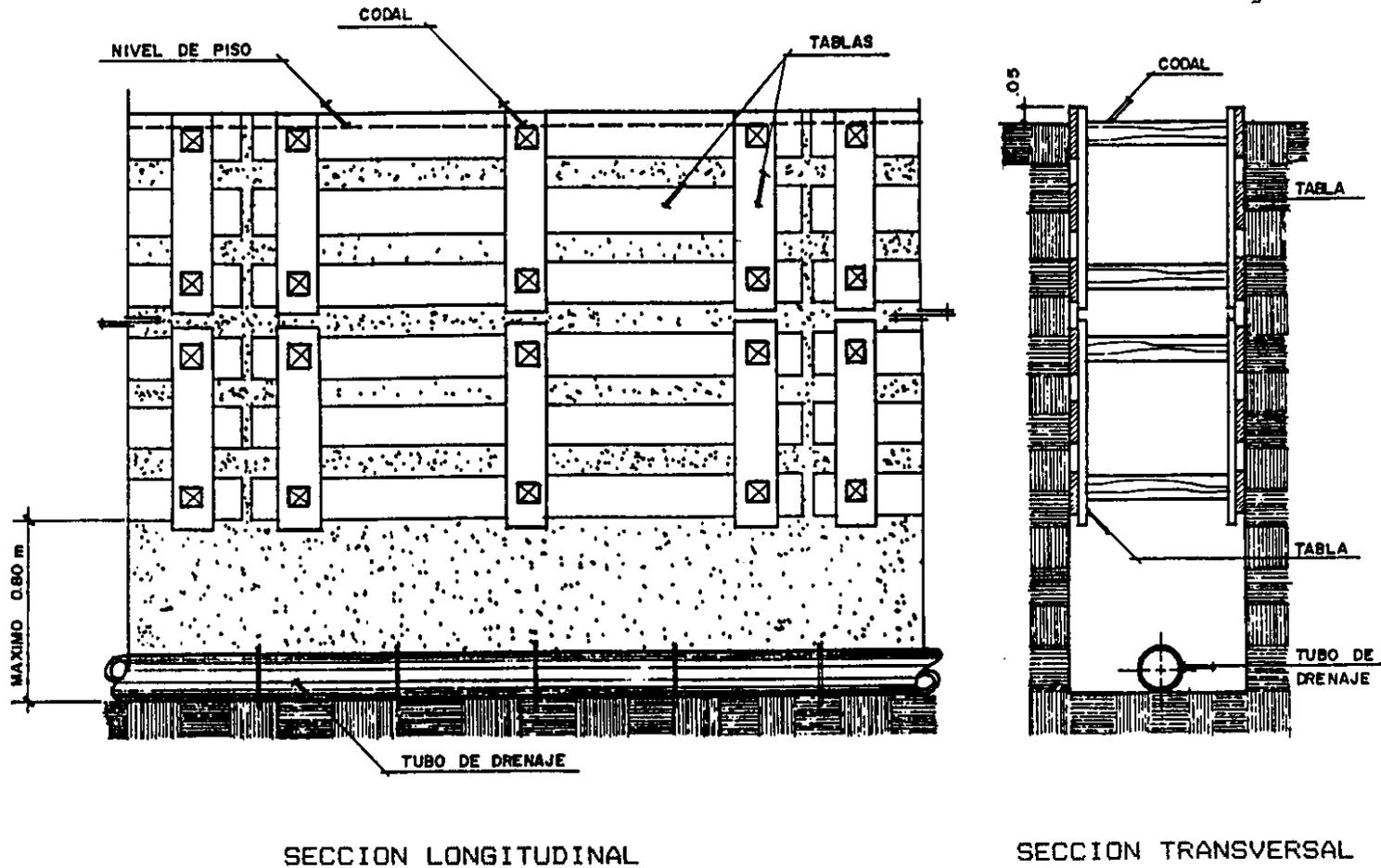


Figura 246. Fuente. Ibid, p. 56  
Elaboración propia.

ENTIBACION HORIZONTAL

e - El número de codales que se deben colocar en la entibación de una zanja, depende de la resistencia de la tabla ( revestimiento ) y del empuje de la tierra. Para esto se sugiere considerar lo que se presenta en las figuras # 247 y # 248.

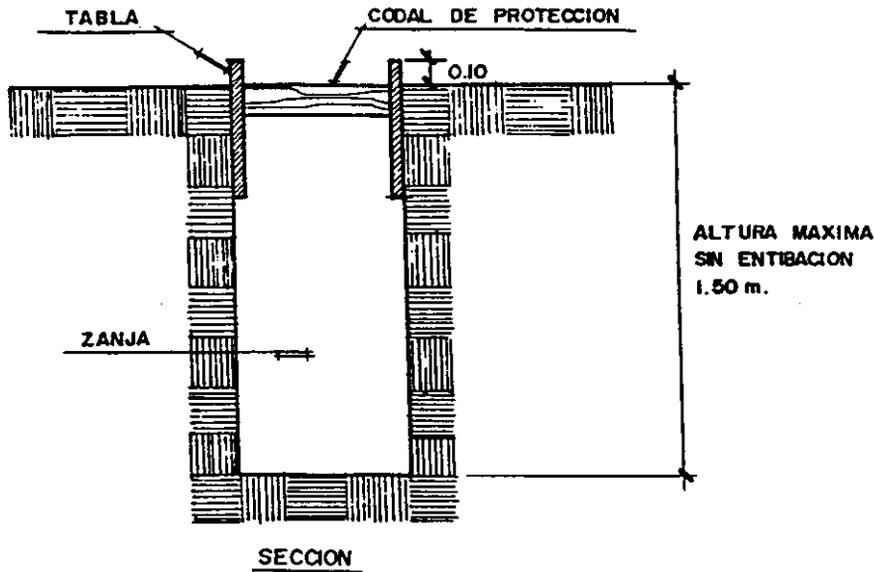


Figura # 247

Figura # 248

En ambas figuras se da la altura máxima recomendable que se debe dejar sin entibar la zanja. Si se sobrepasa esa medida, pueden ocurrir desprendimientos de tierra floja.

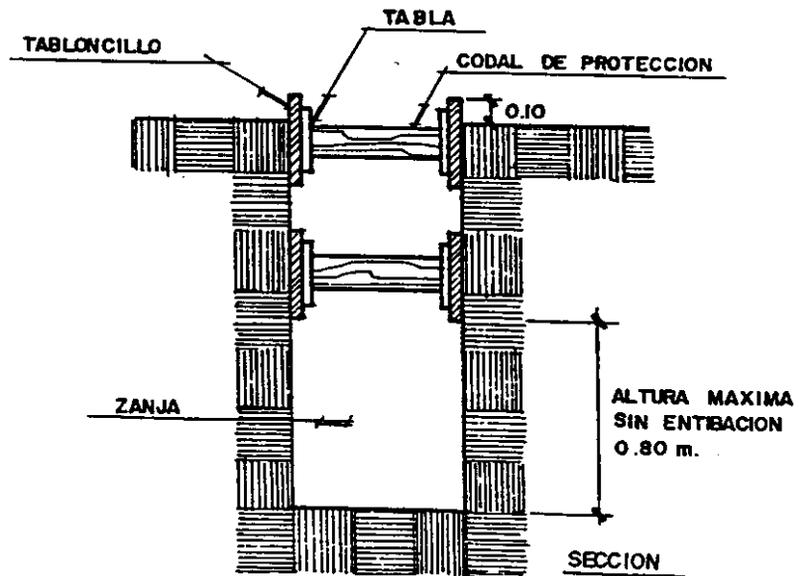
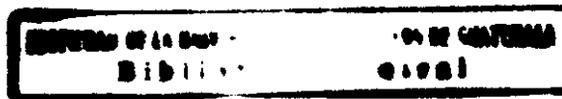


Figura 247,248. Fuente. Ibid, p. 54  
Elaboración propia.



- f - Los codales se colocan perpendicularmente a las tablas y se utilizan cuñas en sus extremos para que queden seguros y fijos.
- g. Cuando se excava, la tierra que se extrae se debe colocar a una distancia mínima de 1.00 m. de la zanja o el talud, como se representa en la figura # 249, y para evitar que la tierra caiga de nuevo en la zanja, la tabla del entibado debe salir del nivel del terreno de 0.05 m. a 0.10 m. como se indica en la figura # 250.

Figura # 249

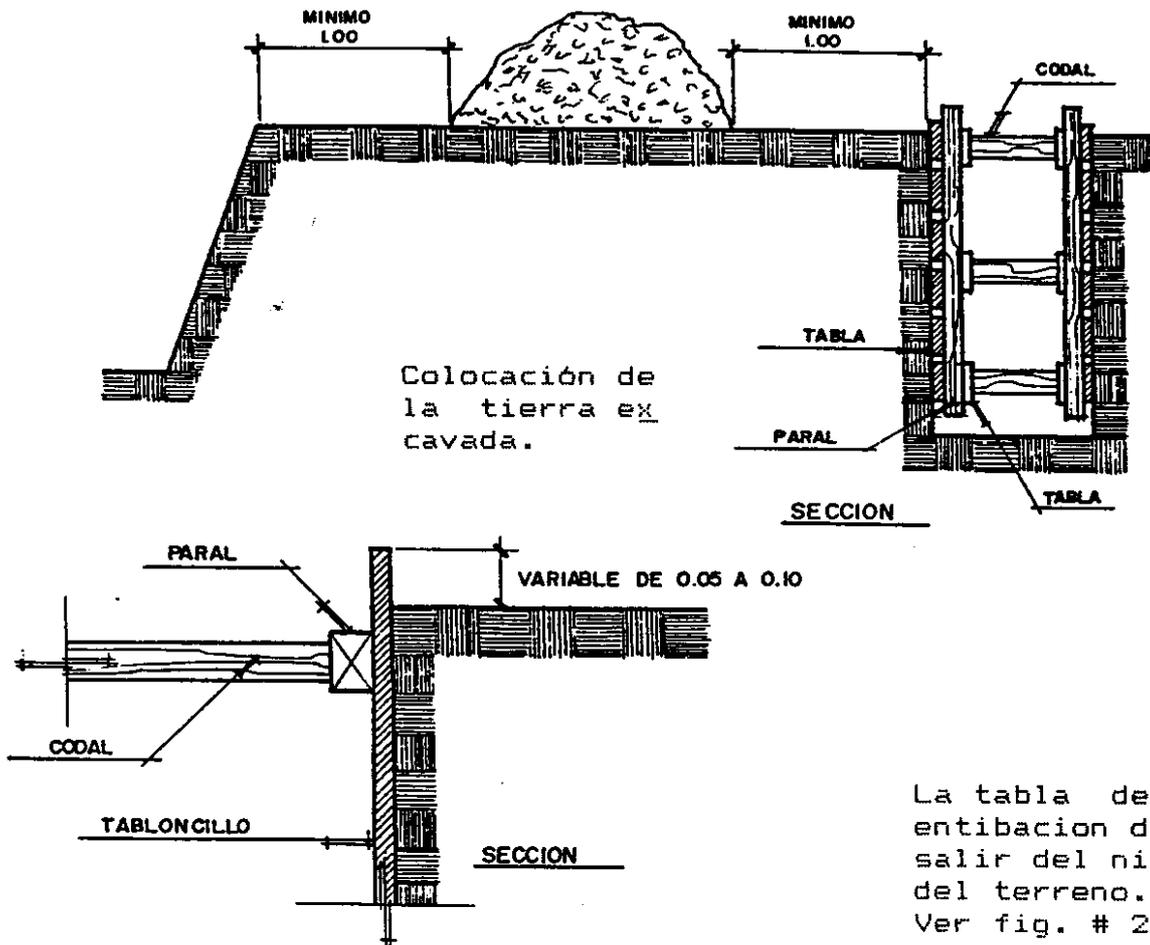


Figura # 250

Figura 249,250. Fuente. Ibid, p. 54

Elaboración propia.

## 7.2 Materiales para entibar

### 7.2.1 Madera

Este material es muy usado en entibaciones, y por lo fácil de adquirir, es, sin duda, el más utilizado. Como en el Capítulo de Materiales ya hemos hablado de las características y propiedades de la madera, aquí sólo mencionaremos con la facilidad con que se trabaja.

### 7.2.2 Hierro

En las entibaciones, este material es de poco uso aunque su resistencia a la tracción, compresión, flexión y corte sean mucho mayores. Se utiliza cuando se necesitan luces muy grandes bajo estrictas normas de seguridad. También puede ser combinado con madera.

### 7.2.3 Ladrillo

Los ladrillos son pequeños bloques de barro, macizos o huecos, cocidos en hornos, que obtienen resistencias aceptables. Son poco usados en obra de entibación, por algunas de las desventajas siguientes: poca impermeabilidad, poca resistencia y el bajo rendimiento en su colocación.

### 7.2.4 Concreto

Se emplea en algunas entibaciones, y aunque resulta costoso, tiene la ventaja de quedar como un material definitivo si el caso lo amerita. El concreto es una mezcla de cemento, piedrín, arena de río y agua, que al fraguar es un bloque de gran resistencia.

### 7.2.5 Concreto reforzado

Es el mismo material con la mezcla anterior, pero en el interior se coloca adecuadamente un acero de refuerzo. A las propiedades del concreto simple, se deben agregar las del acero de refuerzo, aumentando la resistencia del material. Por ser un material sumamente caro, es de uso poco frecuente.

### 7.2.6 Piedra

La piedra no se considera propiamente un material de entibar, pero en algunos casos funciona en una entibación. De usarse, es necesario que sea una piedra que no se quiebre.

### 7.3 Sistemas de entibación

#### 7.3.1 Entablados

Se distingue entre entibaciones horizontales y verticales. Las entibaciones horizontales se realizan colocando los tablonces horizontalmente, uno debajo del otro, conforme va bajando la excavación. Los tablonces deben apuntalarse con estampes y codales o asegurarse con anclajes. Para terrenos blandos se selecciona una entibación vertical, porque los tablonces no se pueden sostener. Antes de iniciar la excavación se hincan en el terreno los tablonces a una profundidad de 0.30 m. como mínimo, esto en cada etapa del trabajo. Sólo en zanjas de cimentación estrechas, minas o zanjas para drenajes, se utilizan codales para asegurar las paredes opuestas. El uso de los puntales no es aconsejable porque resta espacio libre para trabajar. Ver figuras # 251 ( a, b, c y d ).

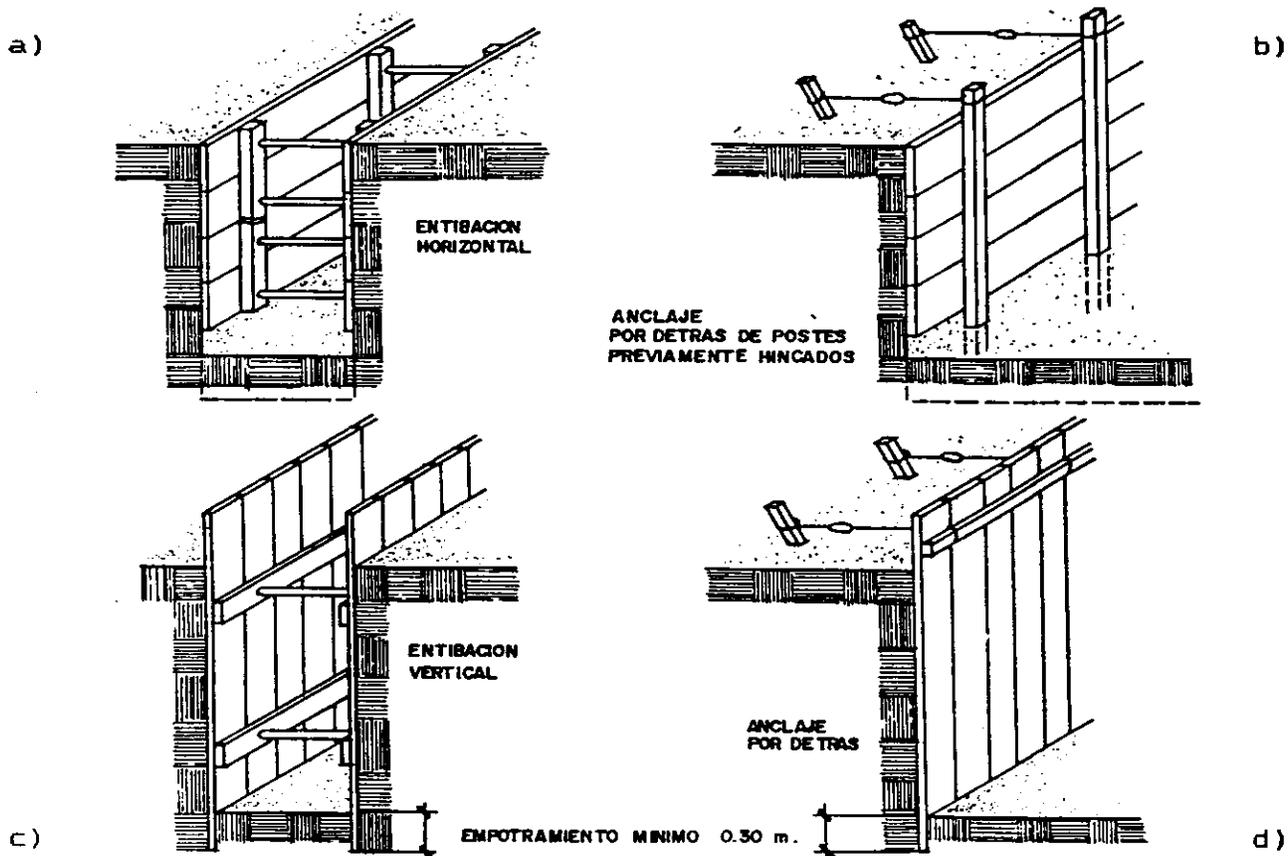
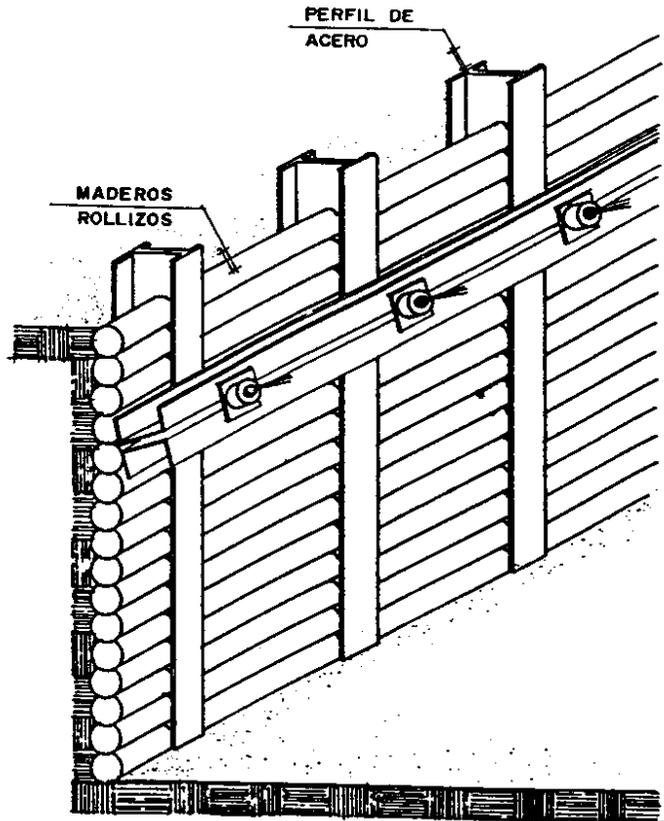


Figura # 251

7.3.2 Paredes de vigas y tablon

Esta entibación horizontal se caracteriza por usar tablon  
nes o maderos escuadrados o rollizos, colocados entre vi  
gas de acero hincadas previamente en el suelo.  
Después de terminado el trabajo, se quitan los tablon  
es y se arrancan las vigas antes de rellenar.  
Ver figura # 252.



Entibación horizontal  
de madera y acero

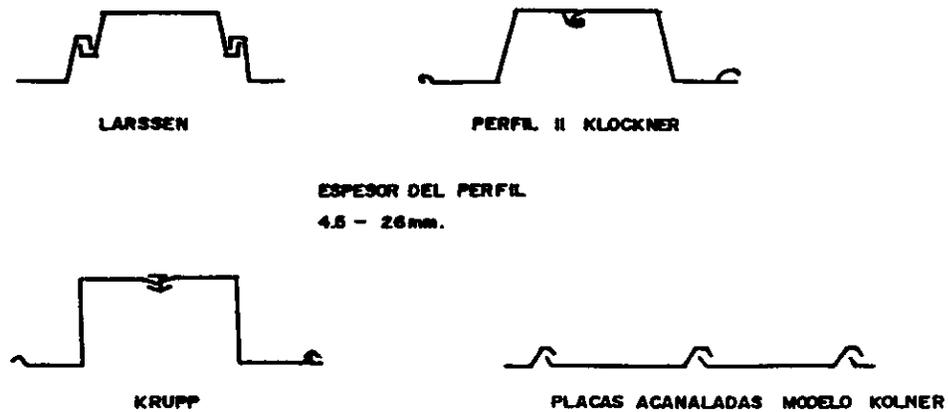
Figura # 252

---

Figura 252. Fuente. Ibid, p. 11  
Elaboración propia.

### 7.3.3 Tablestacados

Los tablestacados de acero han sustituido a los de madera. Estos empezaron a cambiar cuando la entibación vertical realizada en zanjas de cimentación, se encontraba la presencia de agua. Fue entonces cuando se necesitó de un material impermeable. Los tablestacados de acero son más resistentes y pueden utilizarse e hincarse varias veces y sus uniones garantizan estabilidad. Ver figura # 253.



TABLESTACAS DE ACERO

Figura # 253

## 7.4 Clasificación de las entibaciones

### 7.4.1 Entibación en trincheras

Estas siempre se efectúan a cielo abierto y el ancho mínimo que se requiere en el fondo, es el que permite al obrero trabajar adecuadamente. Se emplea en la construcción de carreteras, canales, entre otras.

Se deben realizar, siempre que el terreno lo permita con taludes de 1 : 1/2 a 1 : 2, según el tipo de suelo; y en alturas mayores de 4.00 m. se usan bermas o banquetas, como se representa en la figura # 254.

Las entibaciones en trincheras deben hacerse cuando hay peligro de corrimientos del suelo, causados por vibraciones de tráfico, edificios, fábricas, etc., próximas a ella.

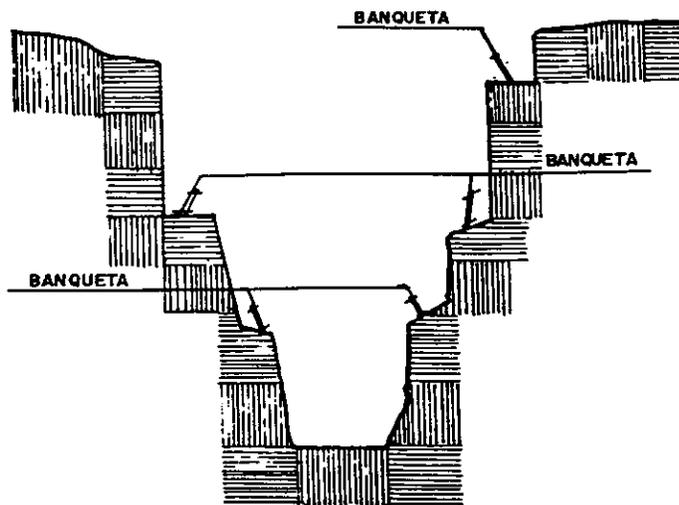
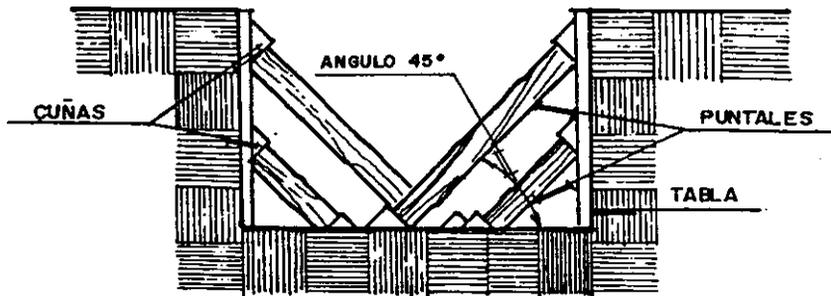


Figura # 254

### TRINCHERA CON TALUD EN FORMA DE BANQUETA

La entibación en trincheras debe adaptarse a la forma de éstas. La entibación más utilizada es la constituida por puntales ( maderos rollizos ) y tablas o tablonés, como se observa en la figura # 255.

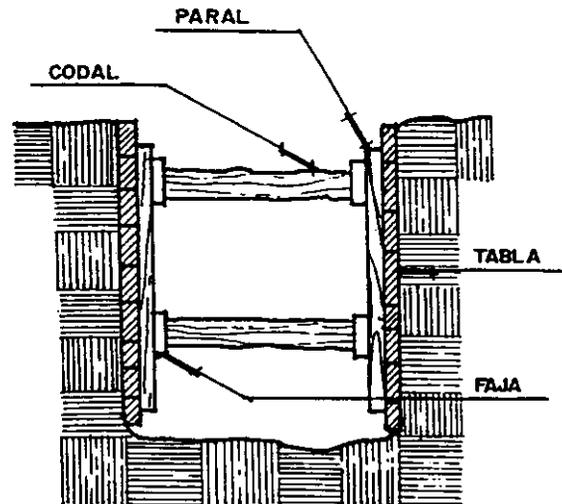
Figura # 255



TRINCHERA CON ENTIBACION DE MADERA

Esta entibación presenta algunos defectos técnicos. Como es necesario utilizar muchos puntales inclinados por la profundidad de la trinchera, éstos interfieren en el trabajo de los obreros. También, como van apoyados en el fondo de la trinchera, no permiten seguir excavando.

Los problemas anteriores se resuelven si la trinchera es de doble pared como se ve en la figura # 256. Esta entibación sí permite continuar la excavación, porque los puntales o torrapuntas se sustituyen por codales ( horizontales ).

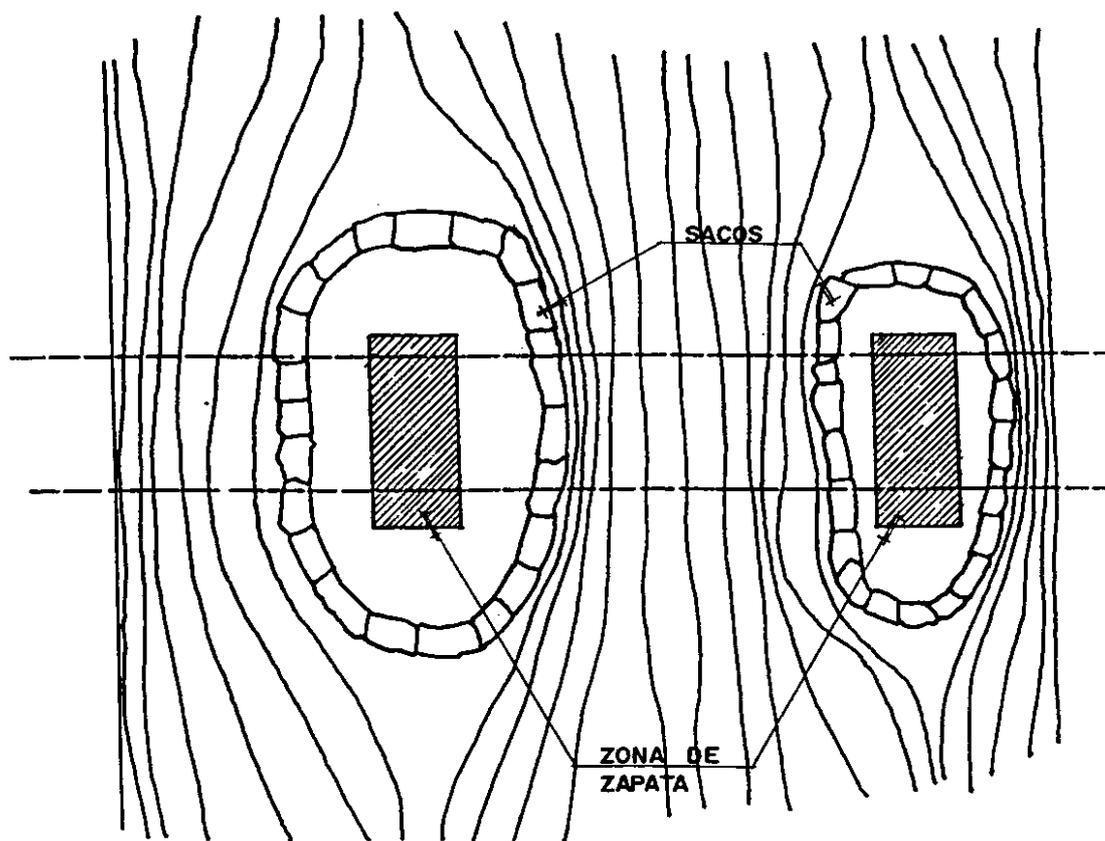


TRINCHERA CON ENTIBACION DE MADERA DE DOBLE PARED

Figura # 256

Otro tipo de trinchera que alguna vez podría presentarse, es el de realizar trabajos en el lecho de un río, lago no muy profundo, etc. Aquí se debe evitar el agua mientras duran los trabajos y, luego se vuelve el agua a su cauce normal. Este tipo de trinchera se utiliza mucho en cimentaciones de puentes. En la figura siguiente, se muestra la cimentación de dos zapatas en el lecho de un río. En esta figura, las zapatas y las trincheras están representadas en planta. Ver figura # 257.

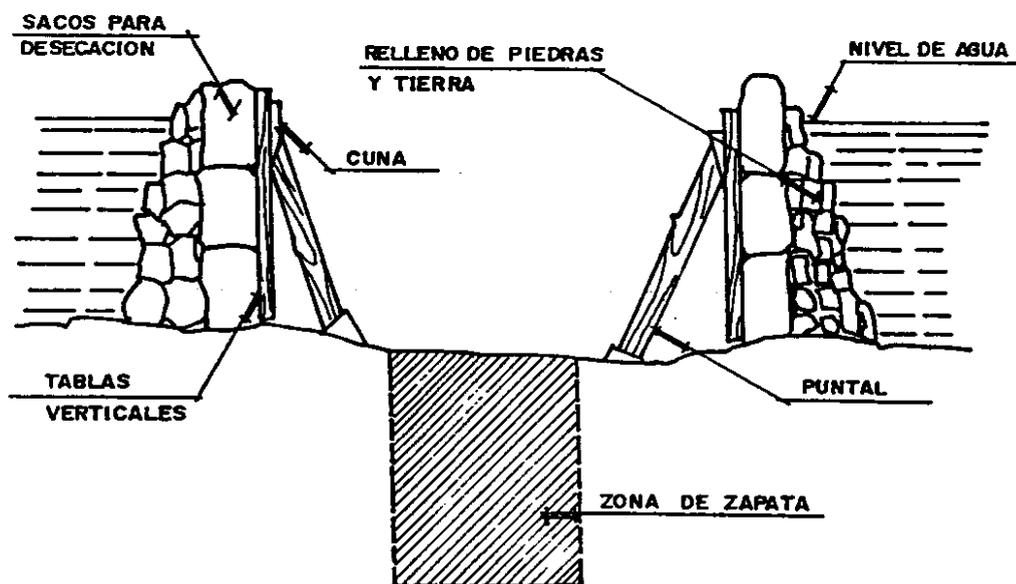
Figura # 257



PLANTA DE DOS ZAPATAS DE CIMENTACION  
Y SUS TRINCHERAS, EN EL FONDO DE UN RIO

Figura 257. Fuente: Ibid, p. 113  
Elaboración propia.

El primer problema que se presenta en este tipo de trinchera, es que debemos evitar el agua para que se puedan efectuar los trabajos. En este caso particular de trinchera, se emplean sacos que se colocan alrededor del área que se desea de secar, sobrepasando el nivel del agua y previendo que éste pueda subir. Los sacos se sostienen con tablas y puntales inclinados. Luego, atrás de los sacos se va relleno con piedras y tierra barrosa. La colocación de los sacos se efectúa por hiladas. Al estar terminada la trinchera, el agua que aún permanezca dentro, se saca con una bomba o con los medios al alcance. Las tablas y puntales del interior de la trinchera, no constituyen más que una entibación vertical. Ver figura # 258.



SECCION DE LAS TRINCHERAS

Figura # 258

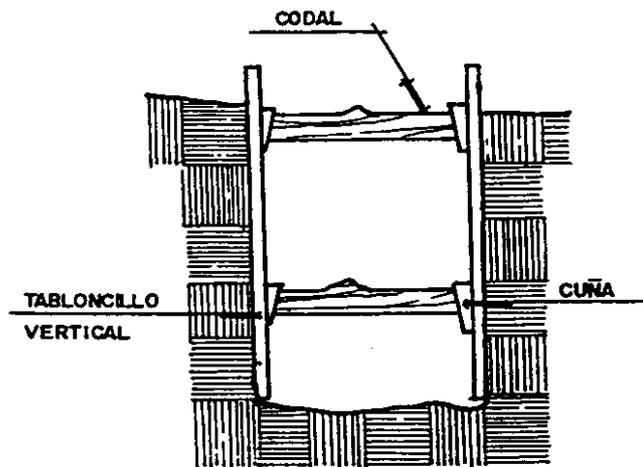
Figura 258. Fuente: Ibid, p. 114  
Elaboración propia.

### 7.4.2 Entibación en cimientos y zanjas

La entibación funciona como sostenimiento de tierras mientras dura el relleno de la zanja. Se quita ésta, progresivamente, mientras se realiza el relleno.

Cuando el terreno es consistente y la excavación permite acodalamiento, existen varias soluciones, de las cuales se mencionan algunas a continuación.

Figura # 259



A base de tablancillos, colocados verticalmente y acodalados con rollizos debidamente acuñados. La separación de los tablancillos varía según la consistencia del terreno. Ver figura # 259.

Cuando las capas del terreno no permiten la colocación de los tablancillos verticalmente, se colocan éstos en forma horizontal.

Los rollizos van acuñados en sus dos cabezas. Ver figura # 260.

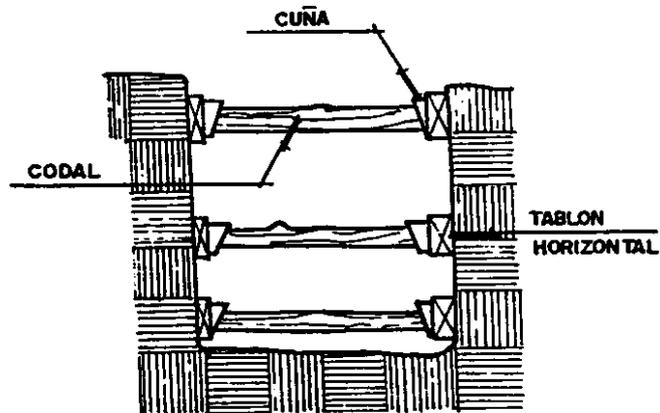
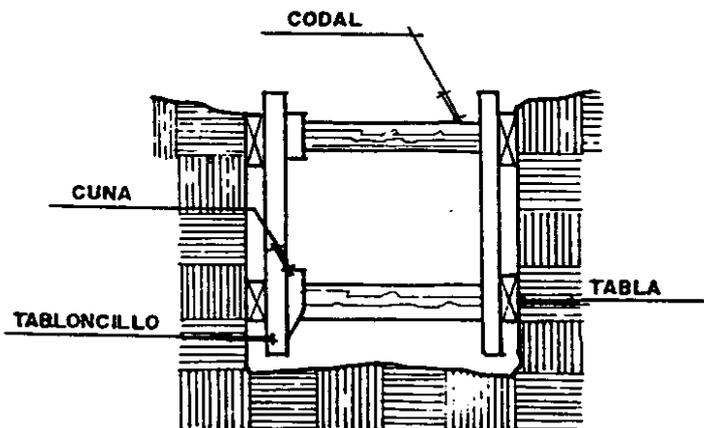


Figura # 260

Figura 259,260. Fuente: Ibid, p. 115  
Elaboración propia.

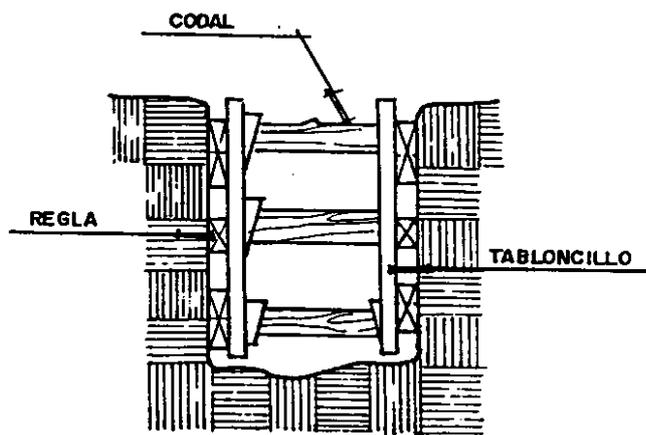


Figura # 261



En la fig. # 261 la entibación es más perfecta, ya que la carga de las tablas horizontales es transmitida a los tablancillos verticales, y de éstos a los codales.

Figura # 262



Para reforzar cualquiera de los métodos anteriores, se incrementa el número de tabloncillos y codales. Ver figura # 262.

Cuando la consistencia del terreno no permite los sistemas anteriores, se utilizan los de las figs. # 263 a # 266, en las que la presión es repartida uniformemente sobre un tablero, evitando que queden espacios libres.

Figura 261,262. Fuente: Ibid, p. 116

Elaboración propia.

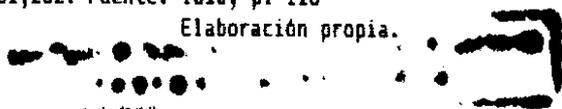
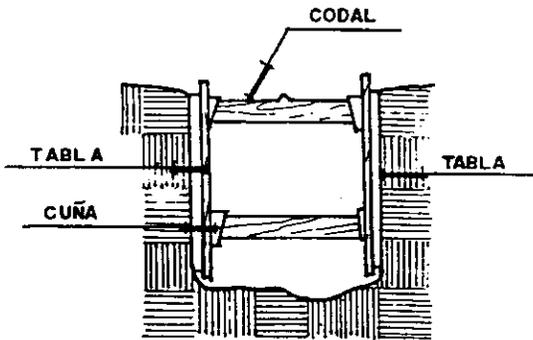
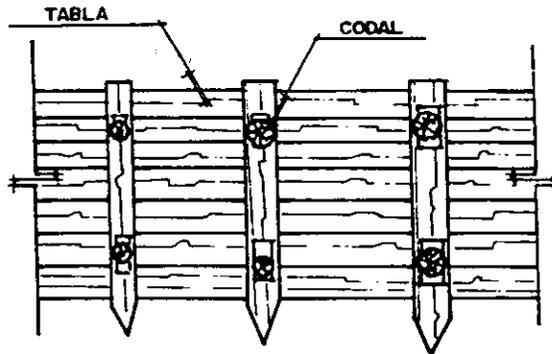


Figura # 263



SECCION TRANSVERSAL

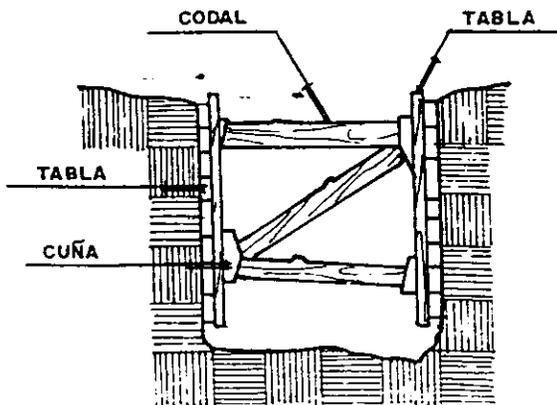
Figura # 264



SECCION LONGITUDINAL

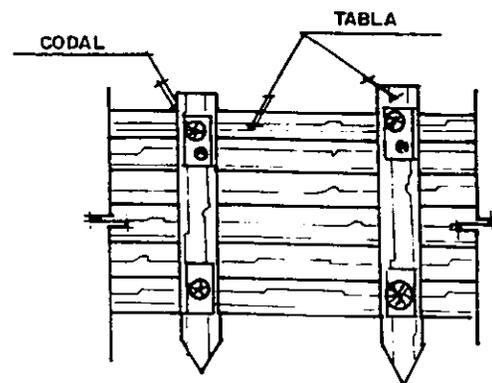
En las figuras # 265 y # 266 pueden sustituirse los rollizos por codales aserrados, sin perder por ello su resistencia y facilidad de montaje.

Figura # 265



SECCION TRANSVERSAL

Figura # 266



SECCION LONGITUDINAL

Figura 263,264,265,266. Fuente: Ibid, p. 117  
Elaboración propia.

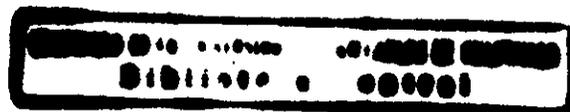
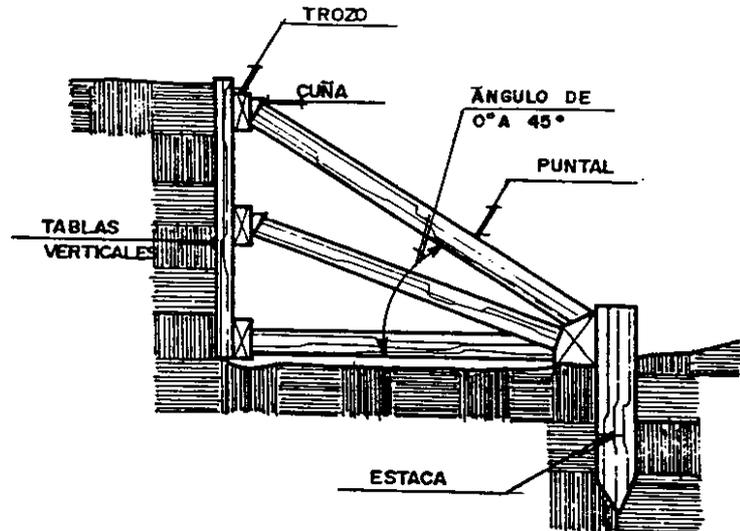


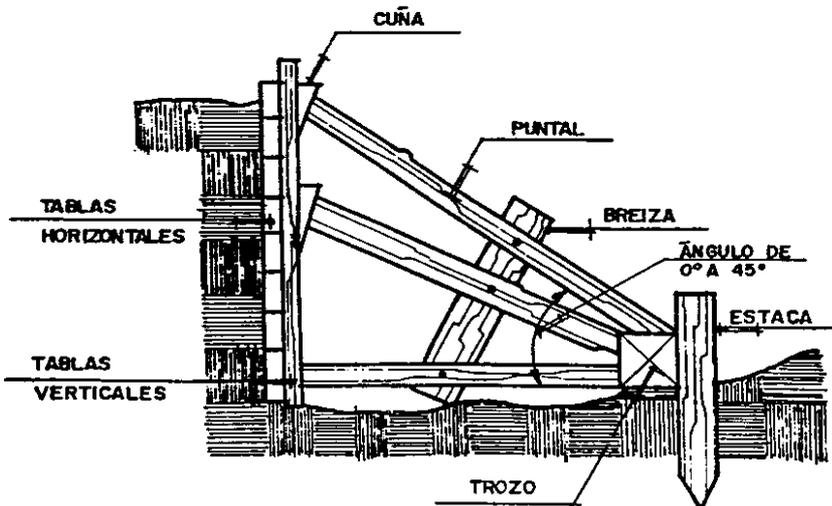
Figura # 267

Cuando se va a entibar sólo una pared, se utiliza un sistema diferente, como en la figura # 267, colocando un tablero formado por tablas verticales sostenidas por trozos, los que transmiten las cargas a los puntales y éstos a una estaca firmemente clavada en el suelo, para soportar el esfuerzo al que será sometido.



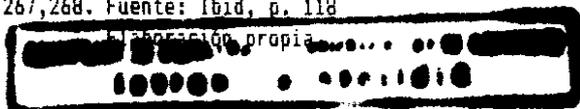
ENTIBACION DE UNA PARED

Figura # 268



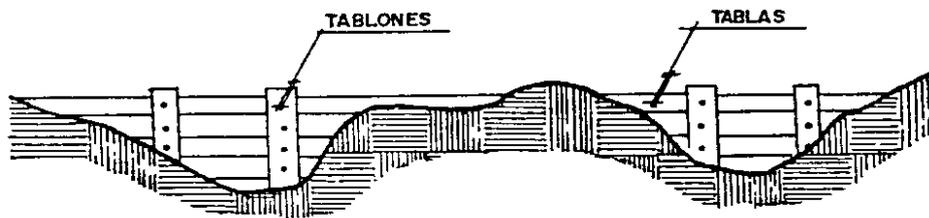
Puede utilizarse también otro sistema similar a éste, con la diferencia de que el tablero se forma por tablas horizontales como indica la figura # 268.

ENTIBACION DE UNA PARED

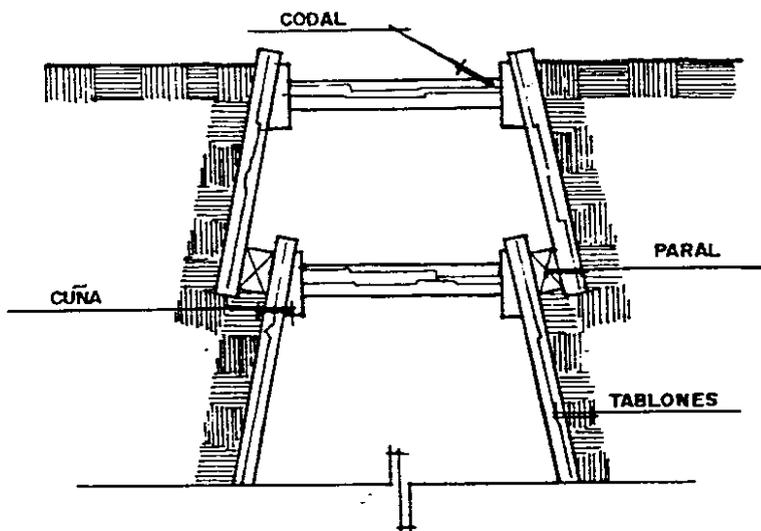


En los casos en los que el perfil del terreno es irregular y las zanjas de cimentación presentan lugares en los que el cemento queda descubierto o casos en que queda enterrado en ellas, se practica una variante del sistema, clavando tablones o rollizos verticales y sobre ellos se clava el entramado o tablero de encofrado-entibación. Ver figura # 269.

Figura # 269



SISTEMA DE ENTIBACION - ENCOFRADO



La fig. # 270 representa la entibación de una zanja, que puede ser destinada para la canalización de tubería de agua potable, la cual es poco frecuente, o para tubería de drenajes. Sin embargo, la entibación depende del suelo y del destino.

ENTIBACION EN ZANJA

Figura # 270

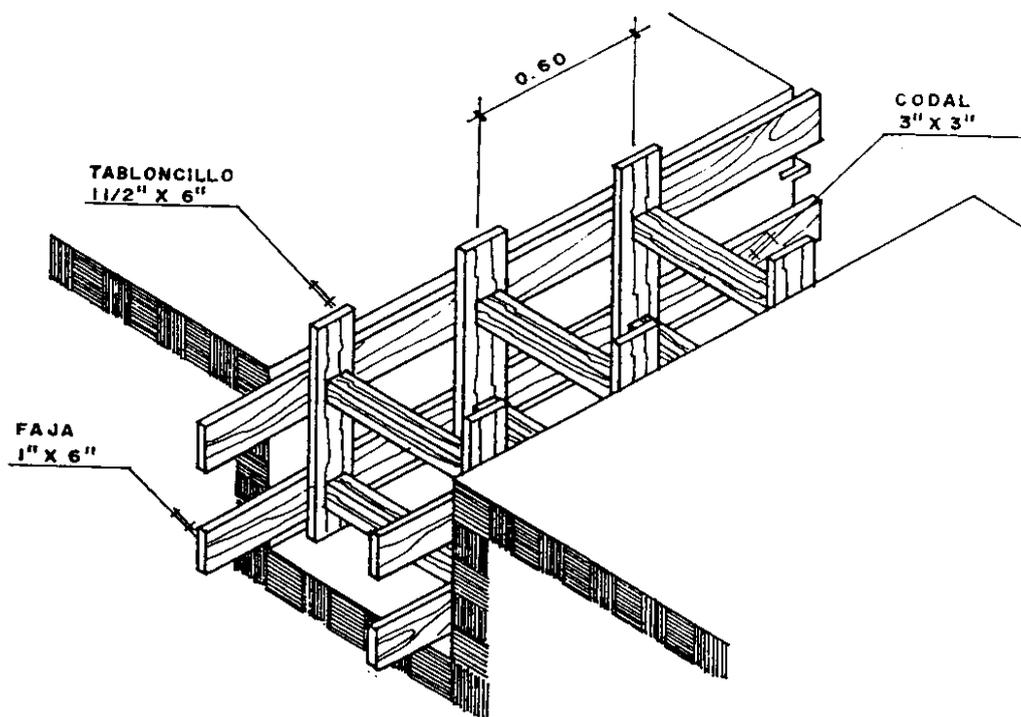
Figura 269. Fuente: Ibid, p. 119

Elaboración propia.

Figura 270. Fuente: Basegoda, Buenaventura. Diccionario Técnico Ilustrado de Edificación y Obras Públicas. p. 78

Elaboración propia.

Figura # 271



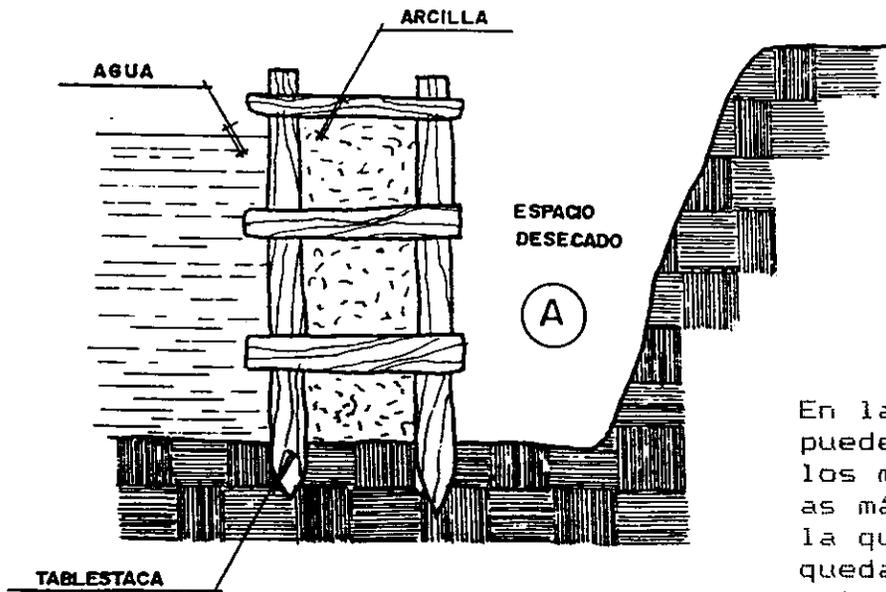
Esta entibación es empleada con más frecuencia, en zanjas poco profundas y no muy anchas. El detalle representado en la fig. # 271 fue observado en un proyecto real, con datos tomados directamente en el lugar.

#### 7.4.3 Entibación en terraplenes

Para la contención de tierras de un terraplén, la construcción generalmente tiene carácter de obra definitiva, y para poder ejecutarla, será necesario realizar obras auxiliares de entibación, para casos en que la construcción del terraplén se ve impedido por existencia de agua como en los ríos.

La entibación será necesaria para desecar el lugar donde los obreros trabajen, mientras el muro de contención no alcance la altura que se desea.

Figura # 272

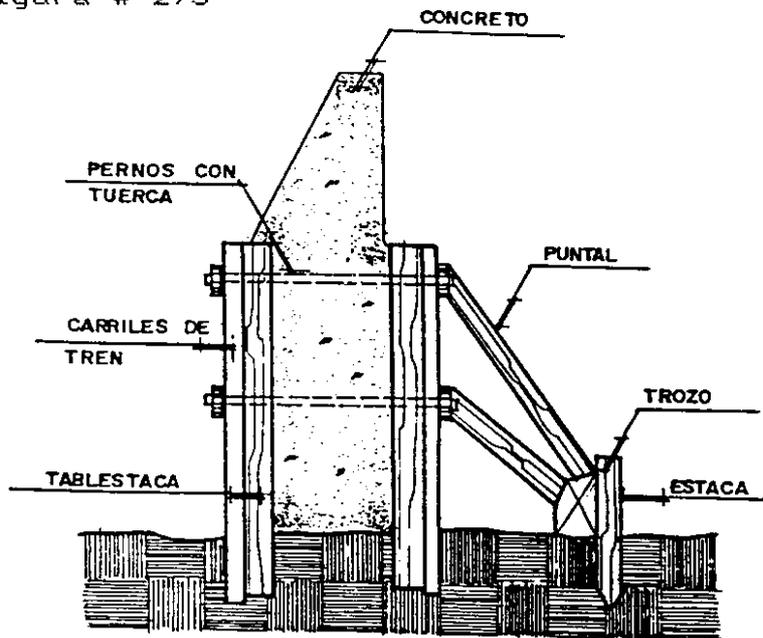


En la figura # 272 se puede observar uno de los modelos de atagüias más sencillas, en la que el espacio A, queda desecado y permite el trabajo de los obreros.

#### ATAGÜIA DE ARCILLA

Existen variantes de atagüias formadas por tablestacados desde uno hasta cuatro, en algunos casos. Se rellena el espacio entre ellos, con el propósito de evitar la permeabilidad y por no conseguirse ésta en forma absoluta. Frecuentemente se utilizan bombas de achique en el interior del área desecada. Y cuando la altura del agua es muy elevada, se emplean atagüias más perfeccionadas, como una atagüia de hormigón.

Figura # 273



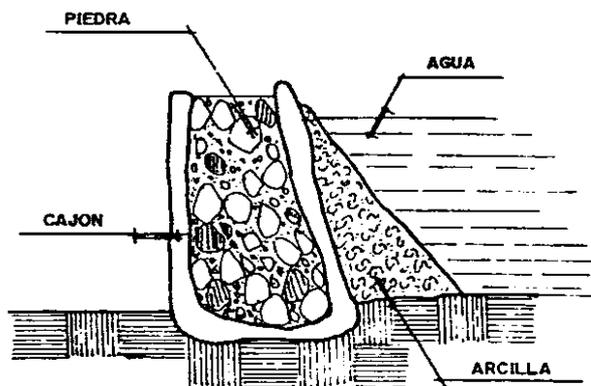
ATAGUIA DE HORMIGON

Atagüía de hormigón  
Para construirla primero se plantan unos rieles viejos (carriles de tren) en el interior del futuro recinto, se clavan tablestacados hasta que el mismo se cierra; ya cerrada la parte inferior se realiza otro tablestacado en la parte exterior, anclado a través de hierros pasantes a los rieles, para luego poder rellenar de hormigón el interior de la atagüía, habiendo formado un conjunto monolítico de gran resistencia. Ver figura # 273.

En la fig. # 274, se muestra un método totalmente distinto. Se sustituyen las tablestacas por cajones, los que se construyen fuera de la obra y se trasladan a ella mediante flotación.

Ya situados en el lugar preciso de la entibación o atagüía, se rellenan de piedras u otra materia pesada, provocando el hundimiento del cajón para poder extraer después el agua. Luego de haberla extraído, se excava para poder asentar los cajones, y ya asentados los mismos en su lugar, se rellena de arcilla un talud en la parte que da cara al agua.

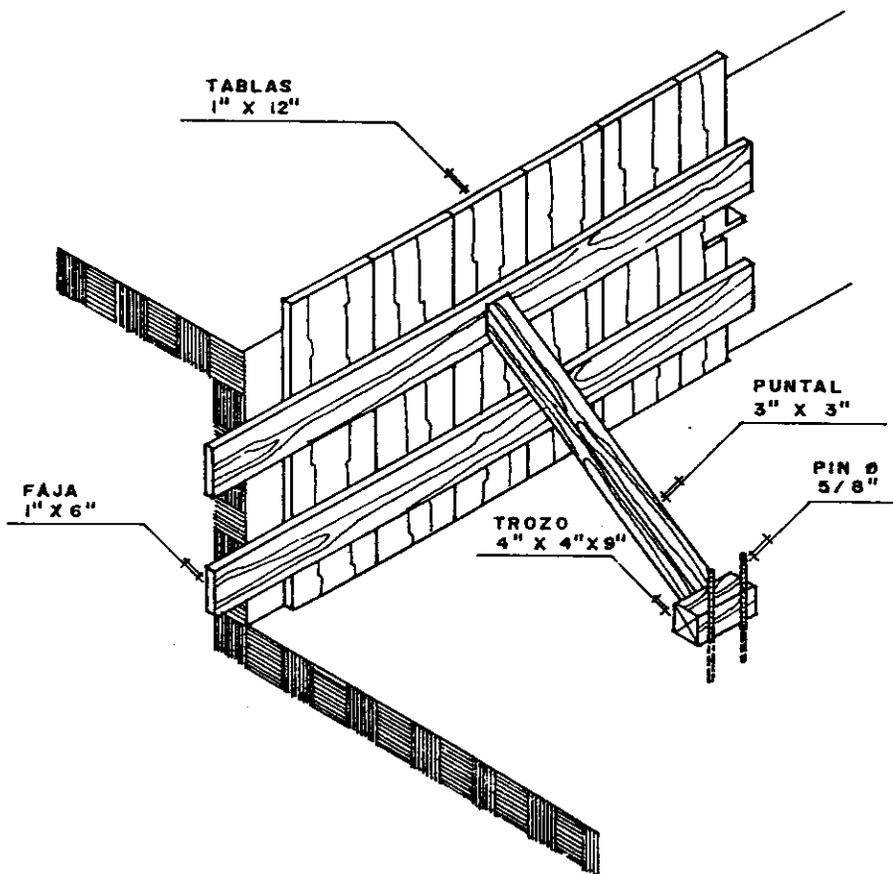
Figura # 274



ATAGUIA DE CAJONES

7.4.4 Entibación a cielo abierto

A la entibación representada en la figura siguiente, se le conoce como a cielo abierto, porque corrientemente es realizada sólo en una pared que se corta verticalmente y que para evitar cualquier desmoronamiento del suelo, se fortalece la pared con un revestimiento en este caso, de madera. Ver figura # 275.



ENTIBACION A CIELO ABIERTO

Figura # 275

Figura 275. Fuente: Zurita Ruiz, José. Op. Cit., p. 97  
Elaboración propia.

7.4.5 Entibación de frentes y labores de minas  
Se utilizará madera, alternando con hierro o sólo hierro.  
Si el terreno ofrece seguridad, se puede entibar con ademes sencillos como se observa en la figura # 276.

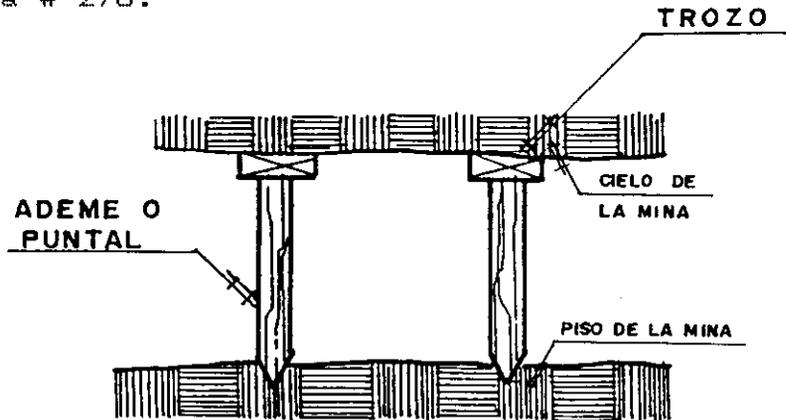
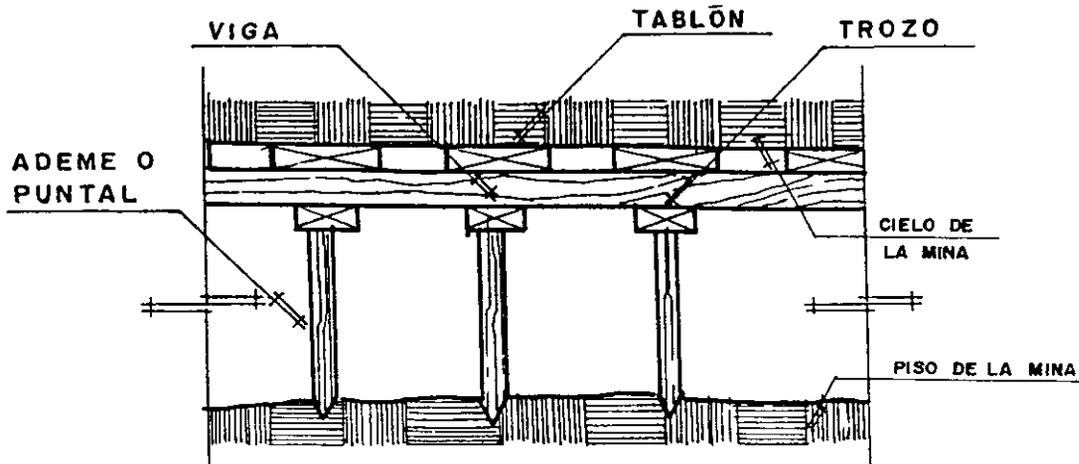


Figura # 276

SECCION LONGITUDINAL DE LA MINA

Si el terreno no es seguro, será necesaria una entibación más formal por lo que se usarán ademes y vigas, con trozos y tablones que soporten las tierras más flojas, logrando repartir la carga uniformemente sobre los puntales, como se observa en la fig. # 277

Figura # 277

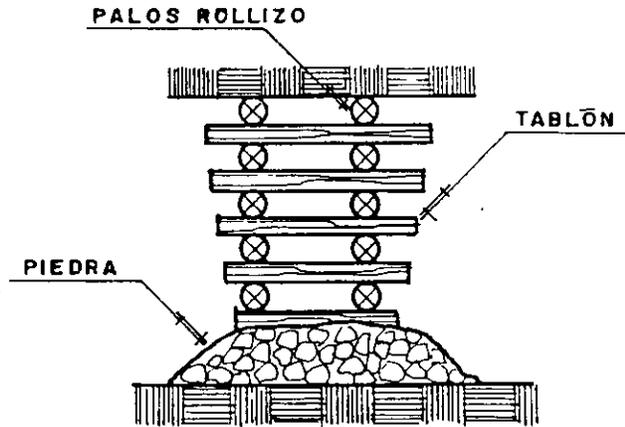


SECCION LONGITUDINAL DE LA MINA

Figura # 278

En esta figura, se observan los castilletes o torres, formados por tablones y palos rollizos, sobre una base sólida, en este caso de piedra.

Es en esta entibación donde también se utilizan placas hormigonadas y con mucha frecuencia, estemples metálicos. Ver figura # 278.



#### 7.4.6 Entibación de galerías

Los materiales que se utilicen dependen del tiempo de duración de las galerías. Si éstas se van a utilizar por corto tiempo, se empleará madera, y, si el terreno transmite presiones muy fuertes, hormigón.

##### 7.4.6.1 Entibación de madera

Las figuras # 279, # 280, # 281 y # 282, presentan los sistemas de entibación más utilizados.

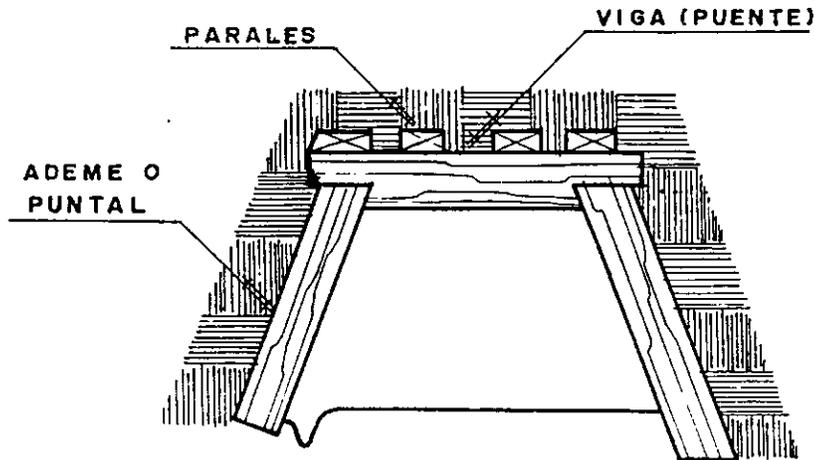


Figura # 279

Figura # 280

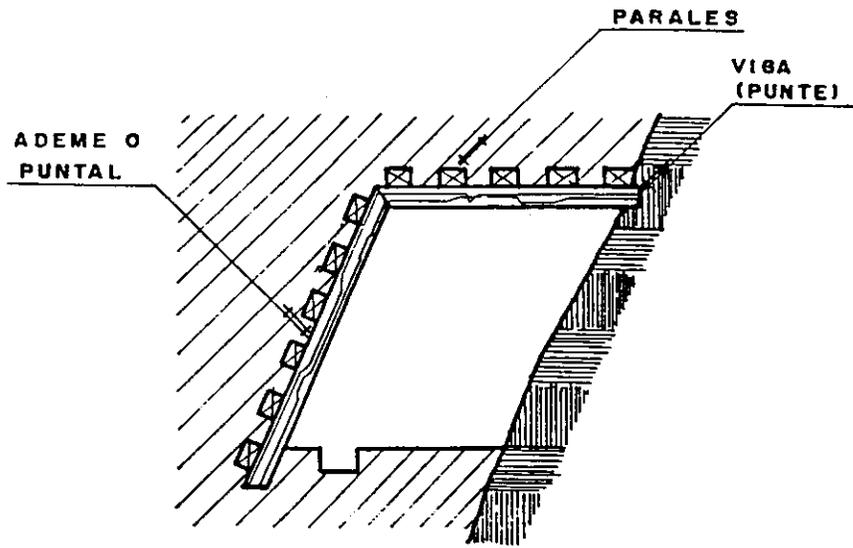


Figura # 281

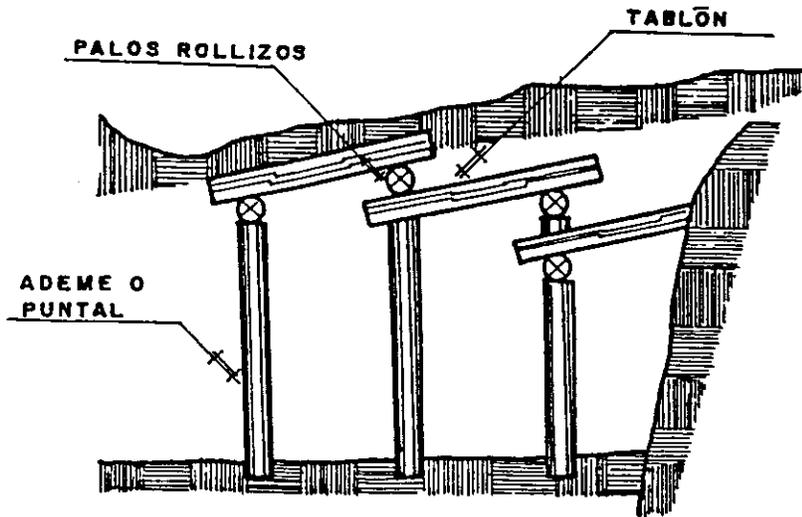
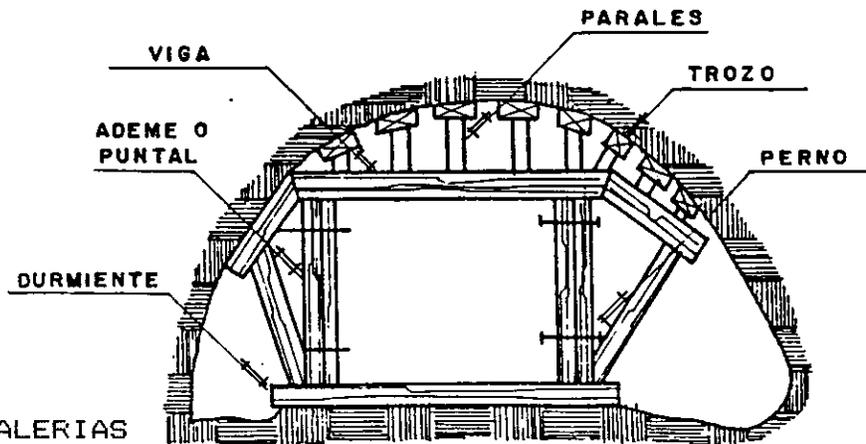


Figura # 282



ENTIBACIONES DE GALERIAS

Figura 280,281. Fuente: Ibid, p. 135  
Elaboración propia.

Figura 282. Fuente: Ibid, p. 136  
Elaboración propia.

#### 7.4.6.2 Entibación metálica

Las entibaciones son formadas con hierros de diversos perfiles. De ser necesario, se curvan para adaptarlos a las bóvedas y con el propósito de hacerla más elástica, en ocasiones se alternan de madera y hierro. Su forma y colocación es igual que en las de madera.

#### 7.4.7 Entibación de pozos

Los pozos según su utilidad se clasifican de la siguiente manera:

- Pozo artesiano o pozo de agua. ( agua potable )
- Pozo mouras o pozo negro. ( aguas negras )
- Pozo de acceso a minas. ( bajan a la mina )
- Pozo de cimentación. ( para cimentación de un edificio )

##### 7.4.7.1 Pozos de cimentación

Se llama así a las excavaciones que se realizan en el terreno donde van a construirse zapatas o dados de pilares que han de soportar un edificio.

Para la construcción de estos pozos, se deben tomar en cuenta la naturaleza del terreno, la profundidad de pozo la sección y el diámetro del mismo.

Si la profundidad del pozo es menor de 3.00 m. y la tierra es dura, no es necesaria la entibación.

Si es mayor la profundidad, debe entibarse parcial o totalmente, dependiendo de la consistencia del terreno.

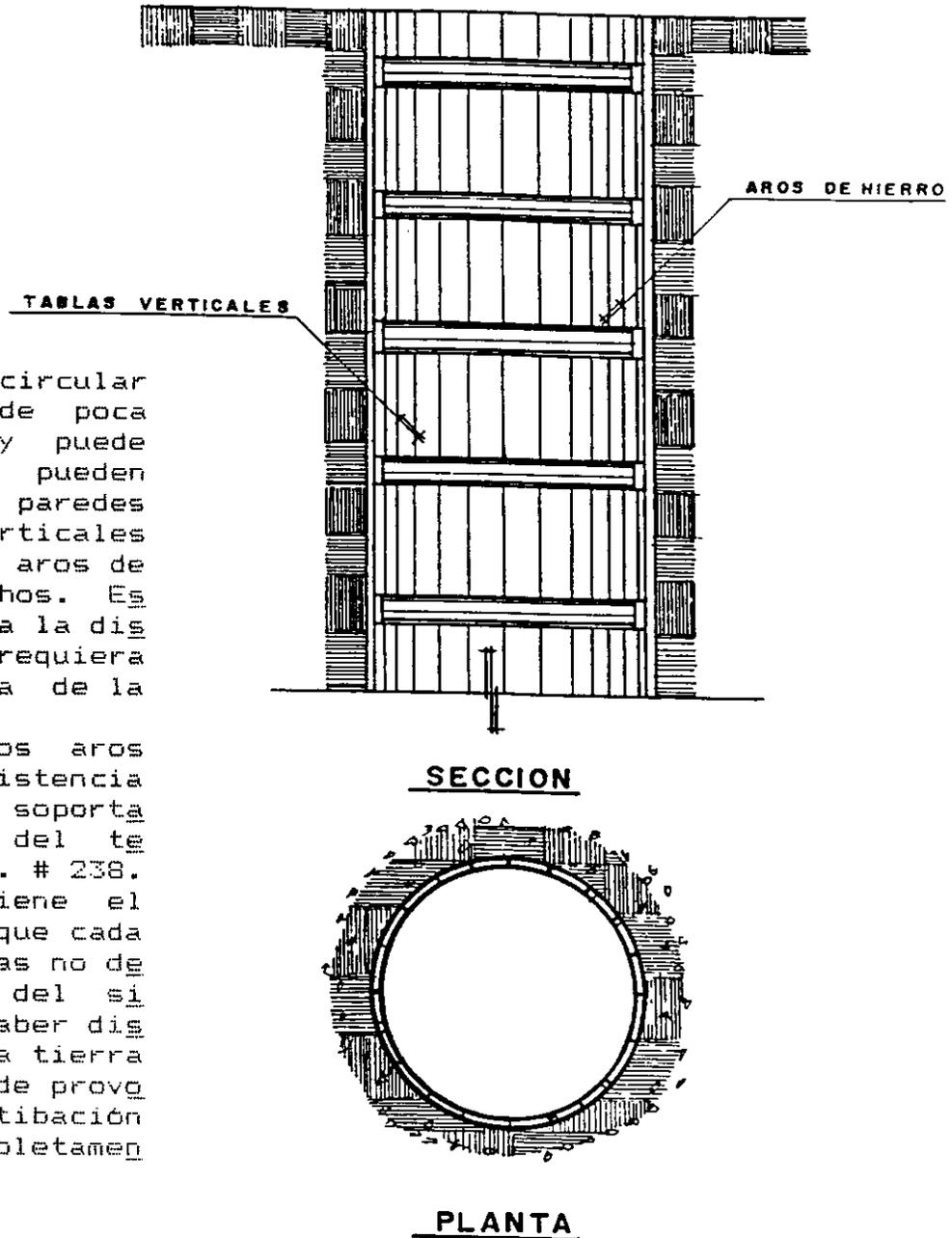
El criterio para la entibación está en función de la calidad de la tierra, de las paredes, porque si ésta amenaza con desprenderse, es imprescindible realizarla.

Como existen tierras falsas, es importante tomar las precauciones necesarias, por seguridad de los obreros.

7.4.7.2 Entibación de pozo circular

7.4.7.2.1 Entibación de madera y hierro para pozo circular

Figura # 283



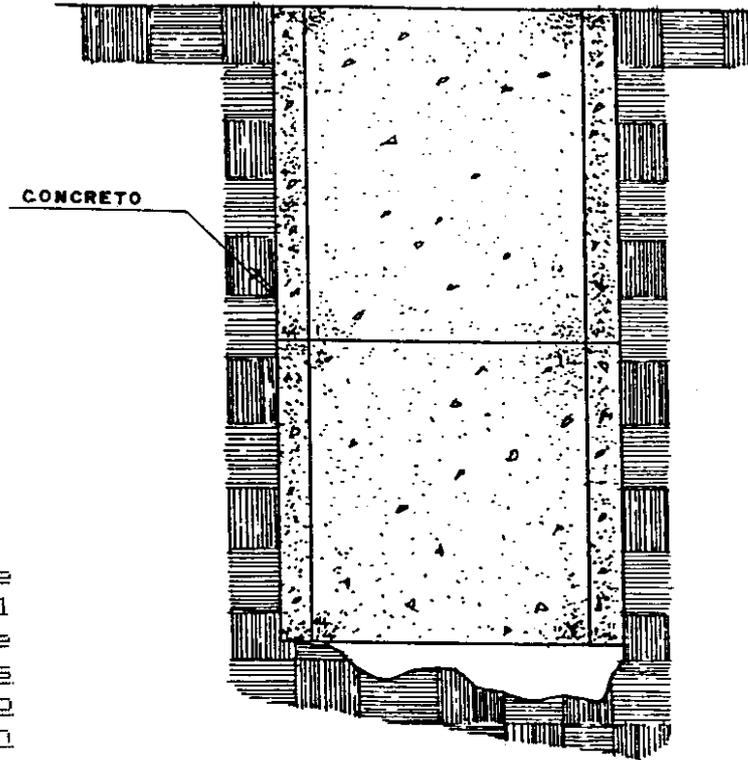
Si en el pozo circular la tierra es de poca consistencia y puede desprenderse, pueden revestirse sus paredes con tablas verticales aseguradas con aros de hierro o zunchos. Estos se colocan a la distancia que lo requiera la consistencia de la tierra.

La presión de los aros aumenta la resistencia de las tablas y soportará los empujes del terreno. Ver fig. # 238. Este sistema tiene el inconveniente que cada tramo de tablas no depende siempre del siguiente, y al haber discontinuidad y la tierra aflojarse, puede provocar que la entibación se derrumbe completamente.

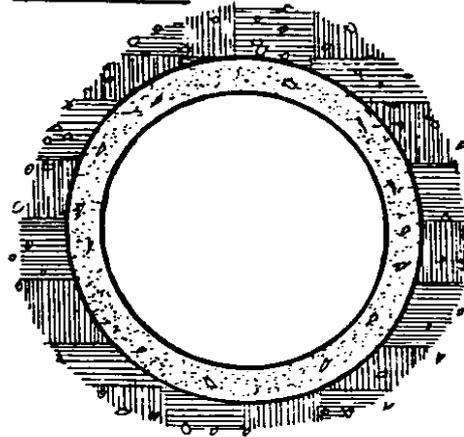
Figura 283. Fuente: Ibid, p. 138  
Elaboración propia.

7.4.7.2.2 Entibación de concreto para pozo circular

Figura # 284



SECCION



PLANTA

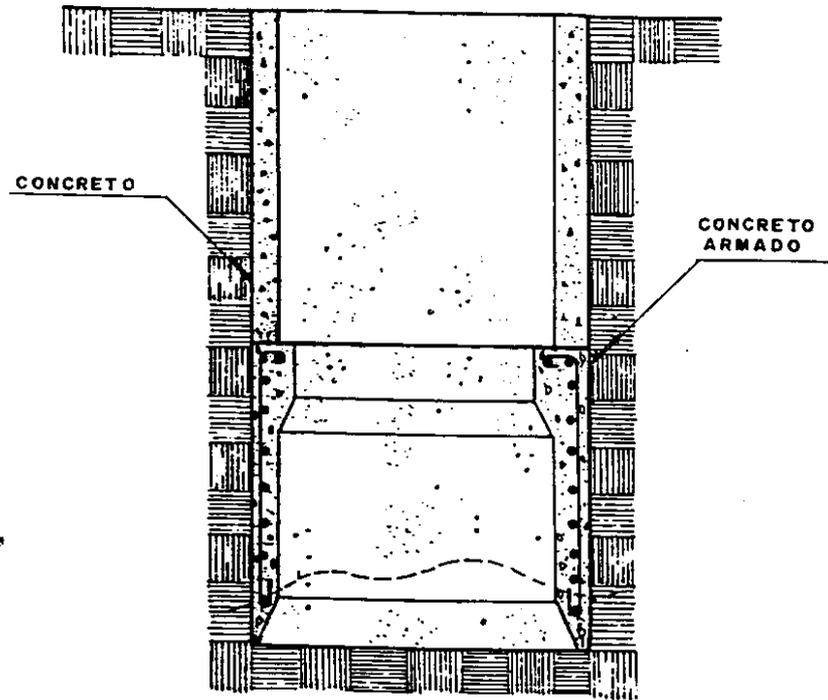
Cuando la tierra es de poca consistencia, el revestimiento se hace de concreto y, con esto se resuelve el problema de desmoronamiento de la tierra suelta. Este pozo se conoce como pozo indio. Esta entibación no es utilizada con mucha frecuencia, porque resulta antieconómica. Ver figura # 284.

-----  
Figura 284. Fuente: Ibid, p. 139  
Elaboración propia.

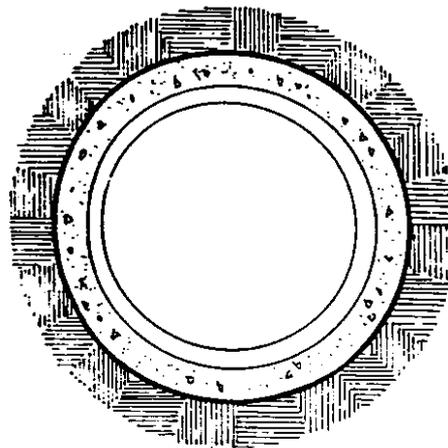


7.4.7.2.3 Entibación de concreto reforzado para pozo circular

Figura # 285



SECCION



PLANTA

En este pozo, el primer tramo se realiza con concreto reforzado, para que sus extremos sirvan de corte de terreno y se vayan hincando conforme se realiza la excavación; también los esfuerzos a que está sometido este tramo, están compensados con el refuerzo de acero, como se representa en la figura # 285.

Figura 285. Fuente: Ibid, p. 140  
Elaboración propia.

7.4.7.2.4 Entibación de ladrillo tayuyo para pozo circular cuando el terreno es muy flojo

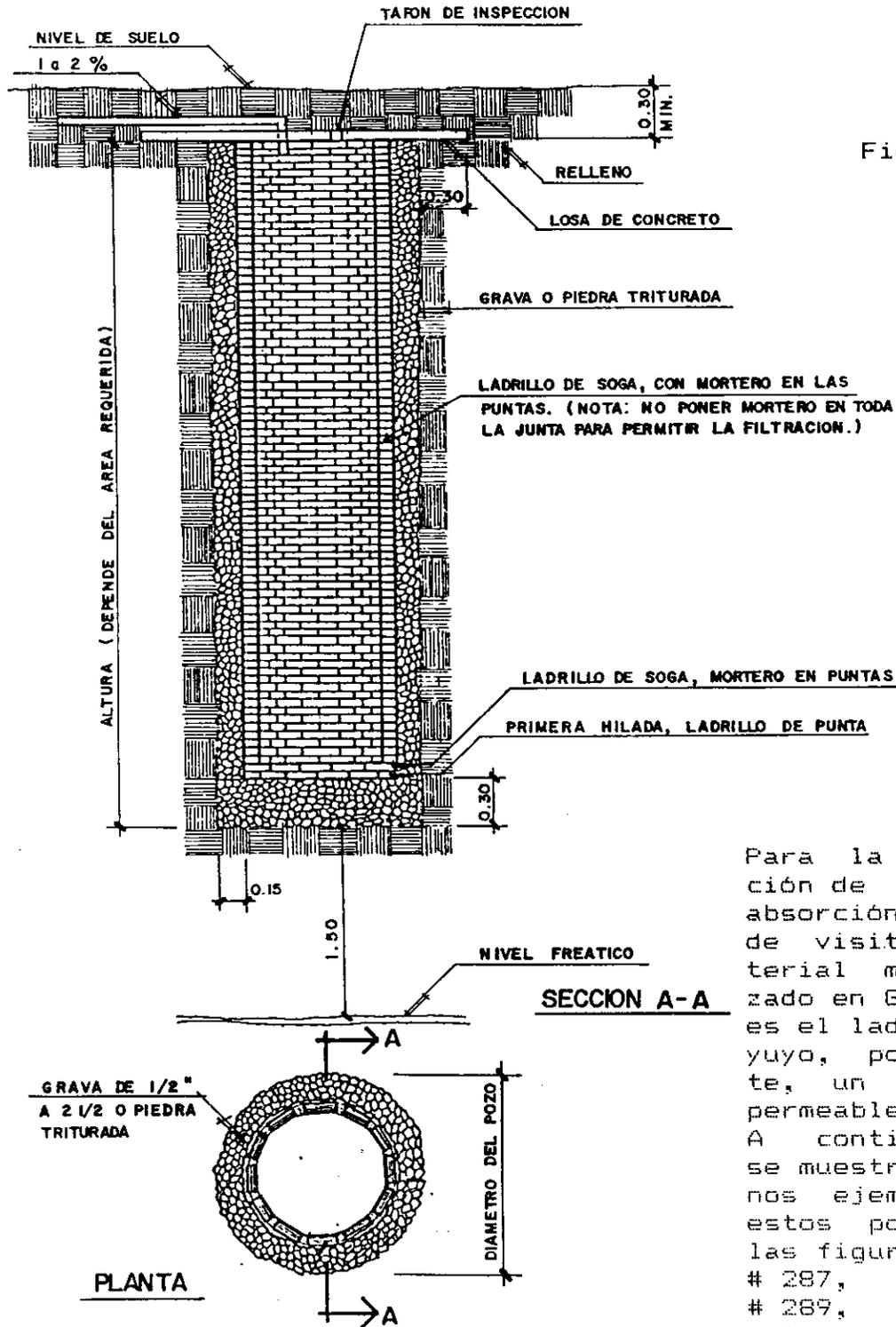


Figura # 286

Para la construcción de pozos de absorción y pozos de visita, el material más utilizado en Guatemala es el ladrillo tayuyo, por ser éste, un material permeable.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de estos pozos, en las figuras # 286 # 287, # 288, # 289, # 290 y # 291.

Figura 286. Fuente: Obras Públicas.  
Elaboración propia.

Pozo de visita

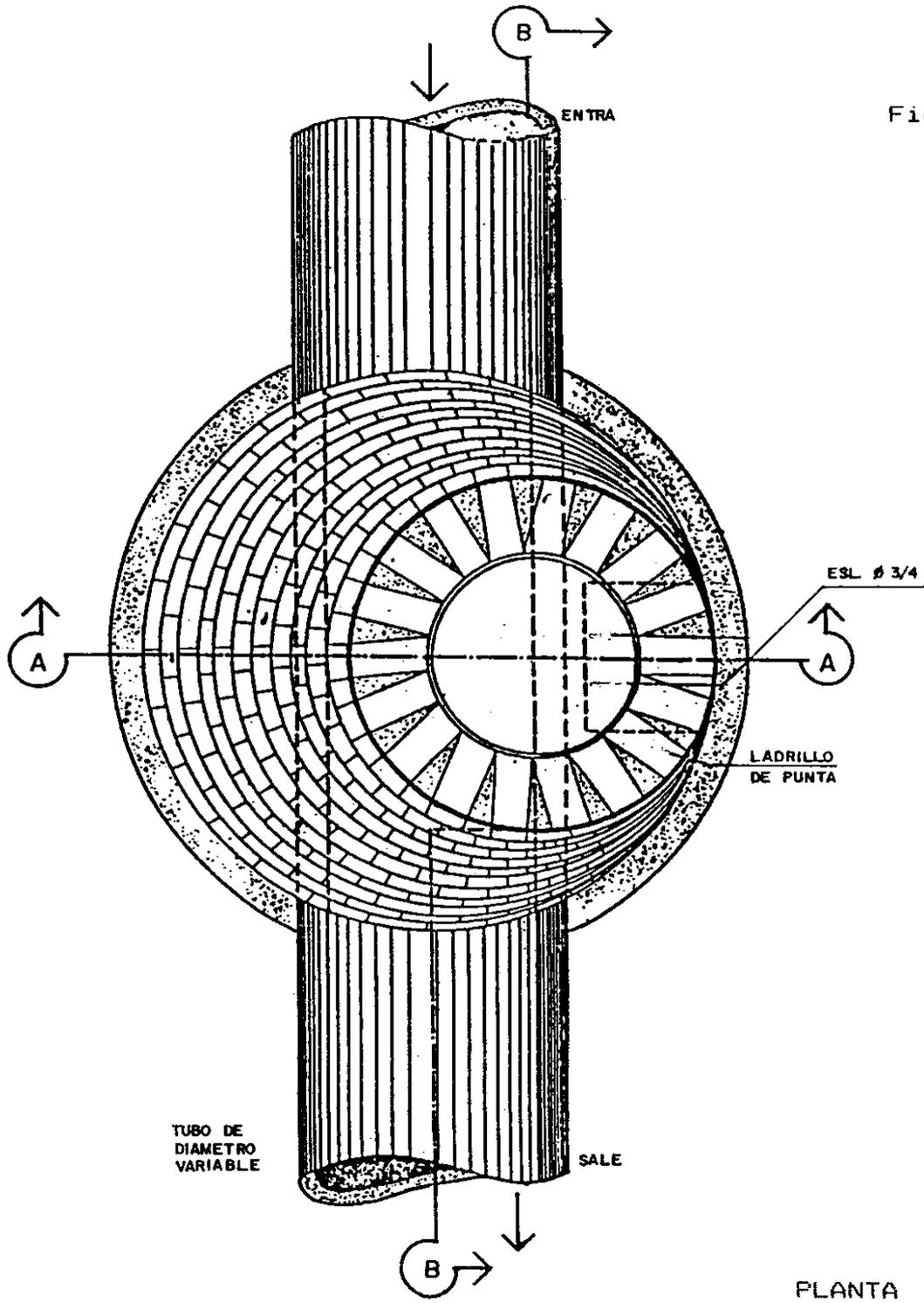
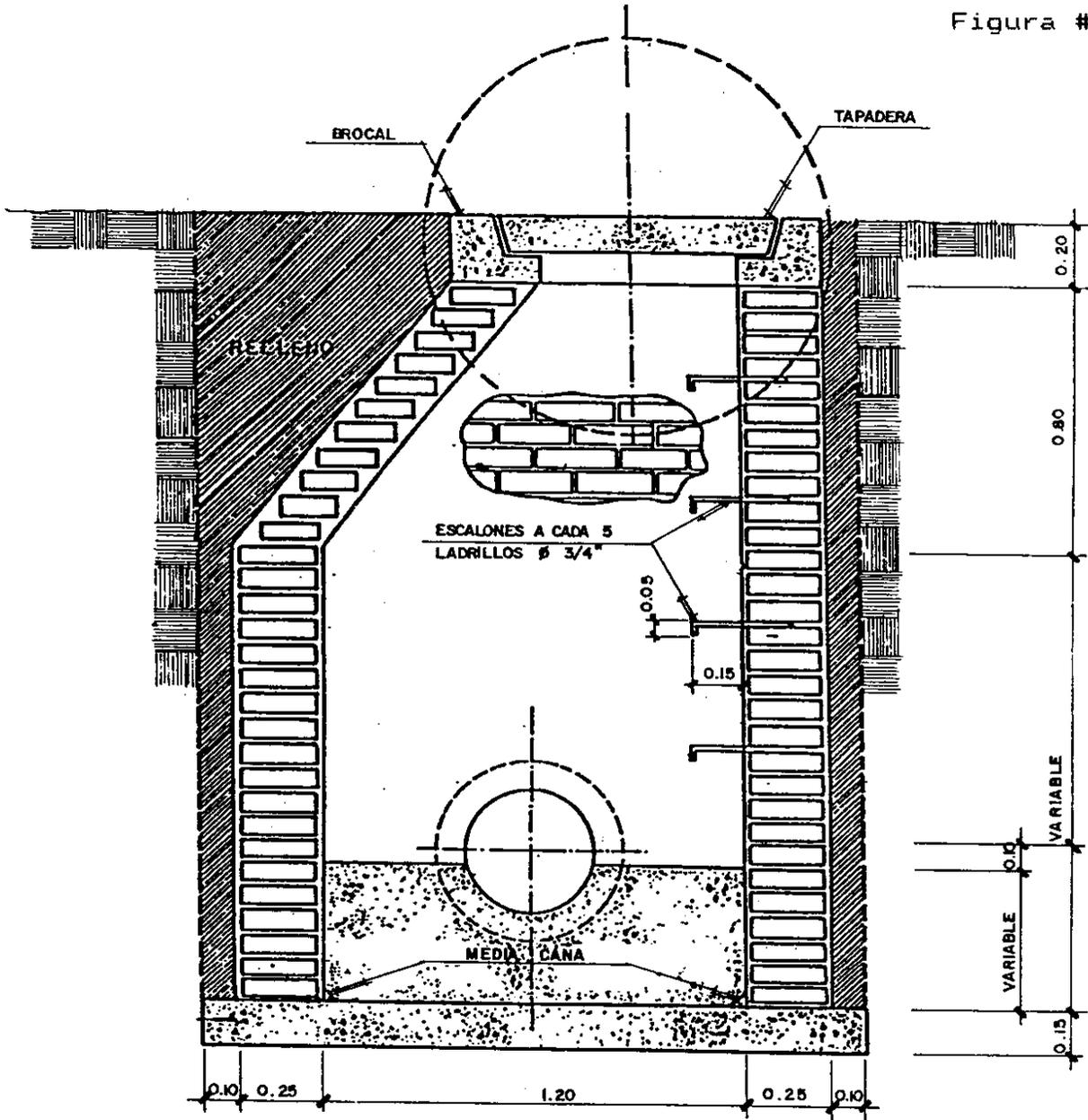


Figura # 287

Figura 287. Fuente: Obras Públicas.  
Elaboración propia.

Pozo de visita

Figura # 288

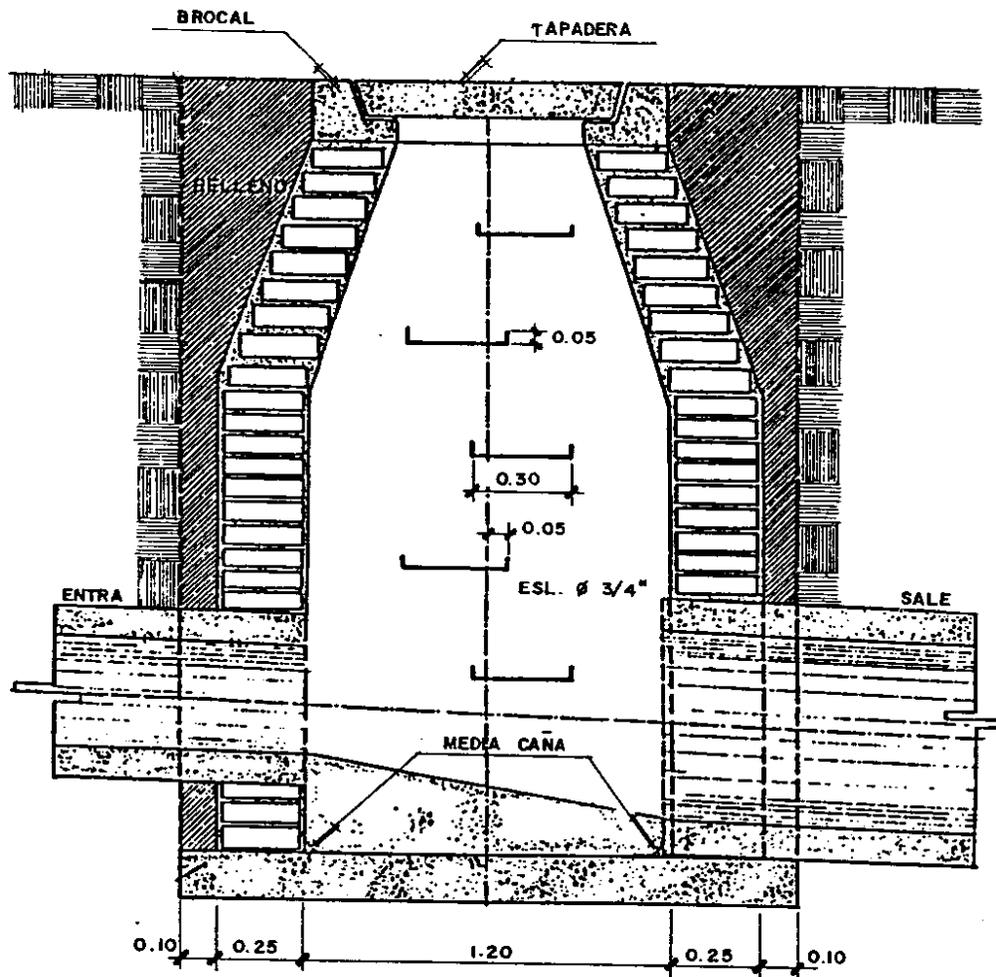


SECCION A - A

Figura 288. Fuente: Obras Públicas.  
Elaboración propia.

Pozo de visita

Figura # 289



SECCION B - B

Figura 289. Fuente: Obras Públicas.  
Elaboración propia.



Pozo de visita con caida

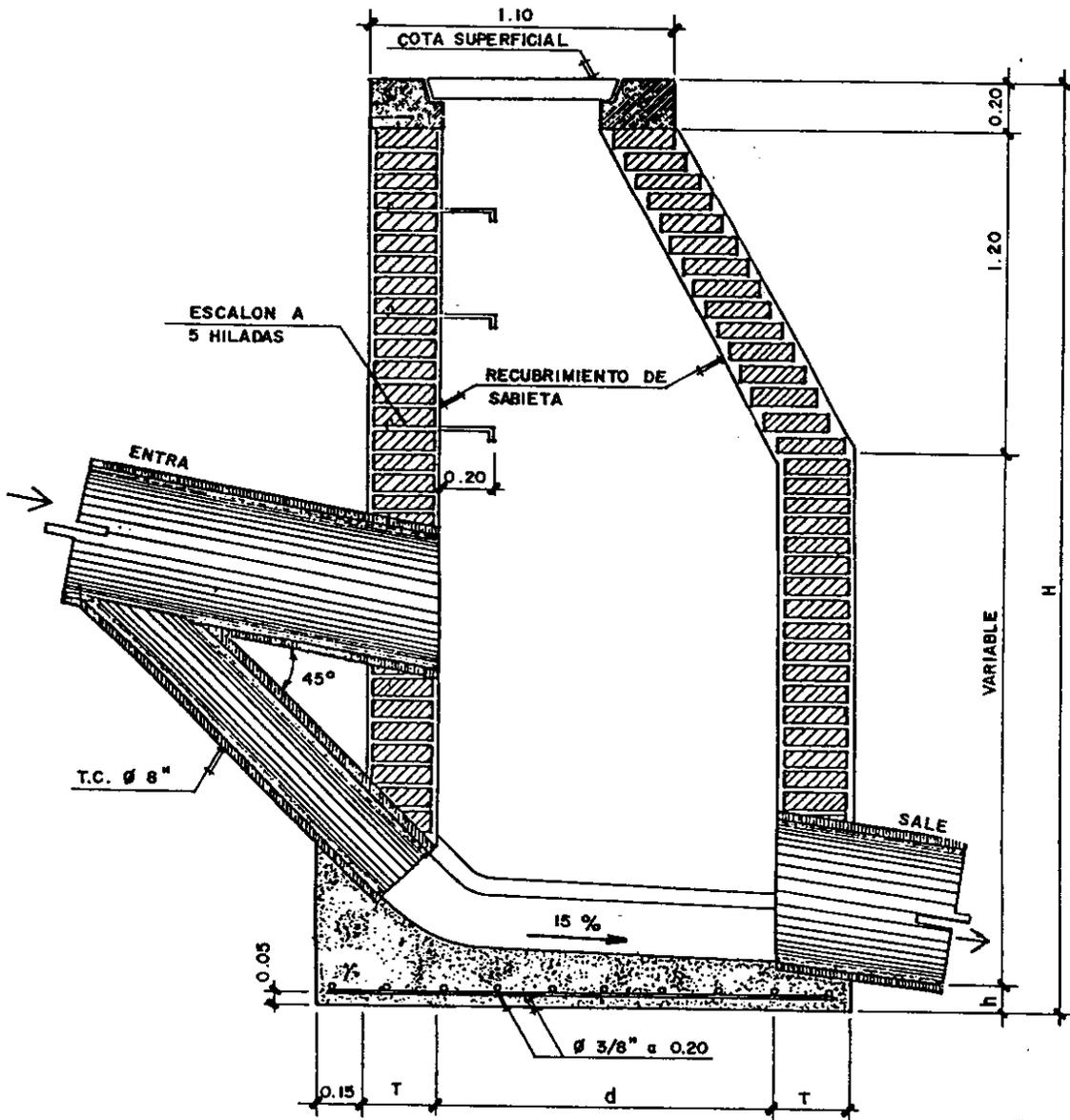


Figura # 291

Figura 291. Fuente: Obras Públicas.  
Elaboración propia.

7.4.7.3 Entibación de madera para pozo cuadrado o rectangular

Figura # 292

Estos pozos son más difíciles de abrir que los circulares, pero tienen la ventaja de poder ser apuntalados por medio de codales, que presentan mayor seguridad y confianza para los obreros. Este tipo de pozo es recomendable para terrenos flojos. Su revestimiento se hace con tablas horizontales, aseguradas con tablas verticales donde se van apoyando los codales que pueden ser de madera aserrada o rolliza. Los codales se colocan de tal manera que permitan el paso a los obreros y éstos puedan bajar sus herramientas. Esta entibación se observa en la figura # 292.

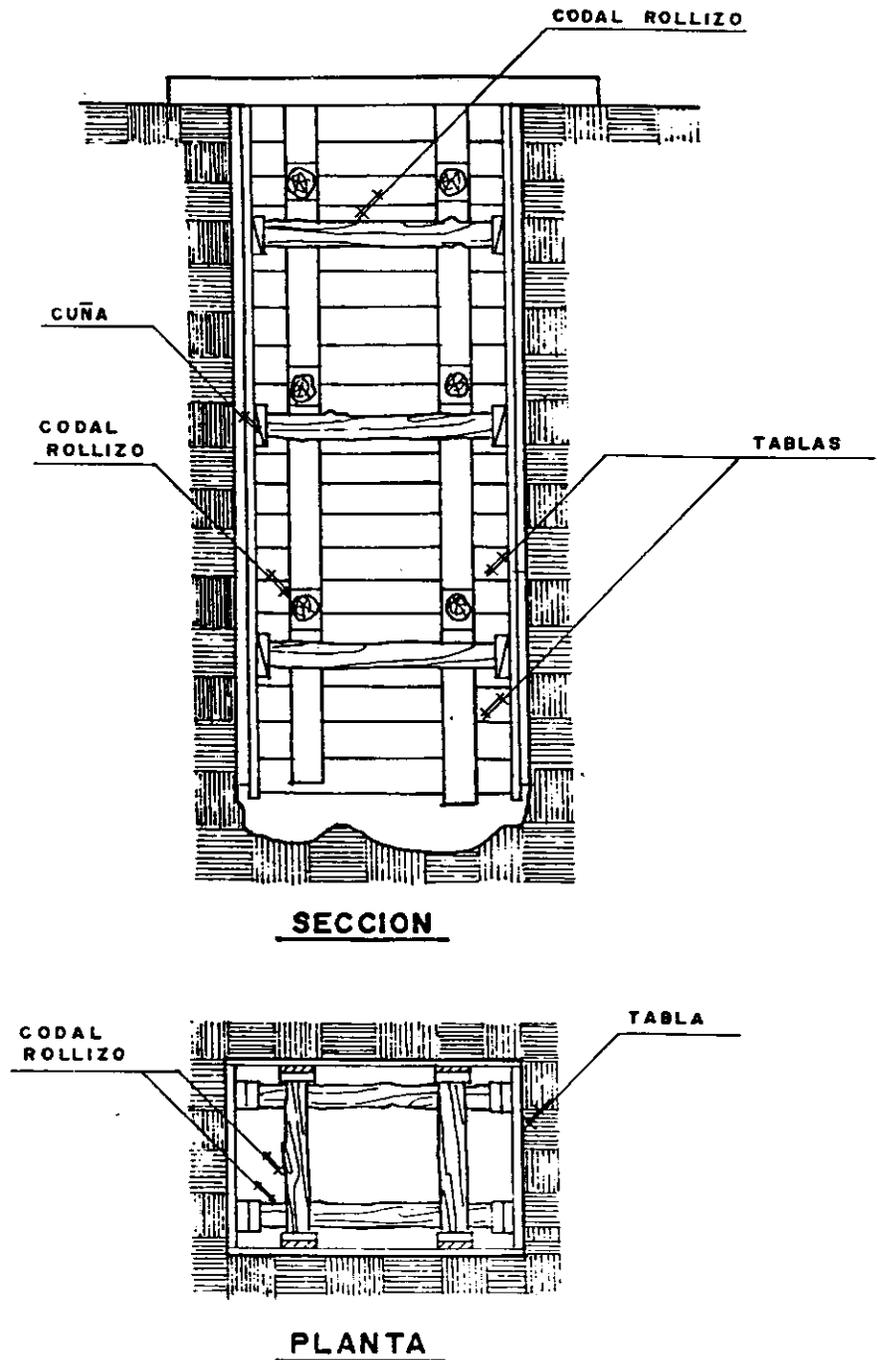


Figura 292. Fuente: Ledo, J.M. Op. Cit., p. 142  
Elaboración propia.

## 7.5 Métodos de entibación

### 7.5.1 Métodos de entibación en túneles y minas

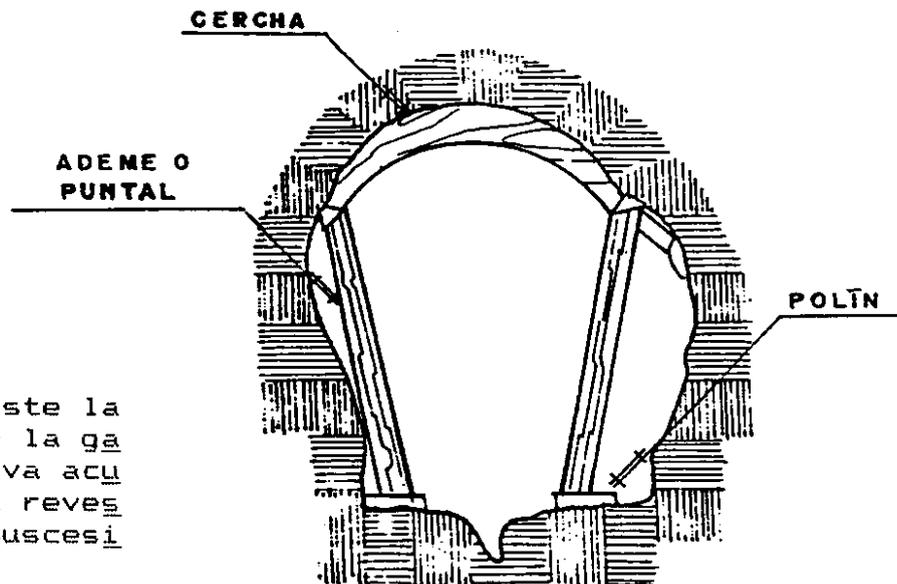
En la perforación de túneles existen varias clases de entibación, dependiendo de la calidad del terreno. La excavación de túneles no es fácil de trabajar, por lo que al principio se recomienda hacer trincheras para evitar el posible desmoronamiento de la tierra y facilitar, así, los trabajos.

A continuación se mencionan algunos de ellos, entre los diferentes métodos.

#### 7.5.1.1 Método Belga

Este método es aplicable y relativamente económico en terrenos cuya resistencia se califica como regular. Ver figura # 293.

Figura # 293



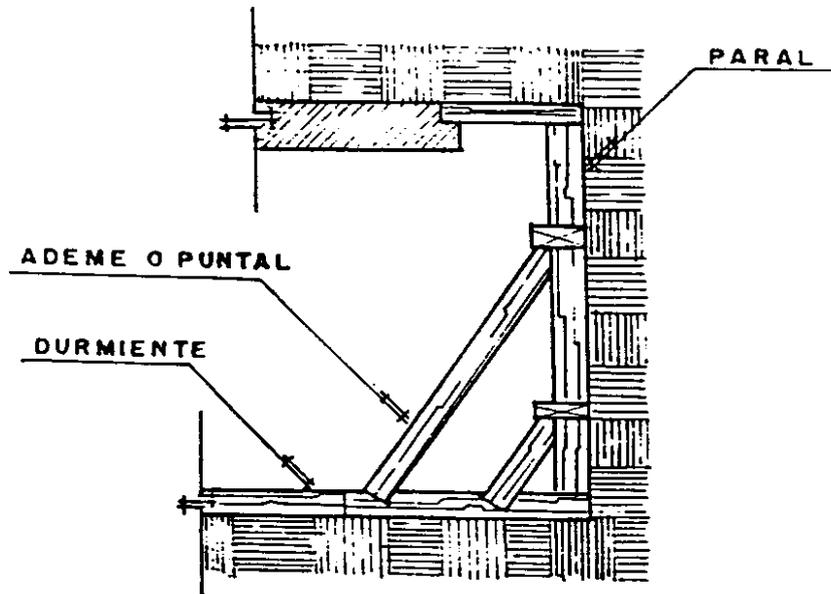
Se excava, se reviste la parte superior de la galería y luego se va acurando la bóveda ya revestida, por tramos sucesivos.

ENTIBACION DE TUNELES  
METODO BELGA

7.5.1.2 Método Inglés

Este método no es aplicable en terrenos muy húmedos o de presiones muy fuertes, ya que es toda la sección la que se puede ensanchar simultáneamente, por lo que el frente debe apuntalarse perfectamente, como se observa en la figura # 294.

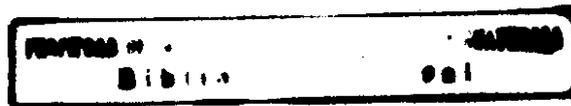
Figura # 294



ENTIBACION DE TUNELES  
METODO INGLES

La entibación debe realizarse a distancias cortas ( de 3.00 m. a 7.00 m. ) y carga sobre la pared ya revestida.

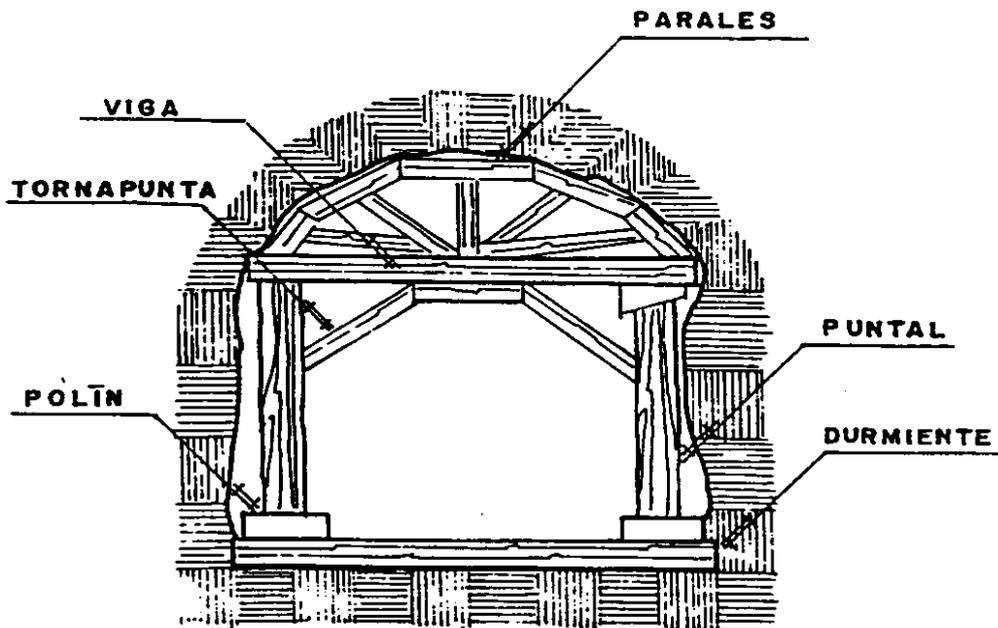
Figura 294. Fuente: Ibid, p. 131  
Elaboración propia.



7.5.1.3 Método Austriaco primitivo

En este también se excava toda la sección simultáneamente, y la cantidad de madera que se utiliza, dificulta las actividades de los trabajadores. Esto puede evitarse, si el ancho del túnel es grande, ya que así, se forman una especie de puertas que son las que permiten el paso de los trabajadores.

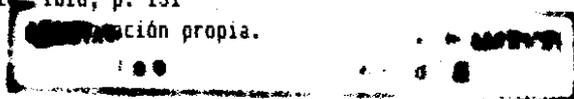
Este método es aplicable en terrenos sujetos a presiones fuertes. Ver fig. # 295.



ENTIBACION DE TUNELES  
METODO AUSTRIACO PRIMITIVO

Figura # 295

Figura 295. Fuente: Ibid, p. 131



### 7.6 Consolidación del terreno

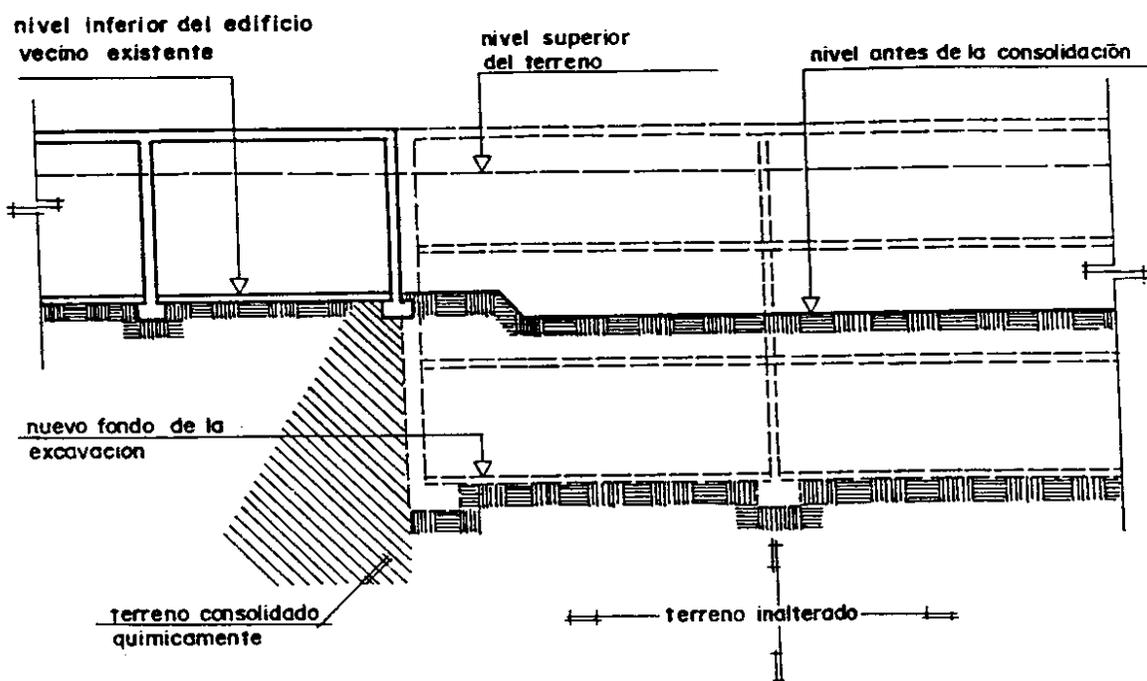
En terrenos no cohesivos, la consolidación química de los mismos, es otra posibilidad de entibación de excavaciones y el recalce de cimentaciones poco profundas de edificaciones contiguas. Por lo estrecho de los terrenos, la consolidación química permite el aprovechamiento al máximo de los mismos entre los edificios ya existentes, inclusive si se prevén sótanos con cimentaciones a cierta profundidad.

Los terrenos no cohesivos permeables al agua, pueden consolidarse por medio de inyecciones químicas y, dependiendo de la composición granulométrica del terreno pueden seleccionarse distintos procedimientos, ( Método Monosol, Monodur, de Joosten y de Cementación ).

Los productos químicos o los a base de cemento, se introducen a presión en el terreno, debajo de los cimientos existentes, por medio de tubos inyectoros. Luego se forma un bloque pétreo artificial en una probeta cúbica, con la que se hacen ensayos de laboratorio para conocer las características propias del terreno.

Durante la excavación, puede cortarse verticalmente el terreno consolidado debajo de las construcciones, respetando la alineación respectiva.

A continuación, se da un ejemplo de consolidación química. Ver figura # 296.



CONSOLIDACION DEL TERRENO

Figura # 296

Figura 296. Fuente: Schmitt, H. Op. Cit., p. 13  
Elaboración propia.

En el desarrollo del capítulo, hemos visto algunos sistemas de entibación que se restringen a excavaciones pequeñas, donde se puede apuntalar por medio de codales, puntales verticales o puntales inclinados.

En el caso de excavaciones de grandes profundidades, resultaría antieconómico dimensionar una entibación con la que se pudieran proteger las paredes de la excavación, además de que, si se utilizaran puntales inclinados, obstaculizaría el trabajo de obreros y maquinaria.

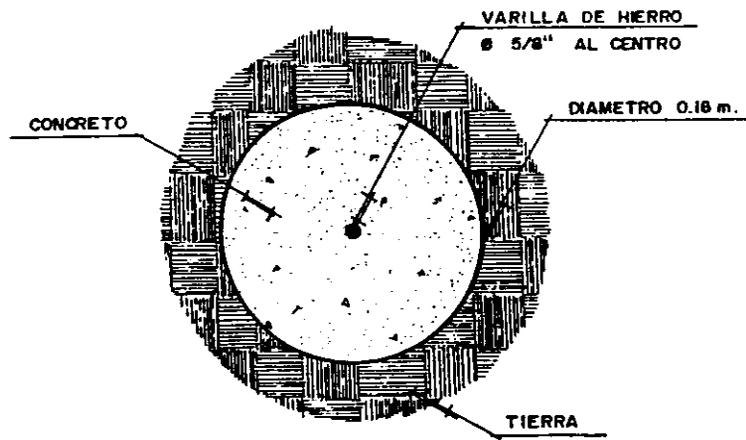
De un proyecto en Guatemala, se menciona un ejemplo real, a continuación, de una obra en construcción, en la que se utiliza una entibación por consolidación del terreno un revestimiento en las paredes de la excavación.

#### Descripción del proceso de consolidación del terreno y revestimiento de las paredes de la excavación

En este caso, la consolidación utilizada, consiste en que en el terreno que se desea afirmar, se perforan unos agujeros de 0.18 m. de diámetro aproximadamente por 5.80 m. de longitud, con una inclinación de 30 grados. Luego se introduce una varilla de hierro de 0 5/8" por 6.80 m. de longitud, para luego fundirlo *in situ*, y este anclaje se conoce como tendón o clavo. Debe quedar 1.00 m. de varilla, salida del muro, para que, en el momento que la construcción avance, estas puntas se doblen. Los tendones se colocan horizontalmente a una distancia de 1.50 m. y verticalmente a 2.00 m. Estas medidas son aproximadas, ya que los tendones se diseñan y calculan previamente, dependiendo de la consistencia del terreno.

Cuando los tendones están en su lugar, se colocan en la pared de la excavación electromallas (armadura) de hierro de 1/4" a cada 25 cm. en ambos sentidos, que se aseguran por medio de bastones de hierro de 3/8" x 2.00 m. de longitud anclados a la pared, colocando tantos como sea necesario. Después se aplica un revestimiento de sabieta o concreto, con un espesor no mayor de 1", dependiendo de lo duro o lo flojo del terreno.

Esta consolidación y revestimiento, le da firmeza al terreno, evita desmoronamiento de tierra, accidentes y permite trabajar con toda seguridad y tranquilidad. Las figs. # 297 y # 298, son una representación de la descripción anterior.



SECCION TRANSVERSAL DEL TENDON  
( DE CONCRETO Y HIERRO 5/8" )

Figura # 297

SECCION TRANSVERSAL Y EL ANGULO DE PERFORACION Y COLOCACION DEL TENDON

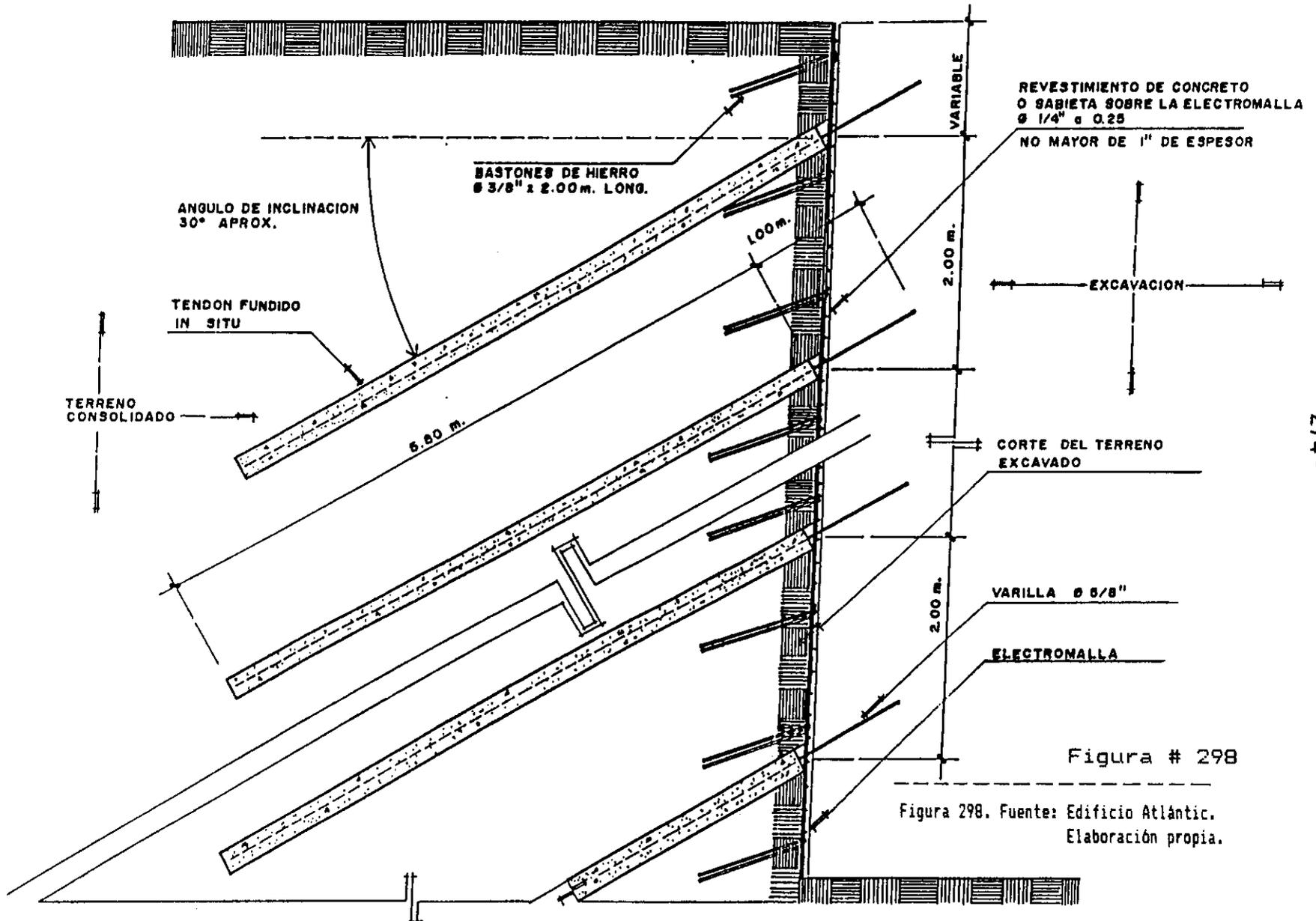


Figura # 298

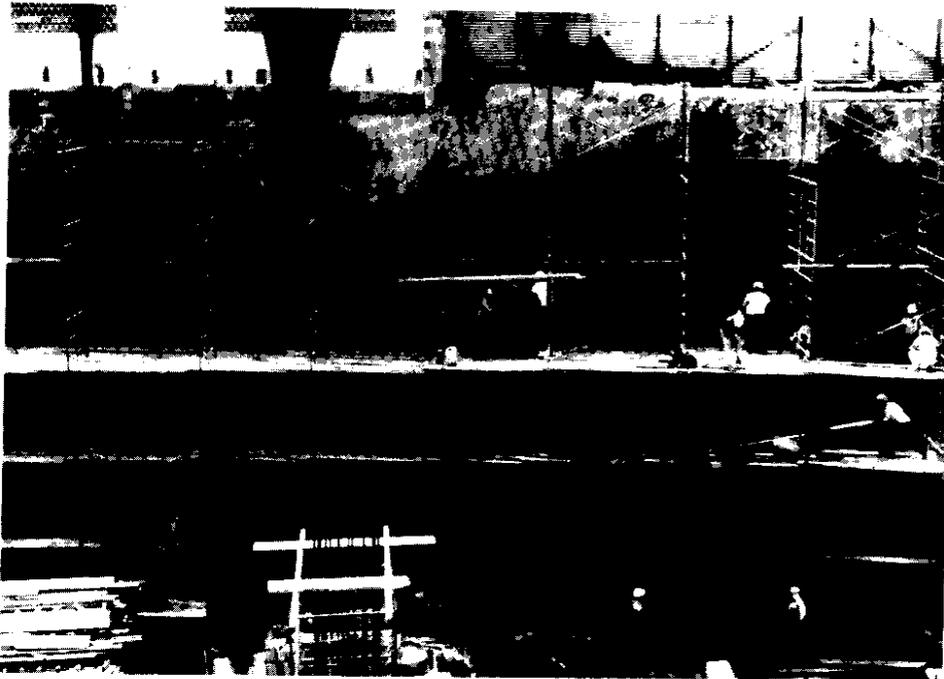
Figura 298. Fuente: Edificio Atlántic.  
Elaboración propia.

A continuación, se presentan unas fotografías donde se pueden observar algunas etapas del proceso de consolidación del terreno y revestimiento de las paredes.

En la fotografía # 8, se observa la profundidad ( 22.50 m. ) de la excavación y los cortes verticales del terreno contiguo.

Fotografía # 8





Fotografía # 9

En la fotografía # 9, se ven claramente el andamiaje de metal y madera, el corte vertical del terreno y en el centro, los operarios que se encargan de perforar los agujeros para los tendones, con una máquina y brocas especiales.

Fotografía # 10



En la fotografía # 10, los operarios se encuentran empujando la maquinaria sobre una estructura de hierro con 30 grados de inclinación.

En la fotografía # 11, se debe observar el tamaño de la broca. Para dar el largo del tendón, será necesario colocar una o más brocas acopladas y atornilladas entre sí.



Fotografía # 11



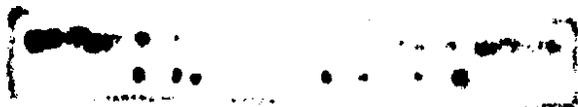
Fotografía # 12

En la fotografía # 12, se muestra el agujero terminado, listo para la colocación de la varilla de hierro de diámetro de 5/8 de pulgada, para que luego se funda con concreto.



En la fotografía # 13, se muestran la electromalla, el tendón fundido y el pedazo de varilla salido del muro.

Fotografía # 13



Fotografia # 14



En la fotografia # 14, la elec  
tromalla está colocada y asegu  
rada con los bastones de hie  
rro de diámetro de 3/8 de pul  
gada.



Las fotografías # 15 y # 16, muestran las paredes revestidas con cemento o sabieta y las puntas de los tendones. Como se observa, ya no existe peligro de desprendimiento de tierra y se ve la firmeza del terreno.

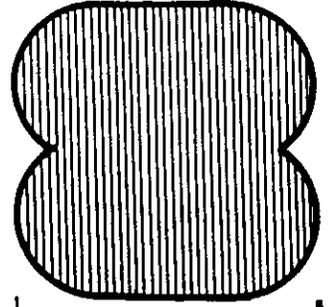
Fotografía # 15



Fotografía # 16



En esta fotografía, se observan  
las paredes ensabietadas y las  
puntas salidas de los tendones.



# **Apuntalamientos**

## 8.1 Generalidades

Los apuntalamientos son elementos o armazones provisionales de madera o hierro, que sirve para sostener un edificio completo o parte de él, mientras duran los trabajos de construcción, reconstrucción, restauración o demolición. Los apuntalamientos deben construirse adecuadamente, proporcionando seguridad al obrero y toda persona en general. Siendo la madera y el hierro, los materiales más empleados. Se debe tomar en cuenta que la madera esté en óptimas condiciones para que sea capaz de soportar los esfuerzos a que va a estar sometida. Una mala madera podría no resistir y fallar, ocasionando alguna tragedia. Los apuntalamientos son delicados que exigen el cuidado, vigilancia y dirección de un arquitecto o ingeniero.

Se debe insistir en que la madera debe estar en excelente estado.

No puede presentarse un apuntalamiento típico, ya que la solución dependerá de las características del proyecto.

## 8.2 Elementos que constituyen un apuntalamiento

### Piezas verticales

Estas se componen generalmente de pies derechos, postes y virotillos.

#### - Poste

Son piezas de sostenimiento de forma rolliza, sin escuadria.

#### - Pies derechos o puntales

Forman la parte principal del apuntalamiento, sus escuadrias deben estar calculadas para soportar los esfuerzos a que van a estar sometidas.

#### - Virotillos

Madero corto vertical y sin zapata que se apoya en un horizontal y sostiene otro inclinado.

### Piezas horizontales

A estas piezas pertenecen las sopandas, durmientes y codales.

#### - Sopandas

Son piezas situadas horizontalmente y acopladas a elementos horizontales, para reforzarlos. Son, esencialmente, piezas de refuerzo.

#### - Durmientes

Son piezas horizontales, que van sobre el piso del apuntalamiento. Sobre el durmiente se apoyan las piezas sustentantes, recibiendo las cargas y empujes.

#### - Codales

Son piezas inclinadas u horizontales que van atravesadas entre dos pies derechos o puntales.

### Piezas verticales

Entre estas piezas se encuentran los puntales, tornapuntas y riostras.

#### - Puntales

Son piezas que van directamente del elemento donde se apoyan, al elemento que va a sostener el apuntalamiento.

#### - Tornapuntas y riostras

Son piezas inclinadas que sirven para rigidizar la armazón.

Como no se puede hablar de un apuntalamiento clásico porque el apuntalamiento depende de las características de cada proyecto, únicamente se mencionan algunos ejemplos de ellos

### 8.3 Algunas clases de apuntalamientos

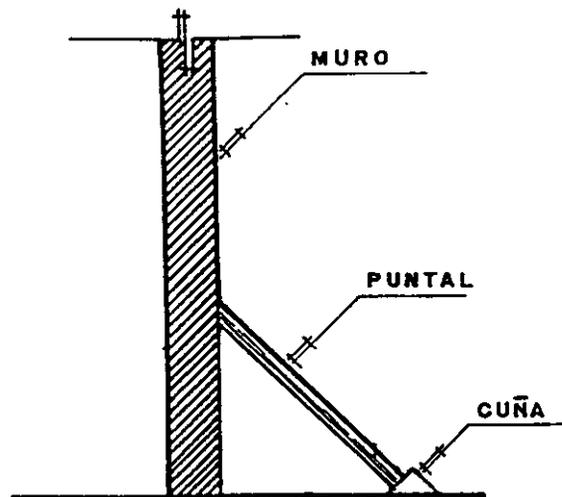
#### 8.3.1 Apuntalamiento de muros

El apuntalamiento de muros no varía mucho entre uno y otro aunque dependerá del problema que se presente.

Puede presentarse un muro desplomado, agrietado o que sufra algún tipo de deslizamiento.

Cuando el muro tiene desplome, lo primero es apuntalarlo para evitar que se derrumbe, se consigue por medio de la colocación de los puntales, los cuales al recibir la carga la distribuirán a un durmiente, polín o trozo que están colocados en forma adecuada.

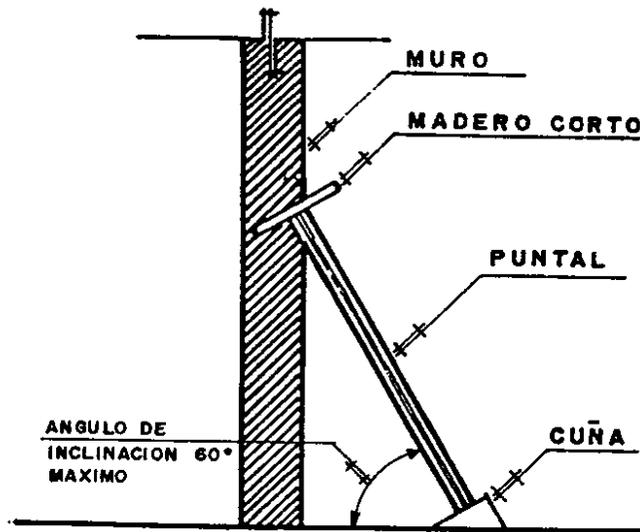
En la figura # 299 se muestra un apuntalamiento de un muro de baja altura que no necesita durmiente, sino sólo cuña.



APUNTALAMIENTO DE  
BAJA ALTURA

Figura # 299

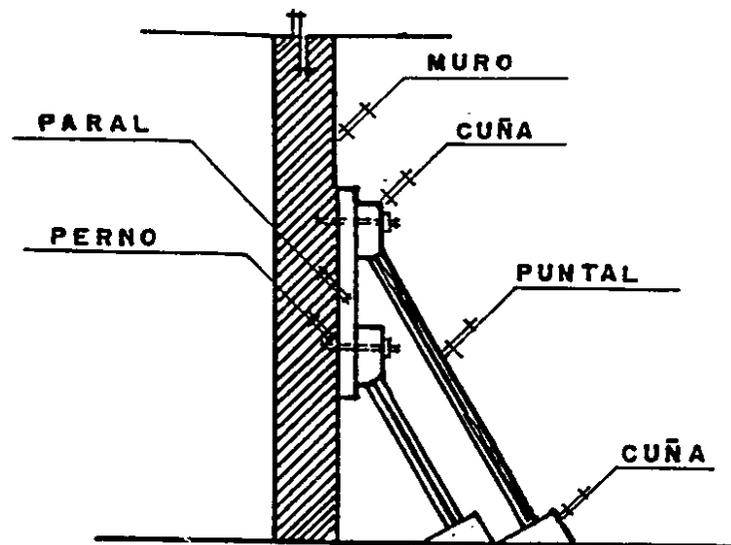
Figura # 300



En la figura # 300, se muestra la colocación de un madero corto o tablón anclado al muro, para asegurar que el puntal no se resbale.

APUNTALAMIENTO CON ANCLAJE EN EL MURO

En la figura # 301 el apuntalamiento ha mejorado porque los puntales van a asegurados a parales y pernos anclados al muro que garantizan mayor seguridad. Este sistema se puede utilizar cuando el muro presenta grietas horizontales.



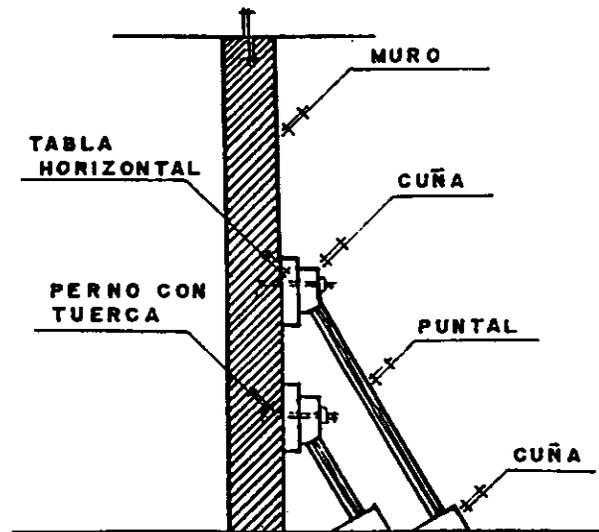
APUNTALAMIENTO CON PARALES Y PERNOS

Figura # 301

Figura # 302

Si el muro se agrieta de arriba hacia abajo, se puede emplear un apuntalamiento, que como se observa en la figura # 302, se colocan tablas transversales al agrietamiento, para que reparta las presiones adecuadamente.

Si el muro presenta un exagerado desplome y si está muy agrietado, se recomienda utilizar como apuntalamiento una armazón que cubra todo el muro.



APUNTALAMIENTO CON  
TABLAS HORIZONTALES

### 8.3.1.1 Otros apuntalamientos de muros

Entre otros apuntalamientos de muros existen apuntalamientos verticales. En ellos, algunos de sus miembros principales se colocan verticalmente. Además deben estar bien embreizados y colocados adecuadamente. Ver figura # 303.

La figura # 304, muestra un sistema de apuntalamiento horizontal, nombrado así, porque uno de sus elementos principales se coloca en posición horizontal, paralela al muro dañado.

Figura 302. Fuente: Ibid, p. 101  
Elaboración propia.



Apuntalamiento vertical  
de madera para muro

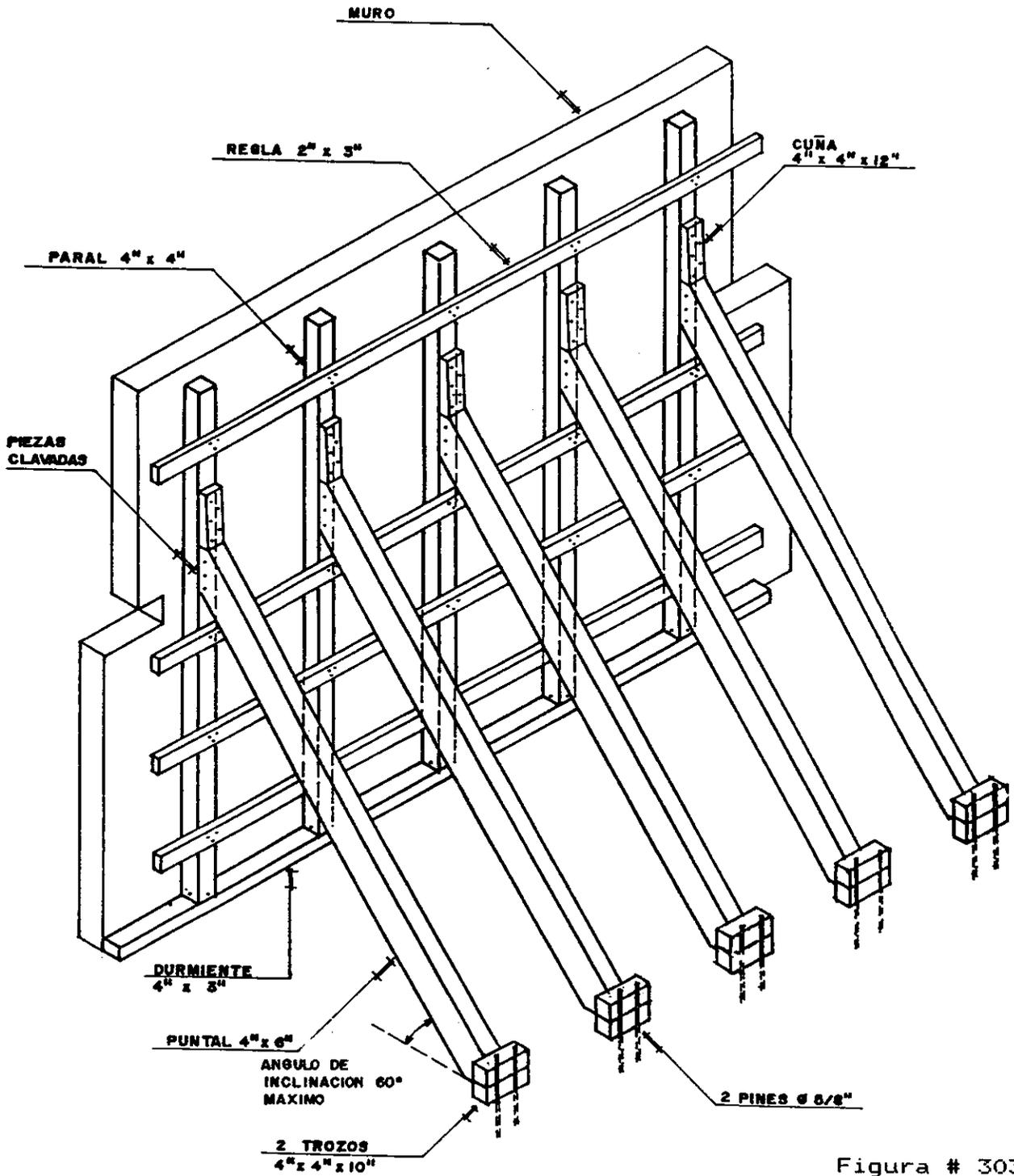


Figura # 303

Figura 303. Fuente: López Collado, Gabriel. Op. Cit.  
Elaboración propia.

Apuntalamiento horizontal  
de madera para muro

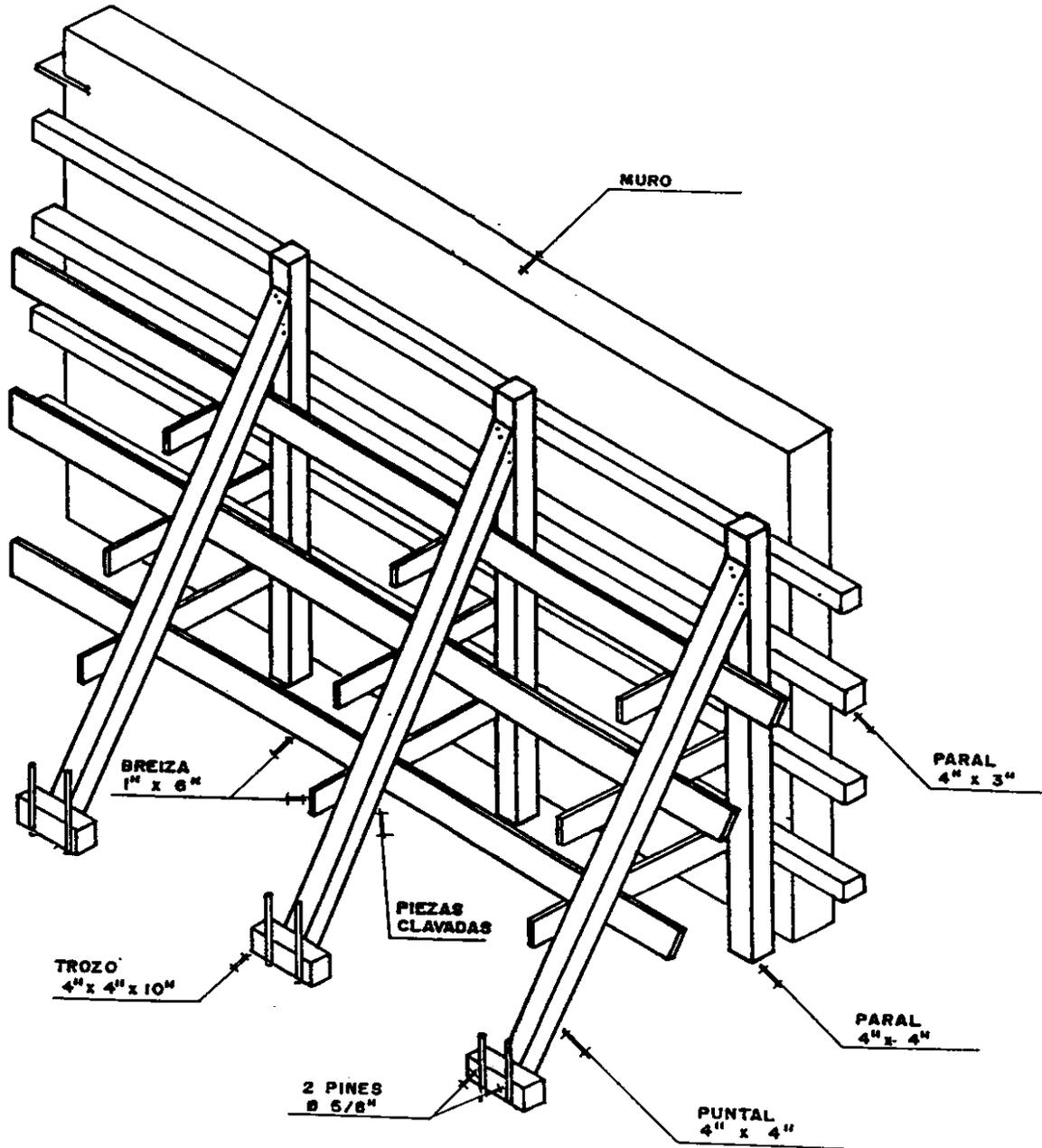
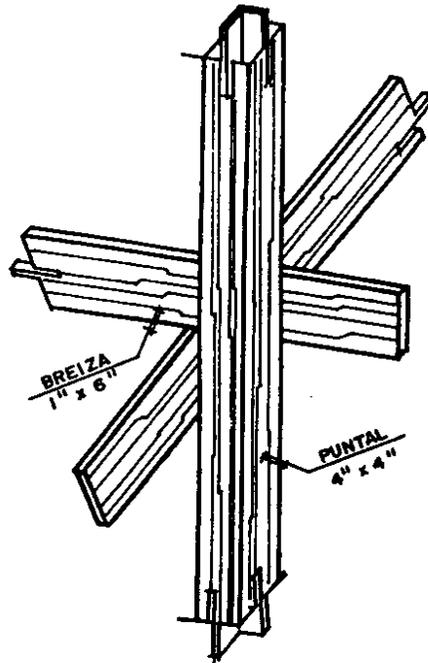


Figura # 304

Figura 304. Fuente. Ibid.  
Elaboración propia.

Figura # 305



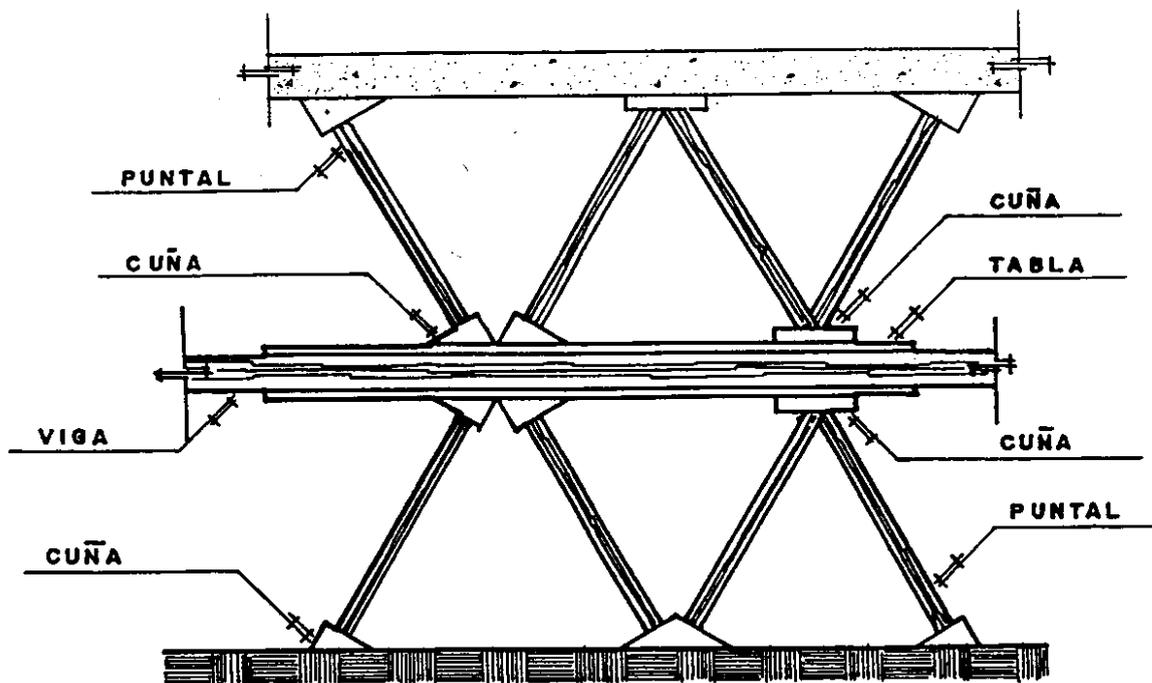
La figura # 305, representa un detalle de unión de piezas fundamentales, en el apuntalamiento horizontal.

### 8.3.2 Apuntalamiento de techos

Si el techo es alto, puede emplearse el sistema de varios niveles como se observa en la figura # 306, donde los puntales salen del suelo, inclinados, y se unen en una viga. Luego, otros puntales salen de la viga y se apoyan directamente en el techo que se desea soportar.

Estos pasos pueden repetirse dependiendo de la altura a la que se debe apuntalar; con ello se reduce la esbeltez de los miembros principales, dando mayor seguridad y estabilidad.

Figura # 306



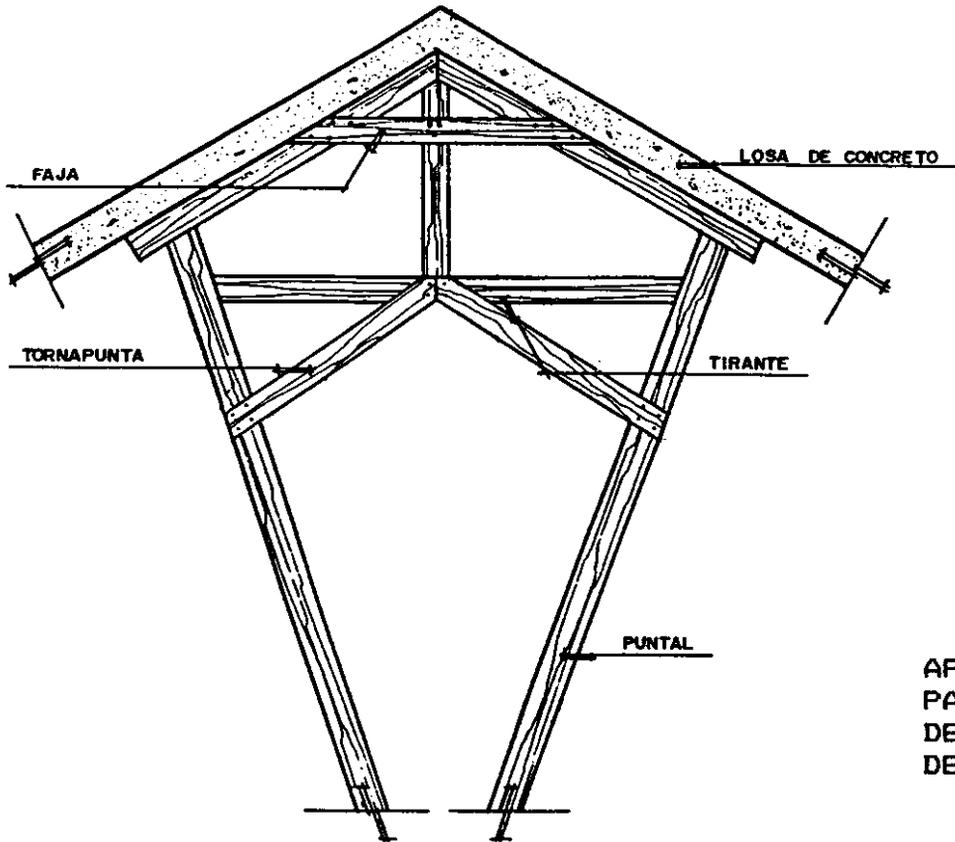
ELEVACION

Otro sistema de apuntalamiento es el que se utiliza para techo inclinado de losa de concreto o artesón de madera.

La figura # 307, muestra un sistema de apuntalamiento de madera, en el que se le da la forma del techo.

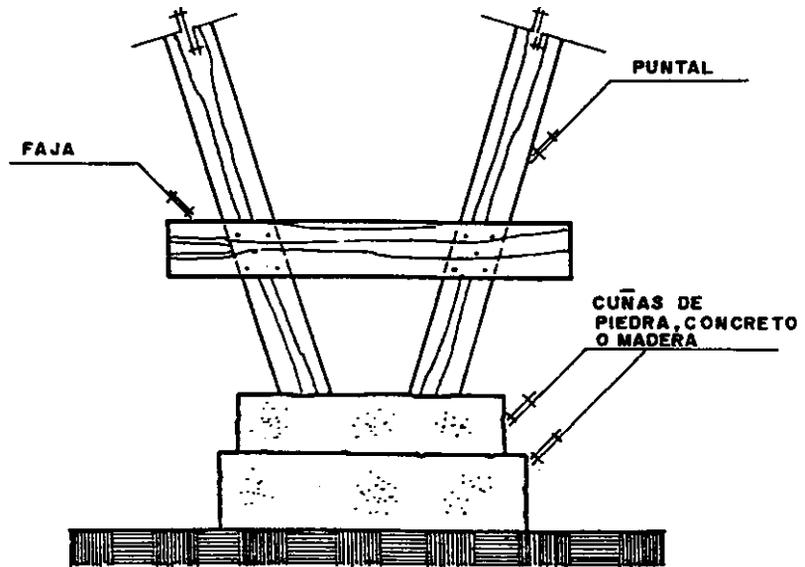
La figura # 308, es el detalle del tipo de apoyo para el sistema de apuntalamiento de techo.

Figura # 307



APUNTALAMIENTO  
PARA TECHOS  
DE ARTESON  
DE DOS AGUAS

Figura # 308



APOYO DE APUNTALAMIENTO

Figura 307,308. Fuente: López Collado, Gabriel. Op. Cit., p. 8  
Elaboración propia.

### 8.3.3 Apuntalamientos en deslizamientos

En monumentos o edificios históricos, son comunes las reparaciones o consolidaciones de muros con zonas movidas, por cimientos deslizados o por empujes de tierra. La primera etapa de la reparación será apuntalar estas zonas para estabilizarlas y trabajar sin riesgos.

En la figura # 309, se representa un muro de piedra que ha sufrido un deslizamiento. Se busca primero en el punto "A", terreno duro para colocar un durmiente de madera para repartir la presión en el terreno.

Luego, en el punto "B", se saca una piedra y se coloca un tablón que recibirá al puntal formado por una sola pieza, o varios tabloncillos unidos por medio de bridas.

El puntal se asegura al durmiente por medio de cuñas, sin golpearlas, para evitar dañar al muro. Estas cuñas se aseguran con un ejión para evitar que se afloje.

Este mismo procedimiento se realiza entre los puntos "A" y "C", rigidizando los puntales entre sí, por medio de manguetas.

Este tipo de apuntalamiento se repite a lo largo del muro, a distancias que determinen el diseño y el cálculo.

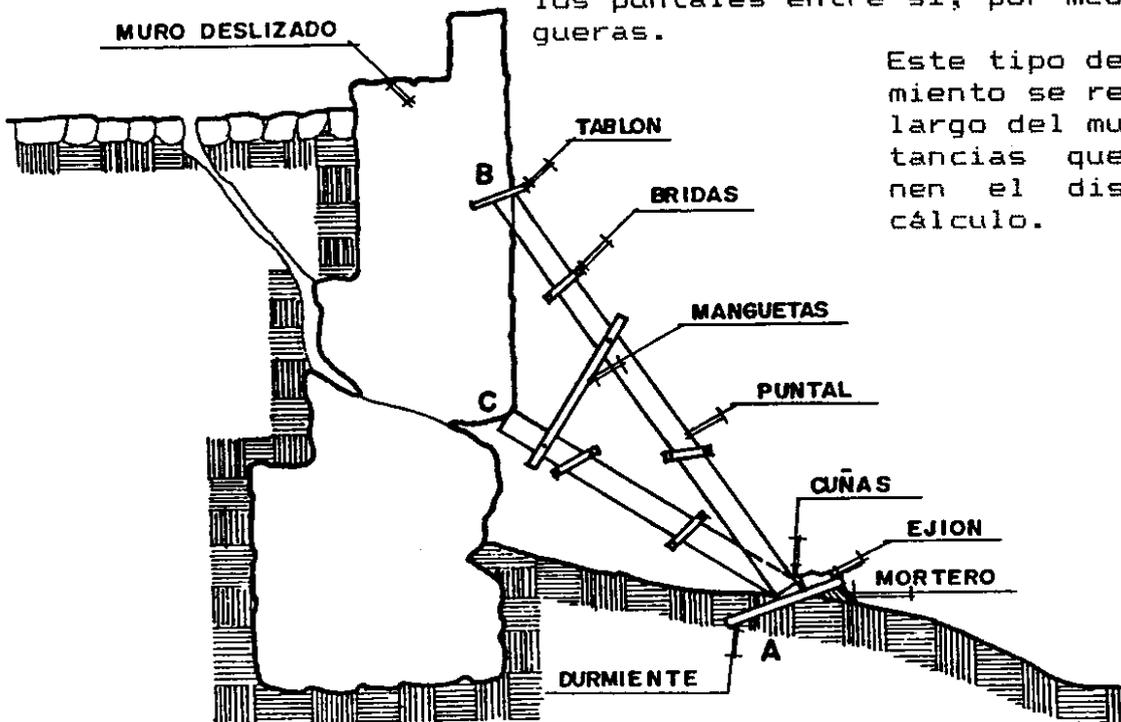


Figura # 309

Figura 309. Fuente: Ibid, p. 90  
Elaboración propia.

Cuando el terreno es suave en el punto "A" y no ofrece ninguna seguridad, se funden unas bases donde se apoyará el puntal, como se observa en las figuras # 310 y # 311.

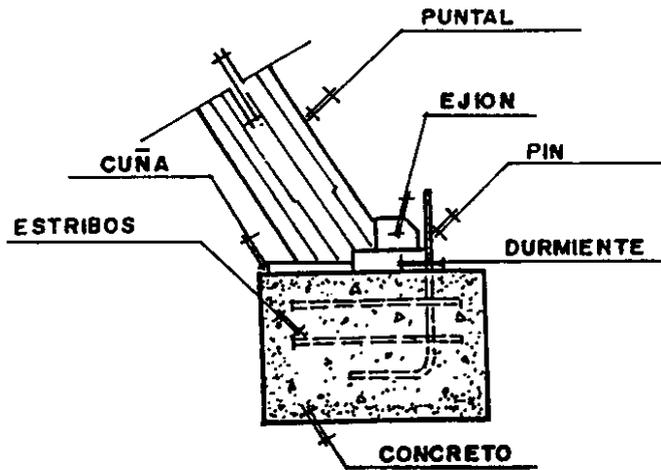
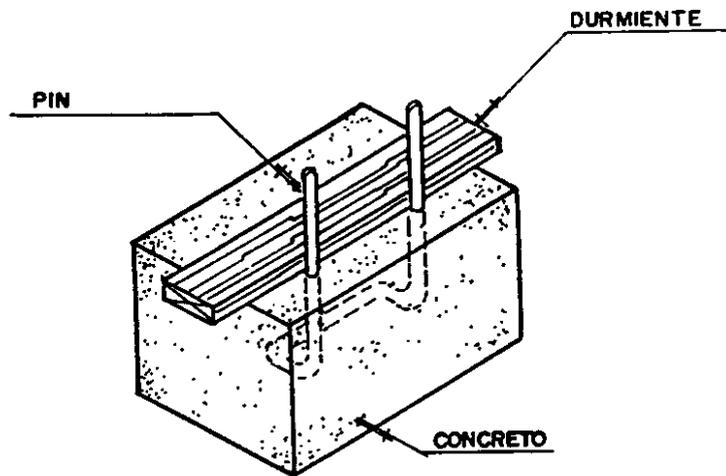


Figura # 310

Figura # 311



Si por el contrario, el deslizamiento fuera en la base del muro o una columna, como se observa en la figura # 312, se prepararían primero las bases de concreto en el punto "B" con un largo de 1.25 m. con 2 pines separados a cada 0.75 m. Luego en el punto "C", atravesando la solera, se clavarían varillas que coincidieran con el punto "B".

Otra variedad de apuntalamientos  
en deslizamientos

En el lugar donde está la grieta, en los puntos A - D, se perforarán en el muro, hacia arriba, unos mechinos por donde se atravesarán las asnillas, que son perfiles en I, separados entre sí, a una distancia aproximada de 1.00 m. luego se colocarán los durmientes en los puntos "H" y "G"; en "G", el durmiente mide 1.50 m. de largo que sostiene las parejas de puntas separadas 0.75 m.

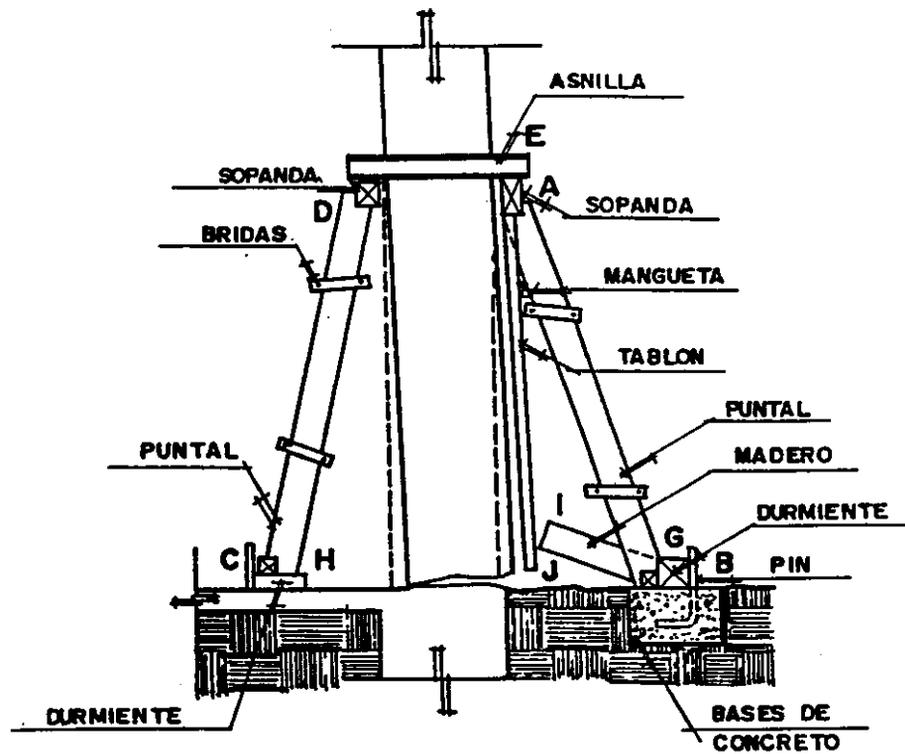
Después de haber separado los puntales, se colocará el tablón A - J, con su mangueta para dar rigidez.

Luego, el madero "I", hará palanca sobre el tablón y éste empujará el muro o columna que se desee aplomar.

Ver figuras # 312 y # 313.

Figura # 312

SECCION



ELEVACION

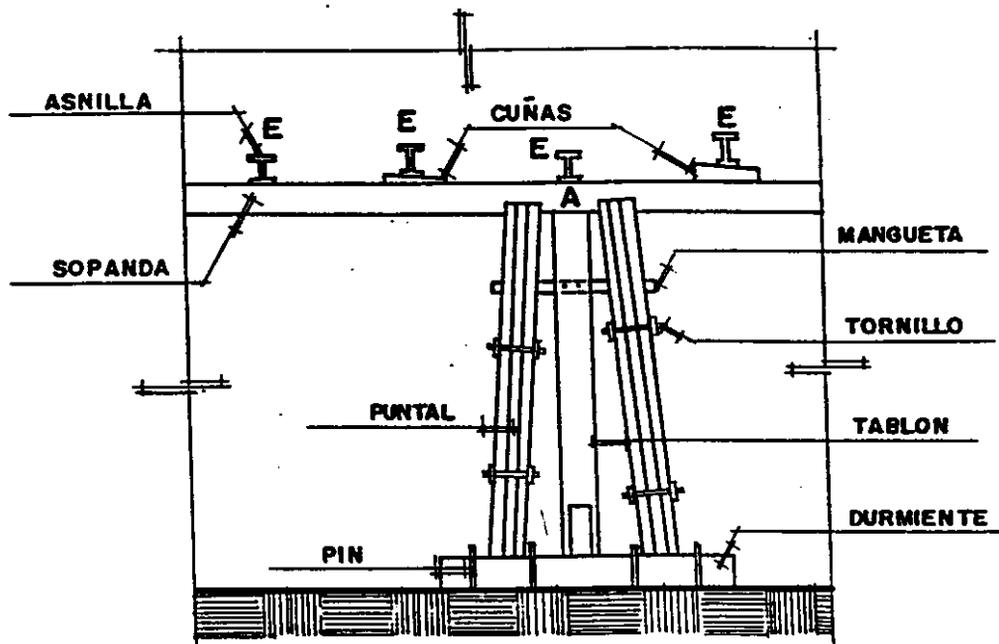
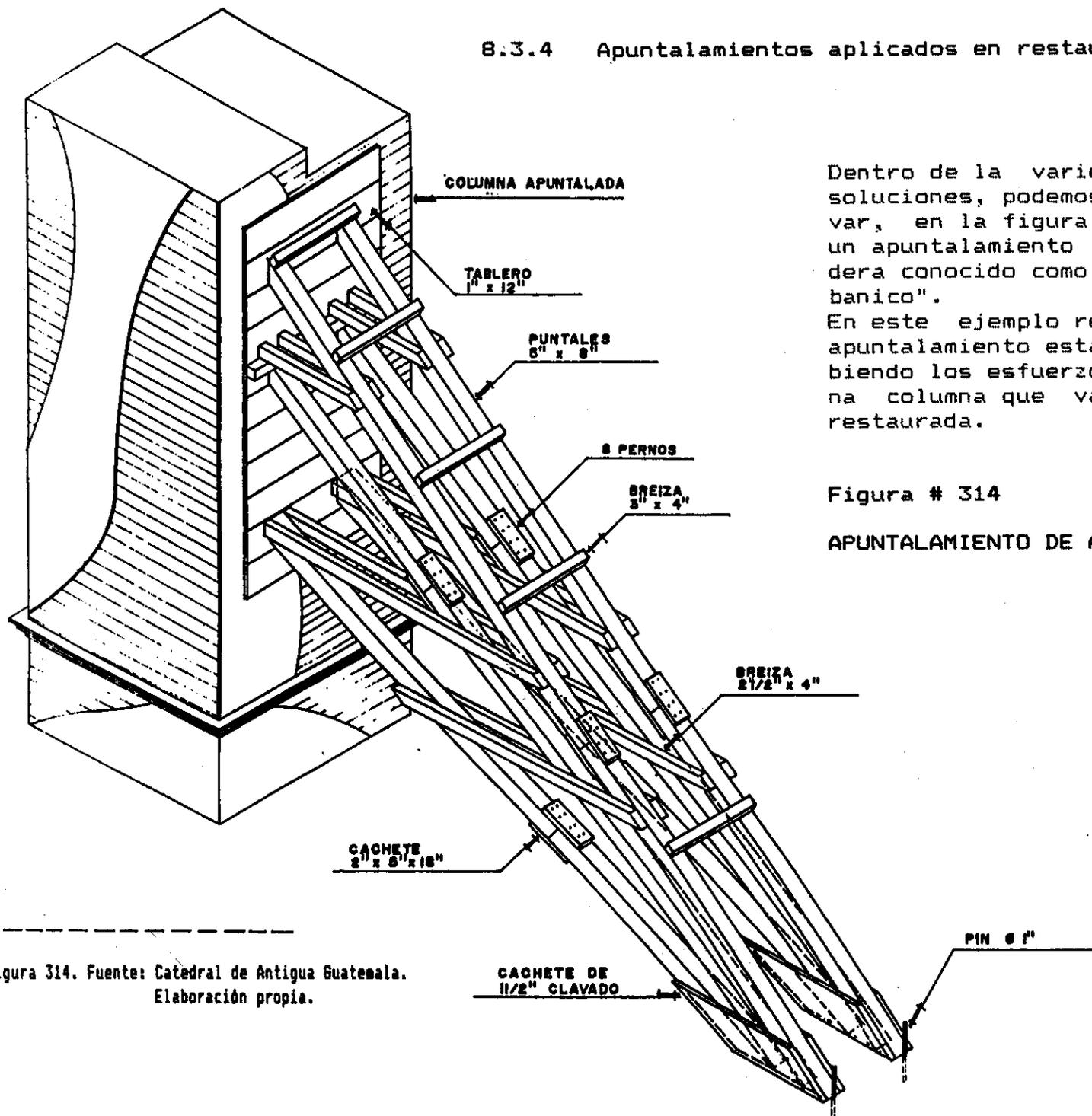


Figura # 313

### 8.3.4 Apuntalamientos aplicados en restauración



Dentro de la variedad de soluciones, podemos observar, en la figura # 314, un apuntalamiento de madera conocido como de "abanico".

En este ejemplo real, el apuntalamiento está absorbiendo los esfuerzos de una columna que va a ser restaurada.

Figura # 314

APUNTALAMIENTO DE ABANICO

Figura 314. Fuente: Catedral de Antigua Guatemala.  
Elaboración propia.

Otro apuntalamiento aplicado en restauración, es el de la figura # 315, en el que los tricketts metálicos cargan una viga de madera y el marco completo sostiene una parte de la columna.

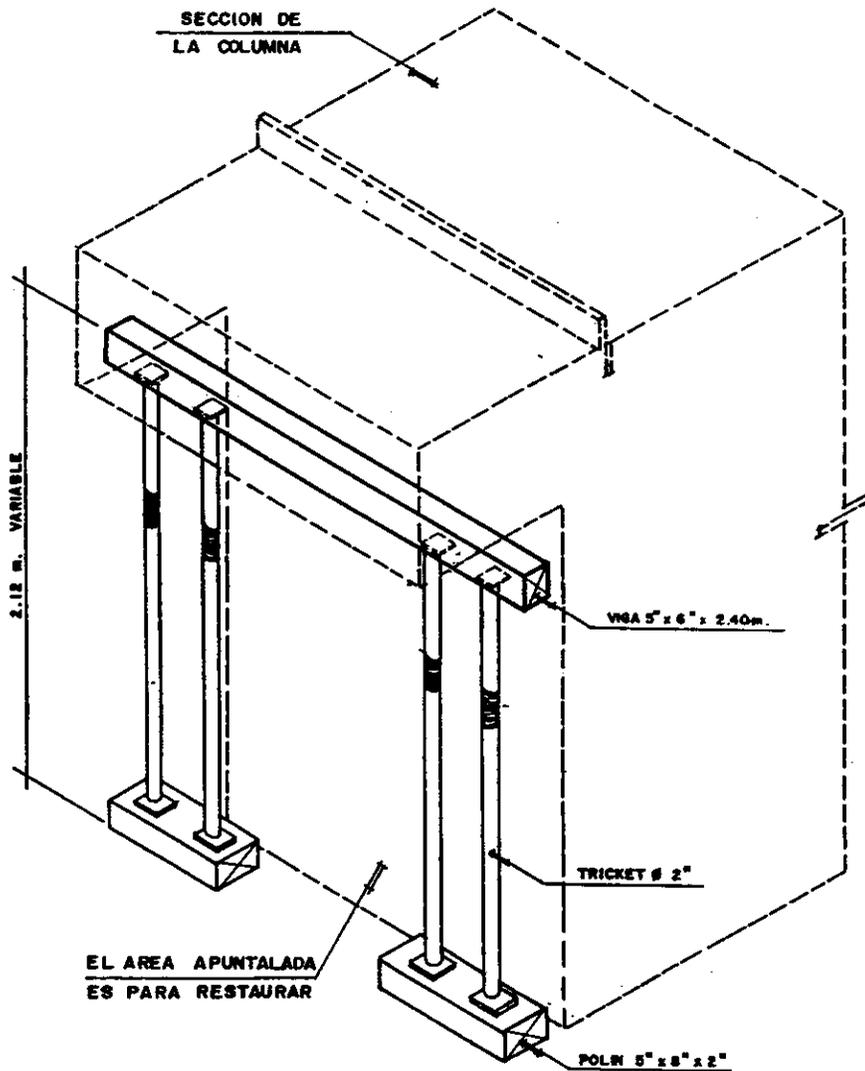
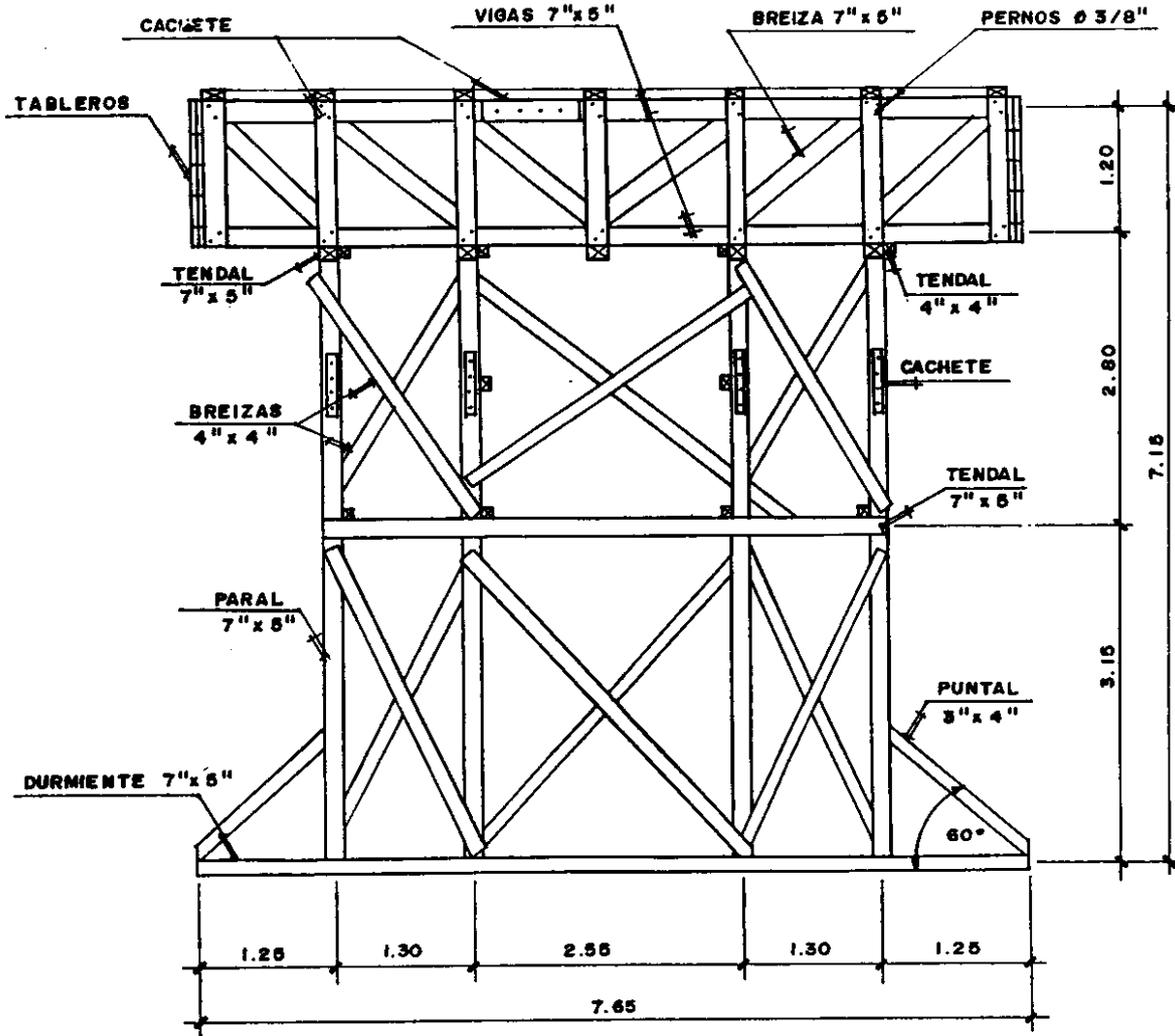


Figura # 315

ISOMETRICO

DETALLE DE APUNTAMIENTO VERTICAL DE UNA COLUMNA EN RESTAURACION

Otra variedad de apuntalamiento utilizado en restauración y que se conoce como apuntalamiento de "puente", se representa en las figuras # 316, # 317 y # 318.



ELEVACION FRONTAL

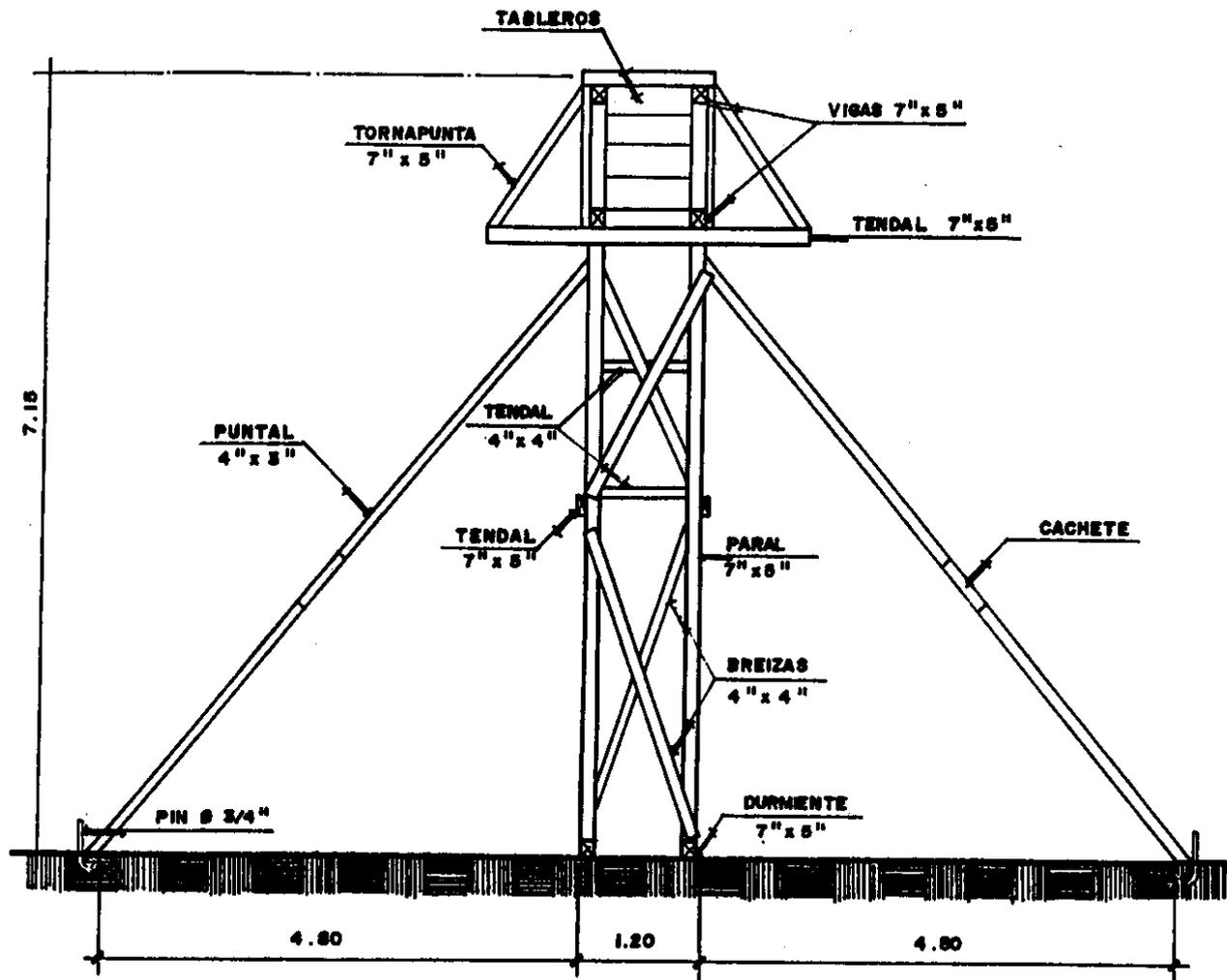
APUNTALAMIENTO DE PUENTE

Figura # 316

Figura 316. Fuente: Catedral de Antigua Guatemala  
Elaboración propia.

# APUNTALAMIENTO DE PUENTE

Figura # 317



- 304 -

Figura 317. Fuente: Catedral de Antigua Guatemala.  
Elaboración propia.

SECCION TRANSVERSAL

APUNTALAMIENTO DE PUENTE  
APLICADO EN RESTAURACION

Figura # 318

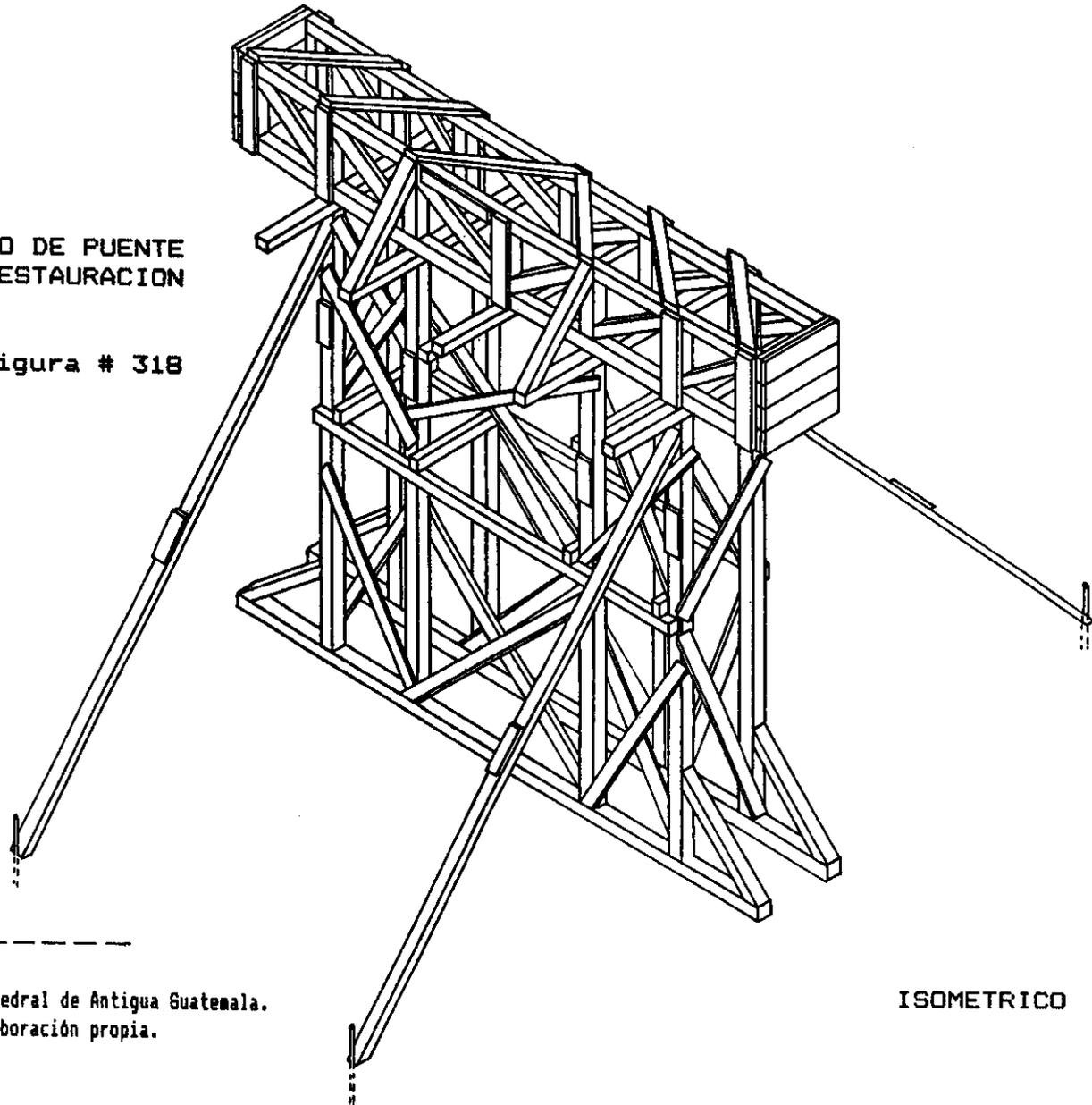


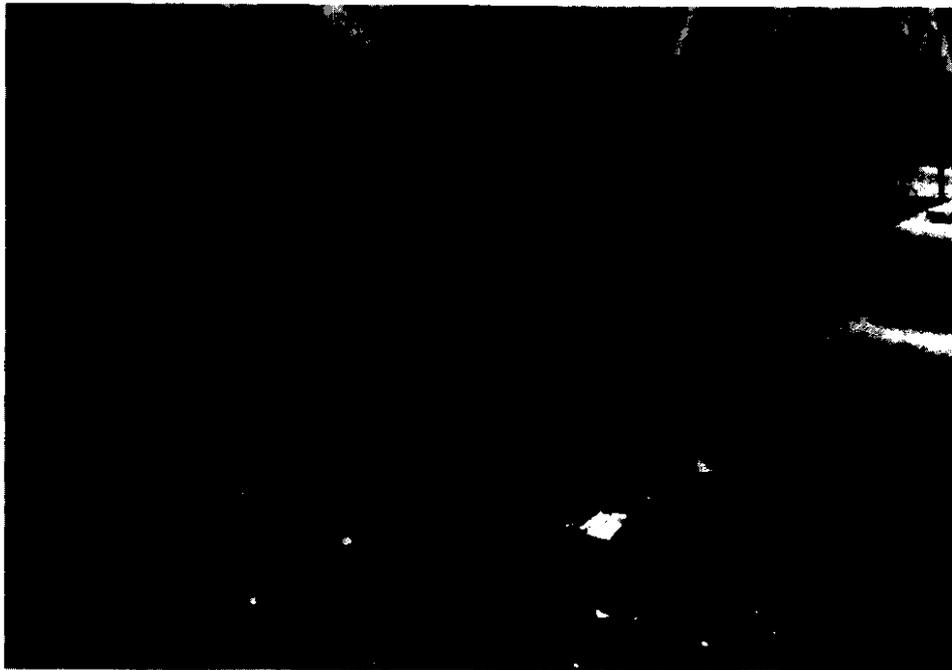
Figura 318. Fuente: Catedral de Antigua Guatemala.  
Elaboración propia.

ISOMETRICO

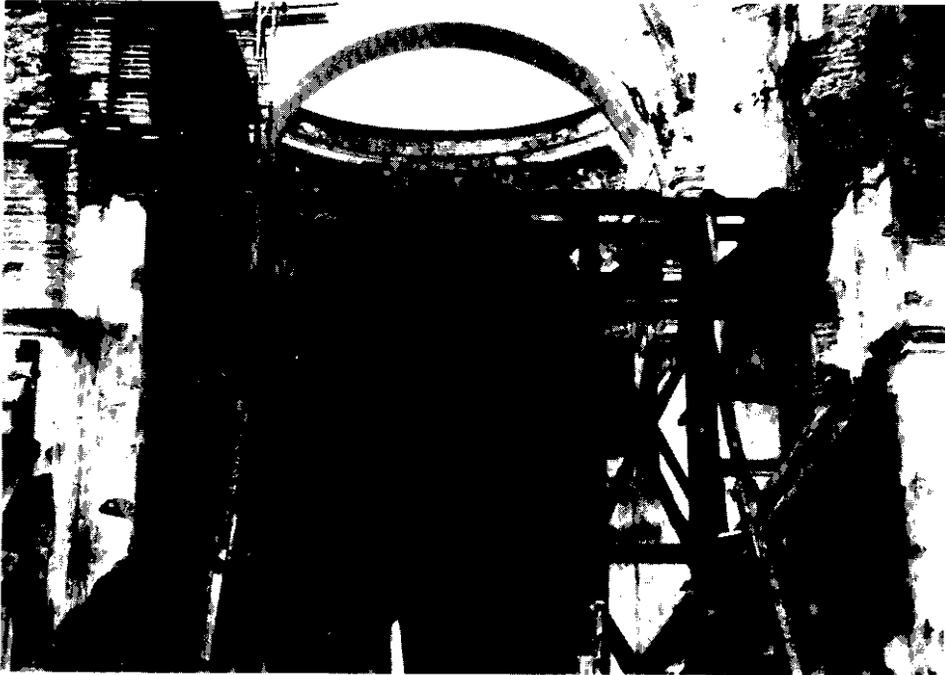
8.3.5 Otros apuntalamientos

En la fotografía # 17, se observa el apoyo del apuntalamiento de "abanico".

Fotografía # 17

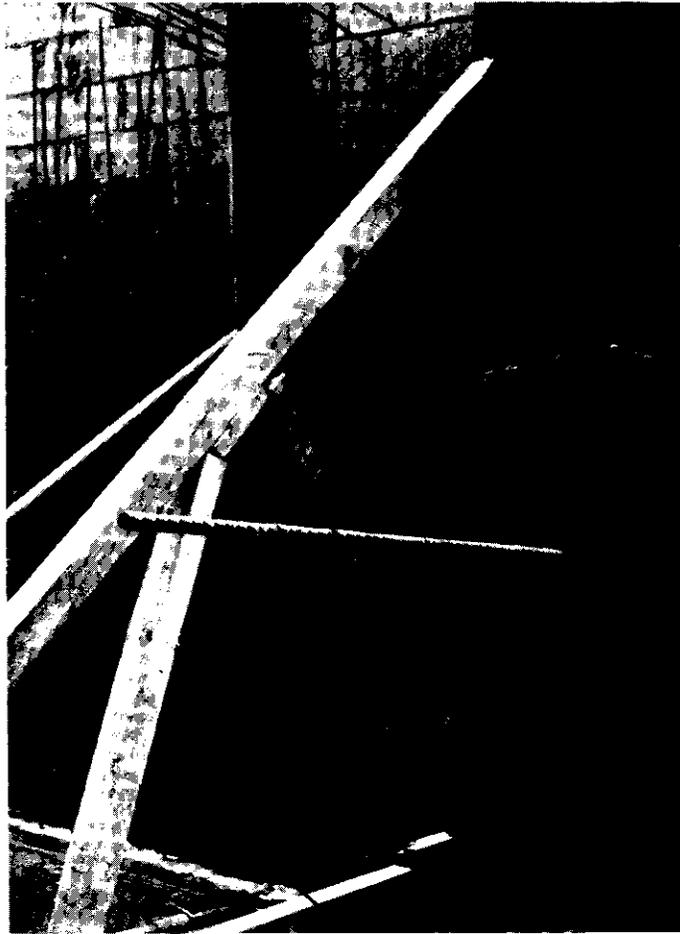


La fotografía # 18,  
representa un apun-  
talamiento de puen-  
te, utilizado en  
restauración, en es-  
te caso, se están a-  
puntalando dos gran-  
des columnas.



Fotografía # 18

Las fotografías # 19 y # 20,  
representan apuntalamientos  
de muros en una excavación.



Fotografía # 19

Fotografia # 20





## CONCLUSIONES

### Generales

- Se debe tener conocimiento y orientación sobre la importancia de la construcción y aplicación de las construcciones auxiliares, para lograr un mejor rendimiento, más eficiencia, mejor calidad en el trabajo y evitar accidentes que pongan en riesgo la seguridad de los obreros.
- En las observaciones de campo realizadas en viviendas, se notó que los sistemas constructivos y las construcciones auxiliares utilizados son los tradicionales, porque están determinados por el nivel económico bajo.
- En las observaciones de campo efectuadas en edificios, se notó la alta tecnología que se está aplicando en los sistemas constructivos y las construcciones auxiliares. Esta tecnología está determinada por el nivel económico alto.
- Dentro de los materiales utilizados en las construcciones auxiliares a pesar de la tecnología, la madera sigue siendo el material más empleado en ambos sectores socio-económicos, por ser un material fácil de obtener, fácil de trabajar, fácil de trasladar y por los múltiples usos que se le puede dar.
- Algunas de las construcciones auxiliares se realizan adecuadamente, en los proyectos grandes, no así en las viviendas.
- Algunas construcciones auxiliares, son previamente diseñadas y calculadas por ingenieros.
- Para el diseño y cálculo de las construcciones auxiliares, es determinante el factor económico.

### Sobre los sistemas constructivos

- En algunas obras, cuando se utilizan puntales de madera o metal, no se usan adecuadamente.
  
- En algunos andamios de madera, metal o hierro, no se utilizan banderas de protección, ni escaleras para subir a ellos, especialmente en los andamios colgantes de hierro, que, por lo liviano de su material, presentan inseguridad para el obrero.
  
- Por ser los andamios unas construcciones provisionales, no se toman en cuenta aspectos de seguridad, como el clavarlos o amarrarlos, asegurarlos bien en el suelo o embreizarlos adecuadamente.
  
- Entre la extensa variedad de encofrados, se sigue empleando mucho la madera, pero hay utilización de nuevos materiales que son sumamente caros, como las planchas de fibra de vidrio o acero.
  
- Entre las cimbras, aunque son poco utilizadas, la más común es la de ladrillo, block o madera de diseño secillo. Los materiales para su construcción se pueden obtener en la misma obra.
  
- Las entibaciones en pequeñas excavaciones no se construyen ni correcta ni adecuadamente, sin embargo se emplea la consolidación del terreno en grandes excavaciones.

### RECOMENDACIONES

- El conocimiento acerca de las construcciones auxiliares, debe iniciarse en los cursos correspondientes al área tecnológica de la Facultad de Arquitectura.
- Los puntales de madera o metal deben utilizarse adecuadamente, a plomo y bien embreizados.
- Los puntales deben colocarse sobre durmientes.
- Se recomienda que en todos los andamios se empleen la baranda de protección y escaleras de acceso.
- Se recomienda que en los andamios de madera, se utilicen breizas en cruz que se claven desde el durmiente. Este embreizado debe realizarse en el primer nivel del andamio. A partir del segundo nivel o segunda cama del andamio, puede usarse sólo una breiza diagonal o de ser necesario las dos breizas.
- En los encofrados, se debe tener cuidado en la colocación y retiro de cualquier material en el sistema usado.
- En las excavaciones de cualquier clase, las paredes deben ser revestidas y apuntaladas para evitar desmoronamiento de tierra.
- Cuando se apuntala un muro, debe apoyarse bien la cabeza y el pie del puntal.
- Todo el material utilizado en las construcciones auxiliares, se debe almacenar y proteger adecuadamente.
- Las autoridades respectivas deberán tomar en cuenta, el uso que la madera tiene dentro del proceso constructivo, e implementar programas de reforestación.



GLOSARIO

**ABRAZADERA:**

Elemento de unión.

**ADEME:**

Madero que sirve para entibar y para sostener cimbras o encofrados.

**ANDAMIO:**

Construcción provisional que sirve para poner al alcance al operario con el objeto de trabajo y como auxiliar en la ejecución de obras.

**ANGULAR:**

Hierro en forma de L o Angulo.

**APEAR:**

Sostener provisionalmente con armazones un edificio o parte de él.

**APUNTALAMIENTO:**

Acción de sostener o afirmar con puntales. Poner puntales.

**ARCO:**

Abertura en forma curva, de las que se construyen diversas formas.

**ASNILLA:**

Sostén formado por un madero horizontal y cuatro tornapuntas arriostrados que sirven de pies.

**BOVEDA:**

Elemento de simple o doble curvatura, destinado a cubrir un espacio.

**BREIZA:**

Pieza de madera que se coloca diagonal u horizontalmente y sirve para rigidizar.

**BRIDAS:**

Elemento metálico para unir tablonés.

**CABRIO:**

Madero que se coloca apoyado en las correas y paralelamente a los pares de armadura para recibir la tablazón.

**CACHETE:**

Pieza de madera angosta que se utiliza para reforzar dos piezas.

**CADENA:**

Pieza de madera o metal, que se utiliza para reforzar el encofrado de columnas o vigas.

**CAJA:**

Mortaja.

**CALZA:**

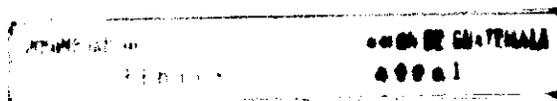
Cuña o tarugo de madera o hierro.

**CAMON:**

Armazón de cuñas con que se forman las bóvedas encamonadas finidas.

**CANTEAR:**

Labrar los cantos de una piedra, madero etc.



**CANTO:**

El grueso de una pieza que es siempre la más pequeña de sus di mensiones.

**CARPANEL:**

Arco formado por tres o más segmentos de arcos de circunferencia. Existen el alzado y rebajado. El primero consta del arco menor del óvalo. El segundo, del arco mayor del óvalo.

**CARRERA:**

Viga horizontal que recibe las cabezas de las viguetas de un suelo en un muro entramado.

**CERCHA:**

Conjunto de piezas de madera que forman un arco y sirve para apoyo y guía del arco que se construye. Cimbra.

**CHAPA:**

Hoja delgada o lámina de metal.

**CHAVETA:**

Clavija metálica prismática.

**CHILLA:**

Tabla de madera.

**CIMBRA:**

Armazón provisional que sostiene los elementos de arcos y bóvedas mientras que se va construyendo.

**CLAVO LANCERO:**

Clavo que se coloca en las piezas que se desea unir, de forma inclinada.

**CODAL:**

Travesaño que aguanta los empujes de sentidos opuestos, que ejer cen sobre él, dos elementos.

**CONSOLIDACION:**

Proceso que contribuye a la conservación del objeto buscado, y tiene por objeto detener las alteraciones sufridas; como el término mismo lo indica, "da solidez" a un elemento que la ha perdido o la está perdiendo.

**CONTRA PAR:**

Cabrio.

**CONTRAVIENTOS:**

Arriostrado que aseguran tirantes anclados en el suelo o en puntos fijos.

**COSTILLA:**

Cada uno de los listones que se colocan horizontalmente sobre los cuchillos de una cimbra para enlazarlos y recibir las duelas.

**CUÑA:**

Pieza de madera, piedra o metal, terminada en ángulo diedro muy agudo.

**DESCANTILLAR:**

Romper las aristas de una madera.

**DURMIENTE:**

Madero horizontal que se apoya directamente en el suelo. Dimensiones 4" x 3" ó 4" x 4" x longitud variable.

**EJION:**

Zoquete de madera, por lo común en forma de cuña que se asegura con clavos a un par de armadura o un alma de andamio, para que sirva de apoyo a las correas.

**EMPALME:**

Ensamble por testa de dos maderos de modo que quede uno a continuación del otro.

**ENCOFRADO:**

Caja de madera o de metal, destinada a servir de molde para la fundición de un elemento de concreto.

**ENLISTONADO:**

Conjunto hecho con listones.

**ENTABLADO:**

Conjunto de tablas dispuestas y arregladas en una armadura.

**ENTIBACION:**

Conjunto de maderos dispuestos para aguantar las paredes de las excavaciones que ofrecen riesgo de desmoronarse.

**ESPIGA:**

Saliente labrado en el extremo de una pieza y dispuesto para ajustarse en una muesca o hembra de otra pieza constituyendo un ensamble.

**ESTACA:**

Palo desbastado terminado en punta.

**ESTEMPLE:**

Madero horizontal o muy poco inclinado que se acuña por sus extremos entre las paredes de una labor subterránea, para sostenerlas.

**EXPLANAR:**

Construir terraplenes, desmontar, etc., hasta que el terreno quede nivelado o con la pendiente que se desee.

**FAJA:**

Pieza de madera angosta. Dimensiones 1" x 3", 1" x 4", 1" x 5" ó 1" x 6" x longitud variable.

**FORJADO:**

Relleno del hueco entre vigas, en su forma más sencilla, con yeso sobre chillas, para recibir el solado.

**HEMBRA:**

Pieza plana de hierro.

**INTRADOS:**

Superficie interior de un arco o bóveda.

**JABALCON:**

Madero ensamblado en una vertical para apelar otro horizontal o inclinado.

**LARGUERO:**

Madero situado a lo largo de una pieza de carpintería.

**LISTON:**

Pedazo de tabla largo y estrecho.

**MACHIEMBRAR:**

Ensamblar dos piezas de madera a caja y espiga o a otras dos ensambladas a ranura y lengüeta.

**MADERO:**

Pieza larga de madera en rollizo o escuadra.

**MAMPOSTERIA:**

Aparejo de piedra desigual dispuesta en forma irregular.

**MANGUETA:**

Madero vertical que enlaza el par con el tirante.

**MENSULA:**

Elemento que sobresale de un plano vertical y sirve para sostener paredes.

**MEZCLA:**

Mortero.

**MONTAJE:**

Listón que divide el vano de una ventana.

**MONTEA:**

Sagita de un arco o bóveda.

**MORTAJA:**

Caja abierta en una pieza de madera, a fin de que pueda albergar la espiga de otra.

**MORTERO:**

Masa integrada por aglomerante, arena y agua.

**OBRA FALSA:**

Construcciones auxiliares o construcciones temporales.

**PANEL:**

Cada uno de los compartimientos limitados por fajas o molduras en que se dividen los lienzos de pared o las hojas de puertas.

**PAR:**

Cada uno de los dos maderos, que en una armadura tiene la inclinación del tejado y dan apoyo a las correas.

**PARAL:**

Madero de sección rectangular o cuadrada. Se utiliza vertical u horizontalmente.

Dimensiones 3" x 3" ó 3" x 4" x longitud variable.

**PARAMENTO:**

Cualquiera de las dos caras de un muro o pared.

**PATAS DE GALLO:**

Piezas inclinadas que se utilizan en los puntales de madera para reforzar la sopanda con el puntal.

**PENDOLON:**

Pieza vertical central de una armadura de cubierta, destinada a trabajar por tracción. El pendolón soporta el tirante y da apoyo a los jabalcones o tornapuntas.

**PERNO:**

Tornillo con cabeza, más tuerca.

**PIE DERECHO:**

Madero que en los edificios se pone verticalmente para soportar una carga.

**PLANTILLA:**

Montea. Patrón para dibujar.

**PLOMADA:**

Instrumento consistente en una pesa que cuelga de un hilo y que sirve para comprobar la verticalidad de un muro cuando se va construyendo.

**PLUMA:**

Especie de grúa.

**POLIN:**

Trozo de madera.

**POSTE:**

Puntal o pie derecho de piedra, metal o madera que se coloca para sostén de algo.

**PUENTE:**

Tabla horizontal de un andamio, conocido también como cama. Pieza horizontal que enlaza los pares de una armadura.

**PUNTAL:**

Soposte vertical. Pie derecho provisional.

**REGLA:**

Pieza de madera de sección rectangular. Dimensiones 2" x 3" x longitud variable.

**RESTAURACION:**

Es el proceso que devuelve las características volumétricas y artísticas, las condiciones de estabilidad estructural perdidas o deterioradas, garantizando sin límite previsible, la vida de una estructura, cabe la mejora y enmienda a las posibles fallas o errores del proyecto original, sin alterar su autenticidad.

**RIOSTRA:**

Barra que rigidiza otras tablas cruzándolas oblicuamente.

**SAGITA:**

Flecha de una viga en su punto medio. montera de un arco.

**SOLADO:**

Revestimiento de un piso con ladrillos, losas, etc.

**SOPANDA:**

Es un madero horizontal, apoyado por ambos extremos en torna puntas, que se sitúa debajo de la cama de viga.

**TABLA:**

Pieza de madera, plana, más larga que ancha, de poco grueso relativamente a sus otras dimensiones y cuyas dos caras son paralelas entre sí.

Dimensiones 1" x 12" x longitud variable.

**TABLAZON:**

Conjunto de tablas.

**TABLERO:**

Se dice del madero o propósito para cortarlo en tablas.

**TABLESTACAS:**

Tabla o tablón con sus extremos aguzados para formar pardenes de ataguías o contención de tierra.

**TABLON:**

Tabla gruesa.

Dimensiones 2" x 12" x longitud variable.

**TABLONCILLO:**

Madero más grueso que la tabla.  
Dimensiones 1" x 12" x longitud variable.

**TALUD:**

Inclinación de un terreno o del paramento de un muro.

**TARIMA:**

Entablado movable de dimensiones variadas que se utiliza como encofrado para losas de concreto

**TENDAL:**

Pieza de madera que se utiliza horizontalmente y que carga la cama del andamio.

**TENSOR:**

Mecanismo generalmente basado en la combinación del tornillo y la tuerca, que sirve para tensar cables.

**TERRAPLEN:**

Maciso de tierra con que se rellena un hueco o que se levanta el nivel del terreno.

**TESTA:**

Cabeza de una viga.

**TIRAFONDO:**

Tornillo que se usa para asegurar sobre madera algunas piezas como bisagras, cerraduras, etc.

**TIRANTE:**

Pieza de madera o barra de hierro, situada a nivel en un cuchillo para contrarrestar el empuje de los pares.

**TOLVA:**

Embudo grande de chapa o madera que se usa en los molinos y para hormigonar, descargar grava en los clasificadores.

**TORNAPUNTA:**

Pieza inclinada de arriostramento. Piezas que enlazan los pares con tirantes en las armaduras.

**TRAVESAÑO:**

Pieza de madera transversal.

**TRINCHERA:**

Desmante hecho en el terreno para un camino.

**VANO:**

Parte del muro o fábrica en que no hay apoyo para el suelo, como son los huecos de puertas y ventanas.

**VIBRADOR:**

Aparato manual para realizar la vibración y mezclar bien el concreto en una fundición.

**VIGA:**

Elemento horizontal sobre dos o más apoyos para trabajar a flexión.

**VIGUETA:**

Viga pequeña horizontal que aguanta un suelo, con apoyo en muros de carga y soleras.

**ZUNCHO:**

Abrazadera o anillo de hierro u otro material, que sirve para ceñir, sujetar o reforzar una pieza.



## BIBLIOGRAFIA

### Diccionarios

- Bassegoda, Buenaventura.  
1981 Diccionario técnico ilustrado de edificación y obras públicas.  
México, Ediciones Gustavo Gili, S.A.
- Zurita R., José.  
1971 Diccionario de la construcción.  
España. Ediciones CEAC, S.A.

### Tesis, Revistas, Catálogos, Folletos y Enciclopedias

- Quan Morales, Carlos Roberto.  
1980 Introducción al estudio de sistemas y métodos constructivos.  
Tesis de Grado, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala.

- IP.  
1983 Desarrollo Nacional América Latina.  
La revista de infraestructura.

- JJEIP.  
Andamios.

- Acrow (enginers) Ltd.  
1979 Equipo para la construcción. Encofrado, andamiaje y apuntalamiento.

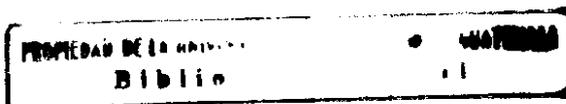
- PreCon.  
1992 Preesforzados y construcciones S.A.

- Noriega Editores.  
1988 Concreto arquitectónico colado en obras.  
México. Editorial Limusa.

- Durvan, S.A.  
1962 Gran enciclopedia del mundo.  
España. Editorial Marín, S.A.

### Libros

- Baud, Gérard,  
1980 La construcción de edificios.  
España. Paraninfo, S.A.



- Griñán, José.  
1973           Encofrados.  
                  España. Ediciones CEAC, S.A.
- González G., Gerardo.  
1976           Prevención de accidentes en la construcción.  
                  España. Ediciones CEAC, S.A.
- Ledo, José María.  
1972           Andamios, apeos y entibaciones.  
                  España. Ediciones CEAC, S.A.
- López Collado, Gabriel.  
1976           Las ruinas en construcciones antiguas.  
                  Madrid.
- Posadas, Carlos.  
1973           Albañilería.  
                  México.
- Richardson, J.G.  
1980           Cimbras, materiales, montaje y accesorios.  
                  Tomo II.  
                  México. Editorial Limusa.
- Richardson, J.G.  
1990           Cimbras juntas, aditamentos, colado y acabados.  
                  Tomo III.  
                  México. Editorial Limusa.
- Richardson, J.G.  
1989           Cimbras, fallas, seguridad de la cimbra y descimbrado. Tomo IV.  
                  México, Editorial Limusa.
- Rodríguez, Carlos R.  
1981           Manual de auto-construcción.  
                  México. Editorial Concepto, S.A.
- Schmitt, H.  
1980           Tratado de construcción.  
                  Barcelona. Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Universidad La Salle.  
1976           Materiales y procedimientos de construcción.  
                  Tomo II.  
                  México. Editorial Diana.



OBSERVACION DE CAMPO

**Hotel Las Américas**

Avenida Las Américas y 9a. calle, zona 13

Diseño del proyecto:

Arquitectos Asociados, S. A.

Alejandro Fahsen

Estructuras:

Ingeniero Rolando Chinchilla

Ejecución del proyecto:

Ingeniero Alejandro Ruiz Lainfiesta

**Edificio para locales comerciales**

32 avenida y 2a. calle, zona 7

Señor Armando Toledo

**Banco Continental**

Calzada Roosevelt, km 12, zona 7

Ingeniería:

González

Paz

**Edificio Torre Cristal**

6a. calle 5-28, zona 9

Diseño del proyecto:

Arquitecto Antonio Zarur Hadad

Estructuras:

Ingeniero Roberto Arango

Ejecución del proyecto:

Ingeniero Héctor Cruz

Ingeniero Residente:

Ingeniero Sergio Mendizabal

**Edificio La Mirage**

5a. avenida 9-05, zona 14

ICONSA

Ingeniero Guillermo Balz

**Edificio Residencia Universitaria Lendel**

10a. avenida 5-00, zona 14

Diseño del proyecto:

Arquitectos Consultores

Mario Rocasermeño

Victor M. Del Valle

Estructuras:

Ingeniero Juan José Herмосilla

Ejecución del proyecto:

IDEAR, S.A.

**Edificio Inversiones Monte Blanco S.A.**

2a. avenida y 10a. calle 10-30, zona 9

Diseño del proyecto:

Arquitecto Jorge Arturo Villagrán

Ejecución del proyecto:

ISA

Ingeniero Ernesto Rosales hijo

Ingeniero residente:

Ingeniero Federico Shell

**Condominio Residencial El Bosque**

11 avenida y 30 calle, zona 12

Desarrollos y Condominios, S.A.

**Plaza Corporativa Reforma**

Avenida Reforma y 6a. calle, zona 9

Diseño del proyecto:

Arquitecto Valenzuela

Arquitecto Moisés Benchoam

Estructuras:

Ingeniero Juan José Hermosilla

**Locales Comerciales**

Huehuetenango

Diseño del proyecto:

Ingeniero Edgar Barrios

Ejecución del proyecto:

Ingeniero Edgar Barrios

**Edificio Atlántic**

4a. avenida 13-20, zona 10

Diseño del proyecto:

ICORDA

Gieseeman y Minondo

Estructuras:

Ingeniero Juan José Hermosilla

Ejecución del proyecto:

Ingeniero Héctor Cruz

Ingeniero residente:

Ingeniero Oscar Bonilla

**Catedral**

Antigua Guatemala

Proyecto de restauración a cargo de:

Arquitecto Victor Sandoval

Ingeniero Hugo Barrientos

**Gran Centro Los Próceres**

Boulevard Los Próceres, zona 10

Dirección y control de obra:

Arquitectura & Construcción  
Montes, Porras & Soler, Ltda.

**Torres Residenciales Villalbosque**

5a avenida 5-22, zona 14

Arquitectura:

L. Francisco Girón & Asoc.

Cálculo Estructural:

Ingeniero Mario Yong & Asoc.

Construcción:

Herrera, Anguiano & Balz

**Topacio Azul**

13 calle y 3a. avenida 2-60, zona 10

Diseño:

Arquitectos Asociados, S.A.

Arquitecto Augusto Vela

Construcción:

Ingenieros Constructores

Herrera, Anguiano y Balz

REFERENCIAS FOTOGRAFICAS

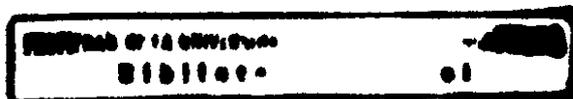
- Fotografía # 1  
Hotel Las Américas, zona 13.
- Fotografías # 2 y # 3  
La Mirage y Torres Residenciales Villalbosque, zona 14.
- Fotografías # 4 y # 5  
Residenciales El Bosque, zona 12.
- Fotografía # 6  
Torre Cristal, zona 9.
- Fotografía # 7  
Iglesia Catedral, Antigua Guatemala.
- Fotografías de la # 8 a la # 16  
Edificio Atlántic, zona 19.
- Fotografías # 17 y # 18  
Iglesia Catedral, Antigua Guatemala.
- Fotografías # 19 y # 20  
La Mirage, zona 14.

" SI EL SEÑOR NO CONSTRUYE LA CASA, EN VANO SE  
CANSAN LOS ALBAÑILES "

Salmo 127, 1

QUE NADA DE LO QUE CONSTRUYA,  
LO HAGA SIN TI, SEÑOR.

Ana María



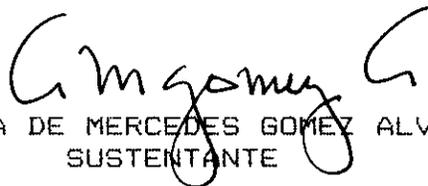
IMPRIMASE:



ARQ. FRANCISCO CHAVARRIA SMEATON  
DECANO FACULTAD DE ARQUITECTURA



ARQ. JOSE LUIS GANDARA G.  
ASESOR ESPECIFICO DE TESIS



ANA MARIA DE MERCEDES GOMEZ ALVARADO  
SUSTENTANTE