

CAPITULO **10**

**ESTRUCTURAS DE
MADERA.**

10 ESTRUCTURAS DE MADERA.

10.1 GENERALIDADES.

La madera es el único material natural renovable dotado de buenas propiedades estructurales tales como elasticidad, flexibilidad y poco peso.

La durabilidad de este material dependerá del ambiente a que se exponga y los tratamientos que se le apliquen para controlar el contenido de humedad, reducir el riesgo de pudrición y crecimiento de hongos.

El sentido de la aplicación de las distintas solicitaciones de carga respecto a la dirección de las fibras de su estructura biológica demarca la eficiencia y comportamiento estructural de la misma.

En cuanto al aspecto constructivo, la madera es un material relativamente fácil de trabajar, transportar y ensamblar, que no requiere sino de herramienta sencilla y sistemas adecuados de unión.

Probablemente el máximo consumo de madera para fines estructurales ha correspondido a la vivienda, desarrollando sistemas compuestos de vigas y columnas, tabiques, techos y entresijos, en combinación con otros tipos de materiales como mampostería, acero o concreto reforzado.

10.2 SISTEMAS ESTRUCTURALES.

A continuación se citan los sistemas estructurales más usuales a nivel de edificaciones de madera, de los cuales se da una breve descripción de su configuración y uso

10.2.1 VIGAS Y COLUMNAS.

Este sistema se basa esencialmente en apoyar vigas sobre columnas utilizando para ello diversos métodos de unión según el tipo de edificación que se trate (ver sección 10.3).

Las columnas, casi siempre miembros verticales robustos de una sola pieza, encargados de la transmisión de cargas al suelo o cimiento, descansarán sobre una base sólida o bien se encontrarán hincados en el suelo, lo que contribuye eficazmente a la estabilidad de la estructura ante las fuerzas laterales. Se colocarán guardando entre ellas separaciones variables según el requerimiento del proyecto (ver figura 10.1).

Las vigas son elementos de dimensiones más esbeltas que las columnas, se encuentran apoyadas directamente sobre las columnas o sobre una viga principal, formando entrepisos o la estructura de un techo (ver figura 10.2).

Debido a la incertidumbre en el grado de continuidad que puede lograrse en las uniones entre las vigas y columnas, y entre éstas y la cimentación, se debe contar con elementos que provean estabilidad lateral al sistema. Esto se obtiene por medio de miembros en diagonal que formen triángulos, diafragmas de madera u otros elementos adecuadamente unidos al conjunto de vigas y columnas (ver figura 10.3).

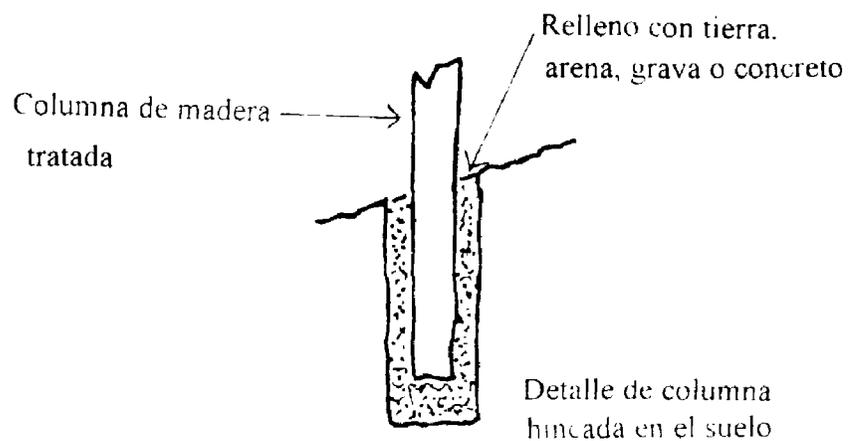
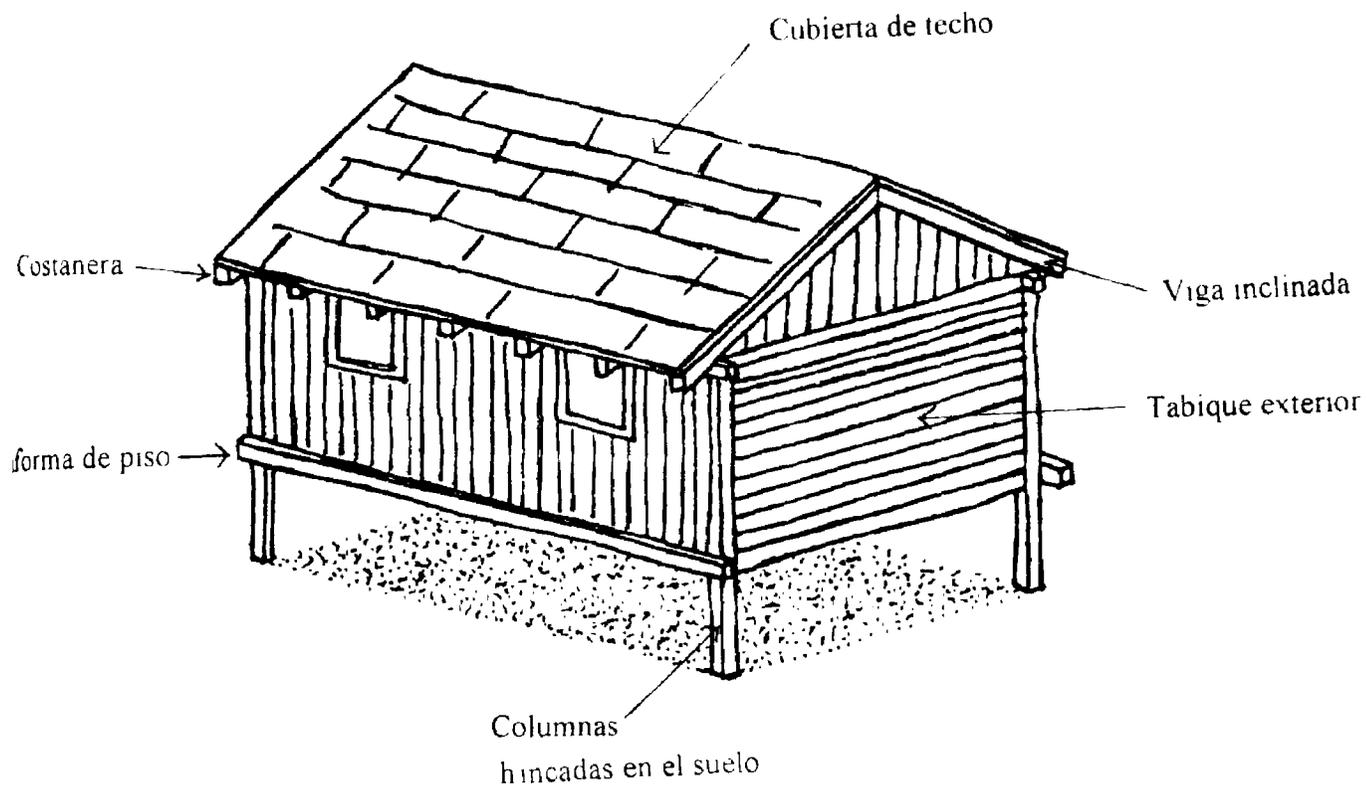


Figura 10.1

Detalle de estructuras con columnas hincadas en el suelo

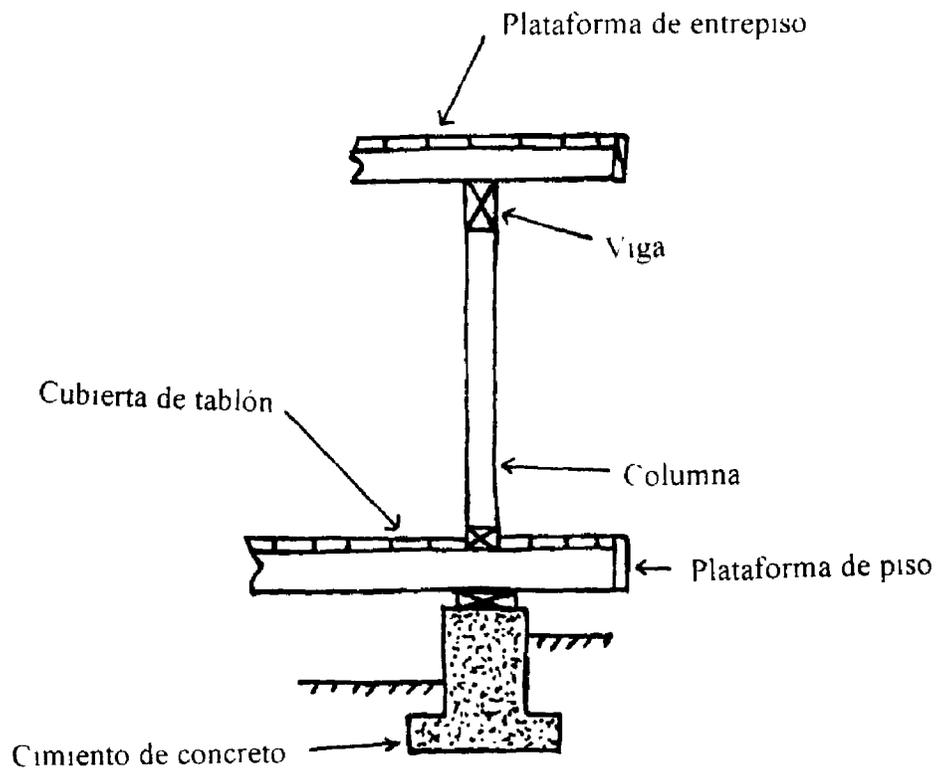


Figura 10 2
Detalle de columnas, vigas y cimientos

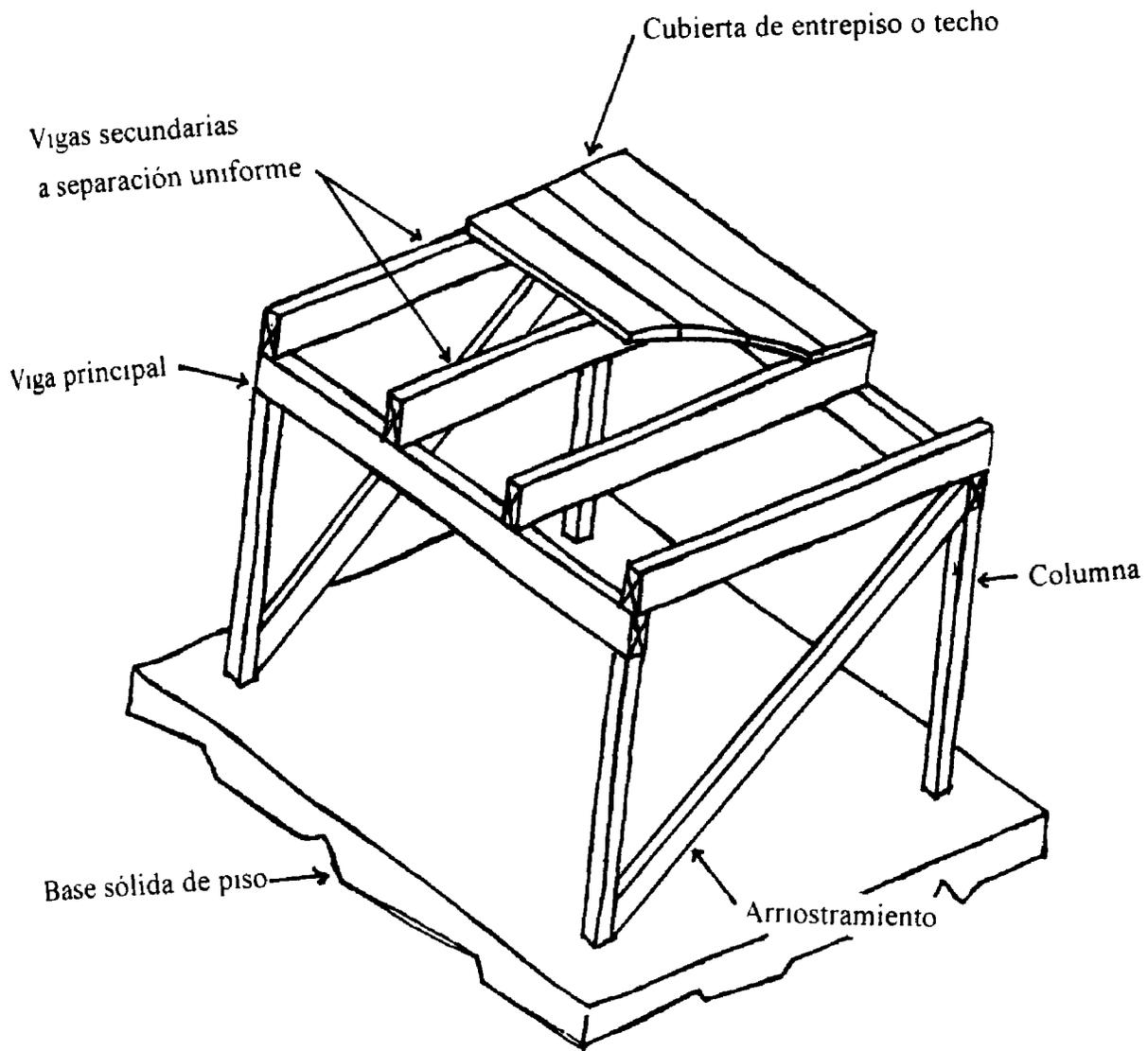


Figura 10 3
Sistema de columnas y vigas con arriostramientos

10.2.2 TABIQUES.

Los tabiques son sistemas formados por tableros de madera cuya estructura interior está compuesta de parales y arriostramiento simple. lleva forros en ocasiones solo por un lado y no necesariamente de madera. Puede contener en su área alguna abertura para marco de puerta o ventana (ver figura 10.4)

En ocasiones cuando se utilizan duelas de madera como forro de los tabiques, estas proveen el arriostramiento necesario para la estabilidad del mismo, colocándolas con una inclinación de 45° (ver figura 10.5).

Algunos tabiques no cumplen una función estructural dentro del sistema general de la edificación, sino únicamente proveen una división o delimitan un área determinada

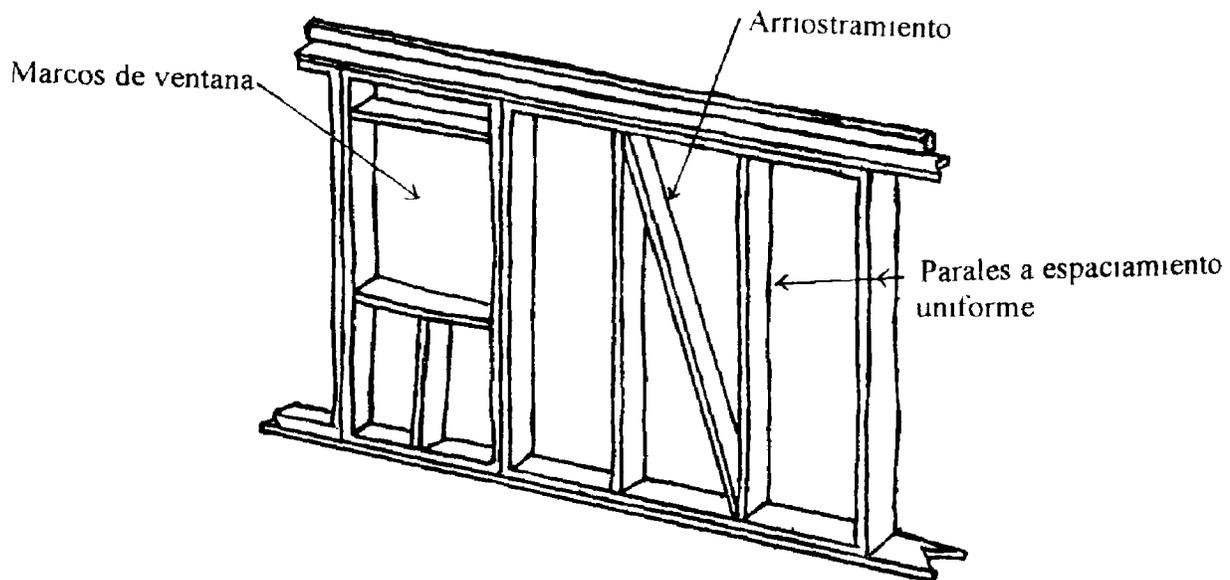


Figura 10.4 (a)
Estructura de tabique

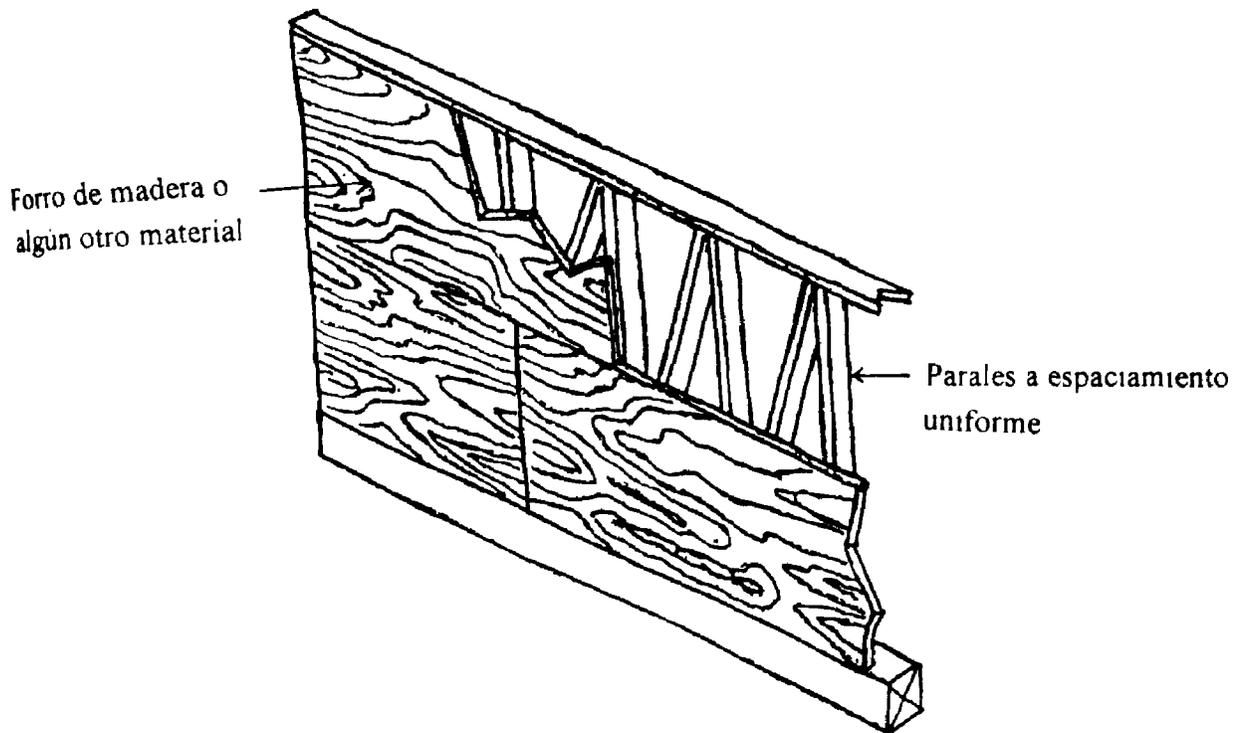


Figura 10 4 (b)

Detalle de tabique con forro sobre un lado.

10.2.3 ENTREPISOS.

El entrepiso es una plataforma horizontal que se apoya sobre un conjunto de vigas y columnas, tabiques, muros de otros materiales o combinación de estos. La plataforma se compone de un sistema de vigas secundarias sobre la cual se coloca una cubierta de tablonos, duelas o planchas de algún otro material.

El entrepiso cuando actúa como diafragma, transmite las fuerzas horizontales a los elementos verticales de la estructura (ver figura 10 6).

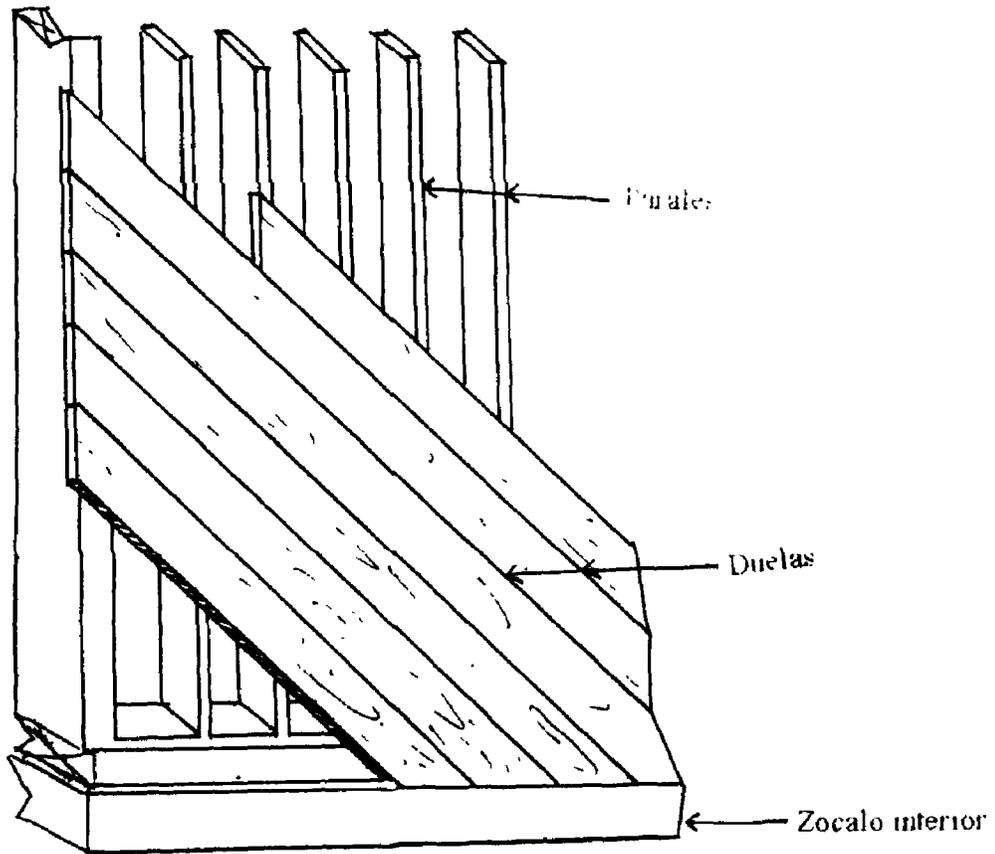


Figura 10 5
Arriostramiento y forro con duela de madera

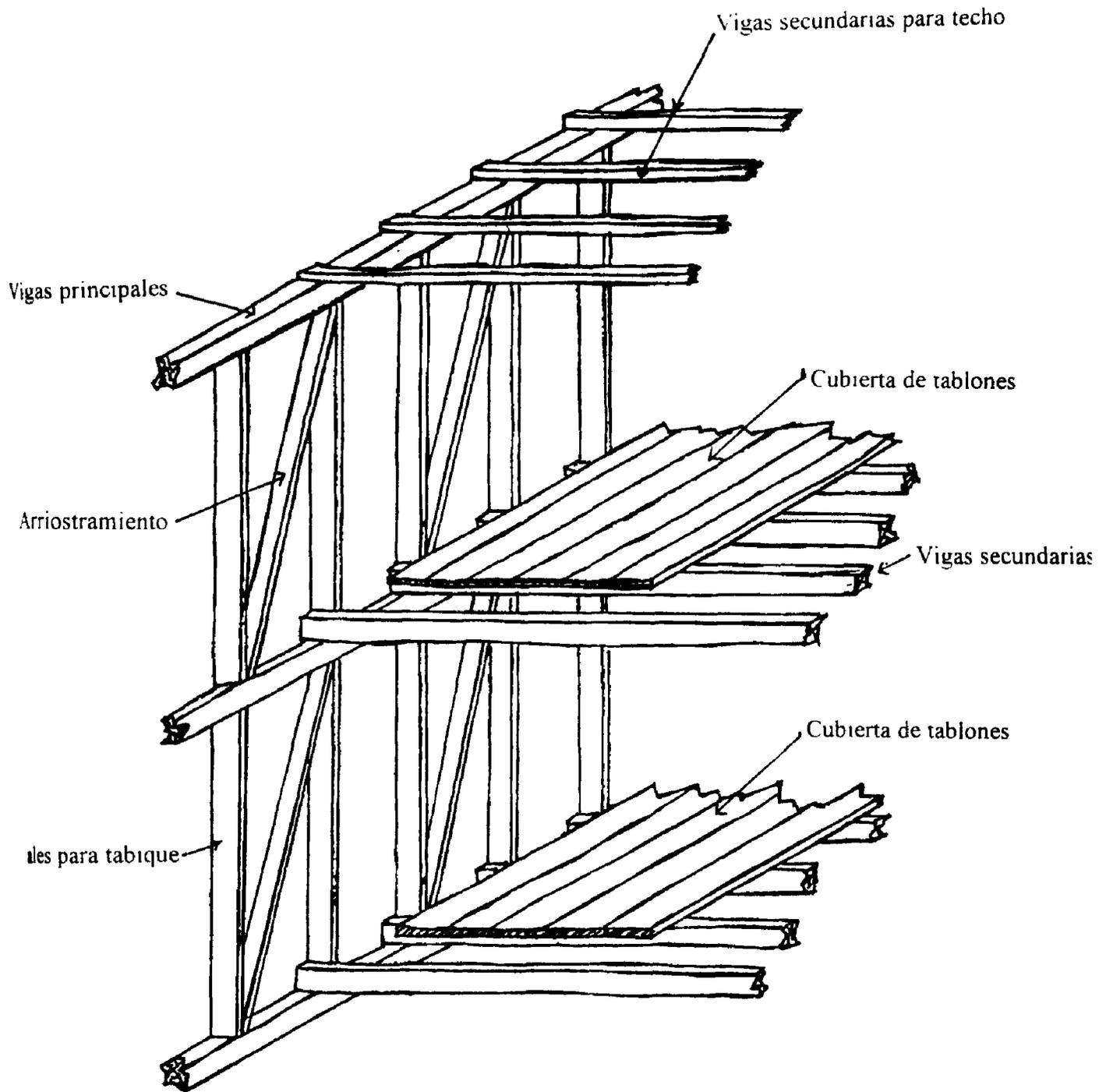


Figura 10 6
Sistema de entrepiso

10.2.4 TECHOS.

El techo de madera es un sistema que puede estar compuesto de una serie de vigas, casi siempre inclinadas, un conjunto de armaduras o la combinación de ambos. Se apoyan sobre tabiques de madera, muros de mampostería o sobre vigas principales de madera u otro material (ver figura 10.7).

La cubierta final -lámina, teja, baldosa, etc.- se apoya por medio de costaneras o vigas secundarias a la estructura principal de techo (ver figura 10.8).

Las uniones entre miembros de una armadura de techo o entre vigas inclinadas y sus apoyos juegan un papel importante para el buen comportamiento de este sistema estructural (ver sección 10.3).

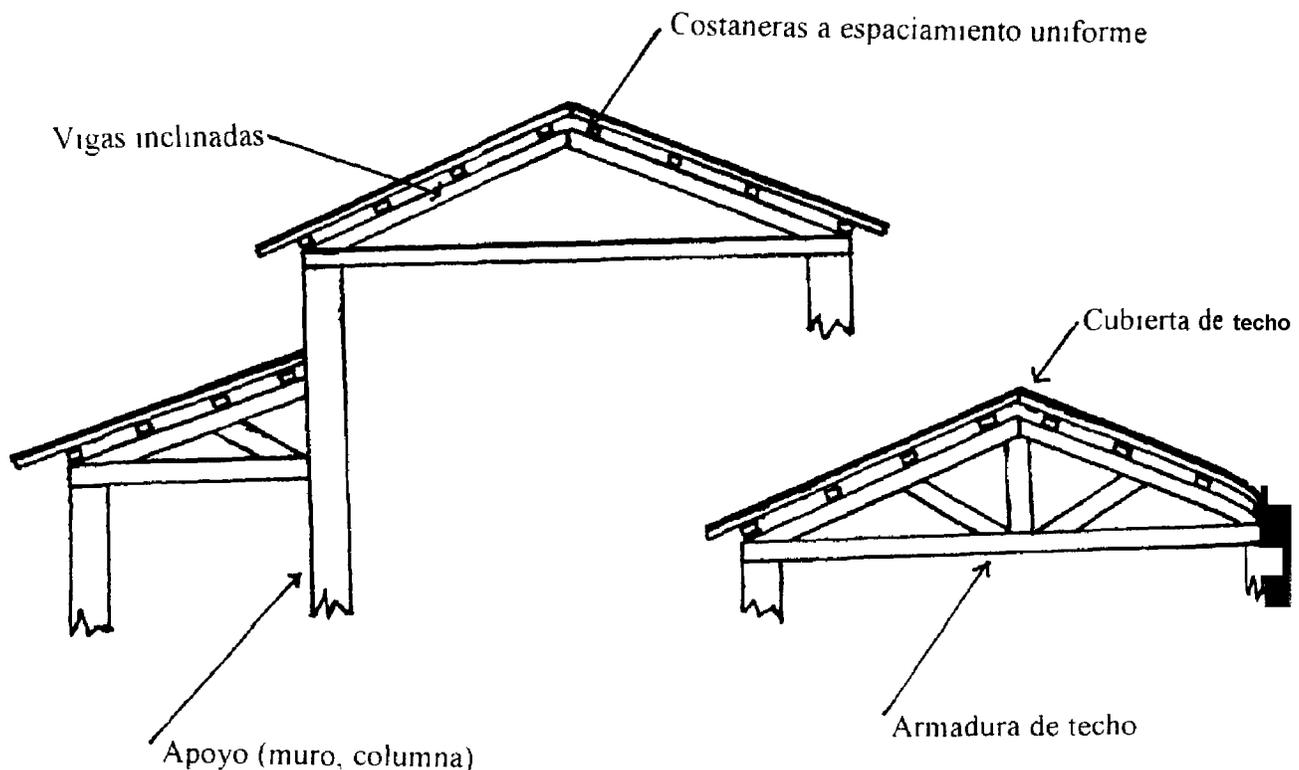


Figura 10.7 (a)
Estructuras de techo

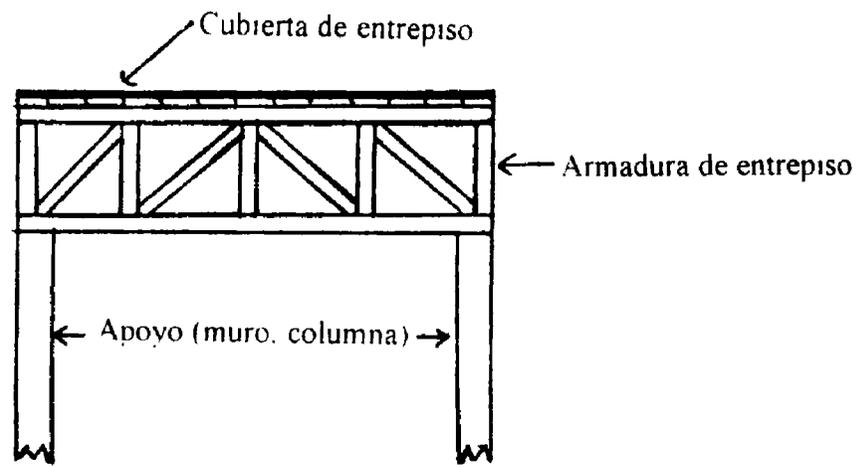


Figura 10 7 (b)
Estructuras de entrepiso

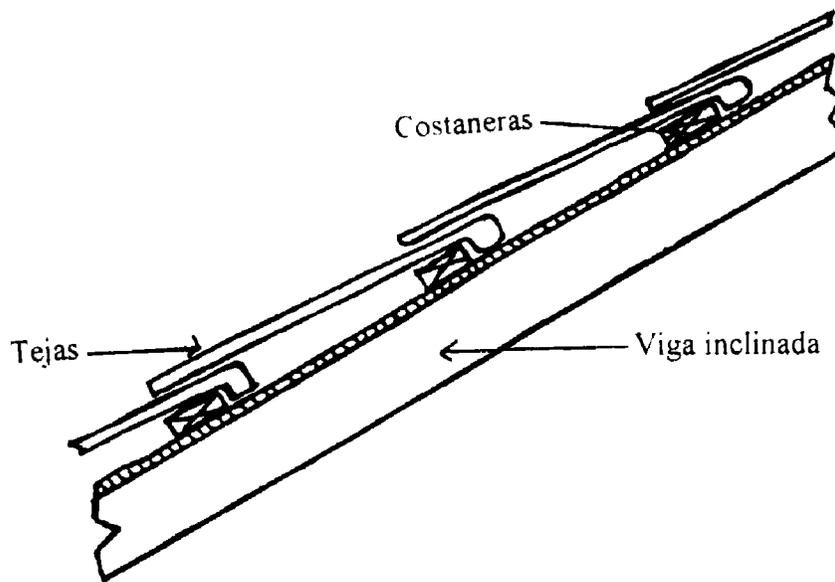


Figura 10 8
Detalle típico de cubierta de techo de madera

10.3 UNIONES.

En los sistemas estructurales de madera, el objetivo de las uniones es la transmisión de cargas y proveer continuidad en la estructura. Además permiten el uso de elementos de una longitud mayor y proporcionan anclaje a los cimientos.

Para las uniones se puede utilizar desde clavos y tornillos hasta placas de acero con pernos o dispositivos especiales (split-ring y otros), dependiendo del tipo de estructura que se trate y la importancia del elemento en el sistema.

A continuación se muestra una serie de esquemas que ejemplifican los tipos de uniones más utilizados.

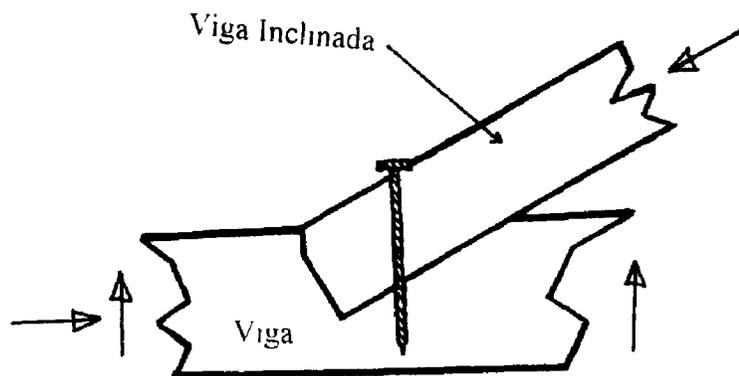


Figura 10.9

Detalle típico de una unión simple en ángulo con clavos

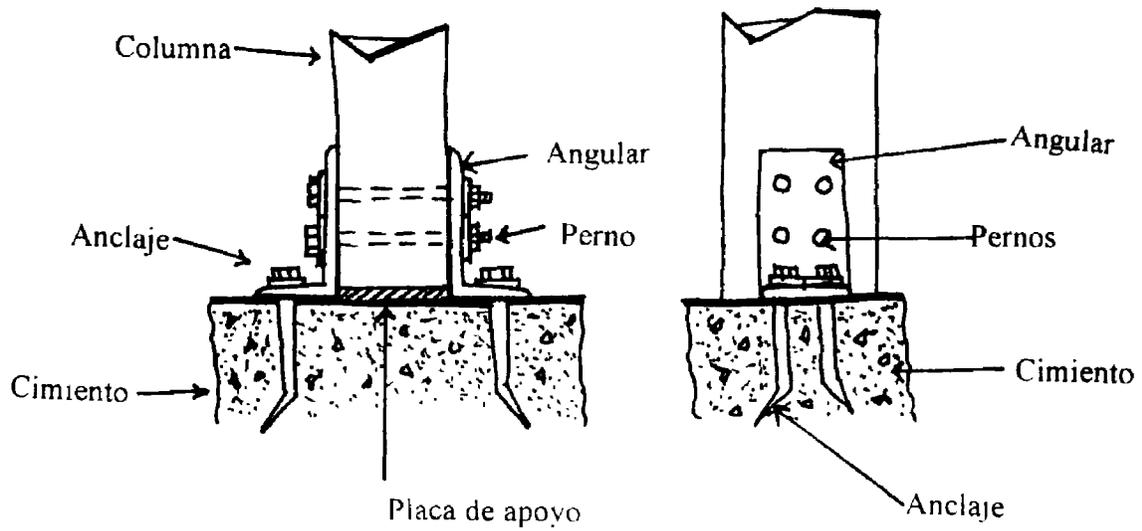
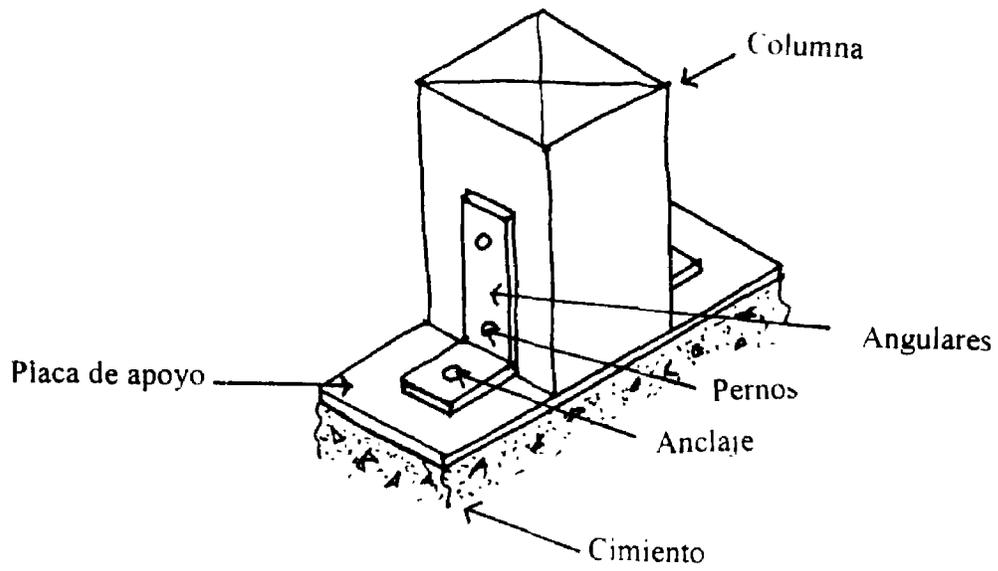


Figura 10 10

Uniones entre columna y cimiento

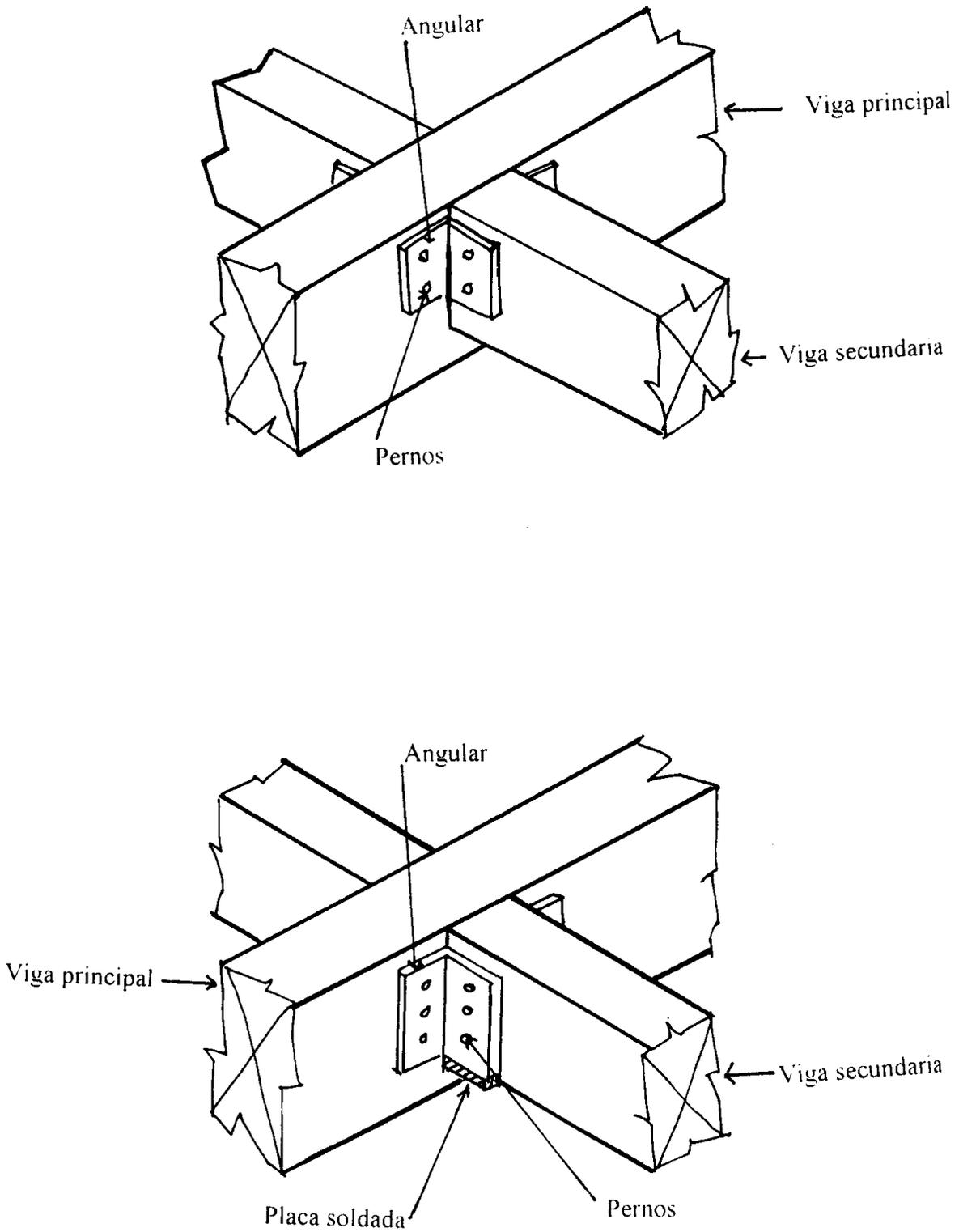


Figura 10.11
Uniones entre vigas.

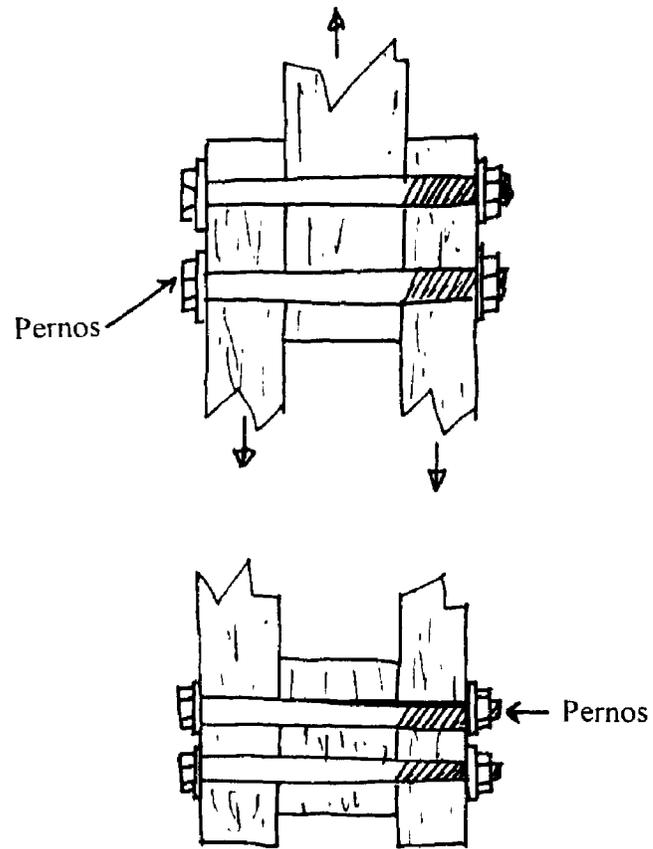


Figura 10 12

Detalle típico de unión con pernos entre elementos de madera de una armadura.

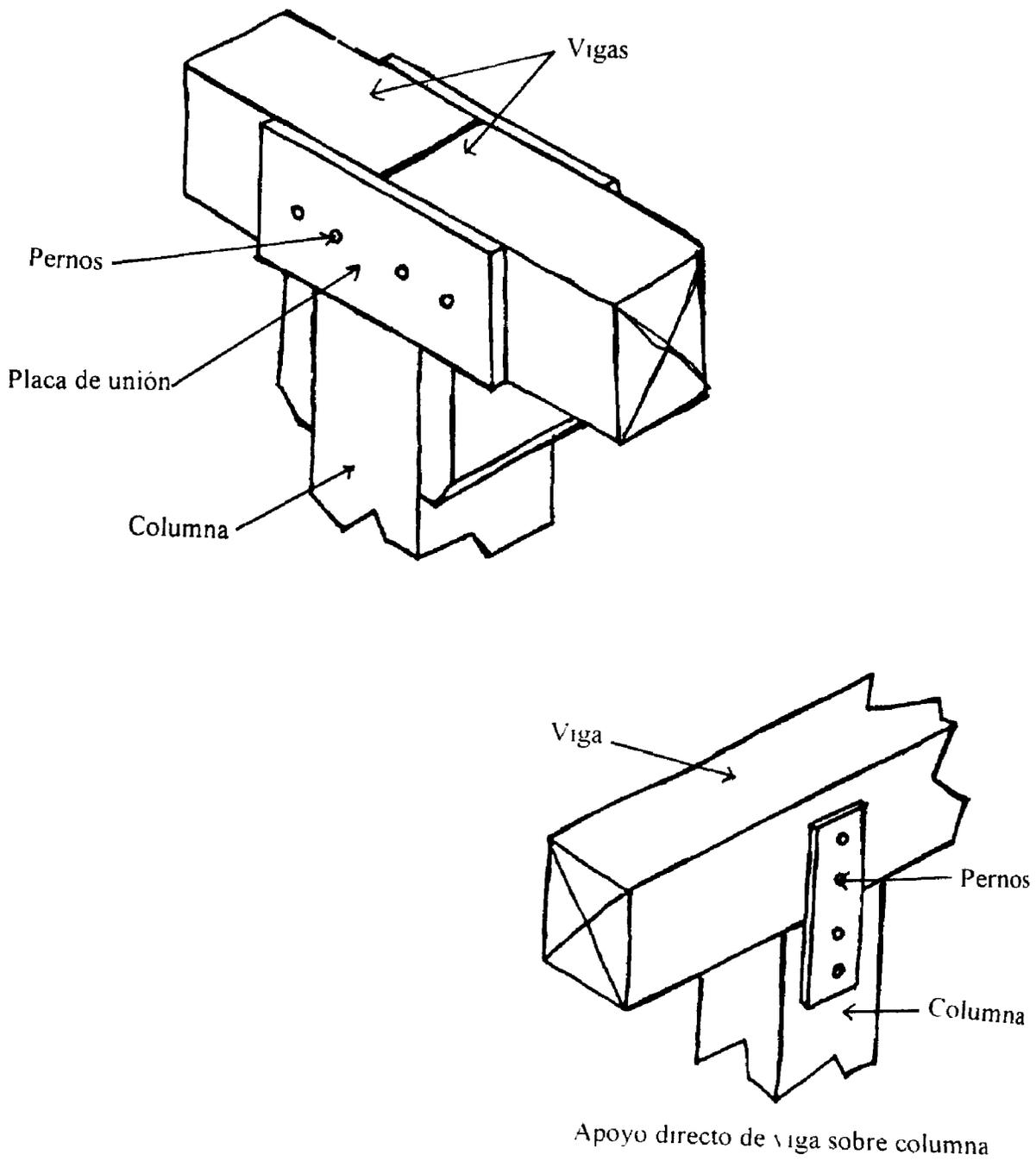
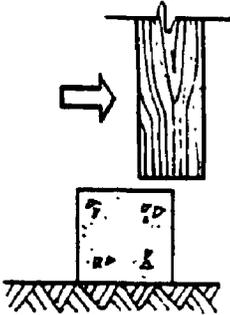
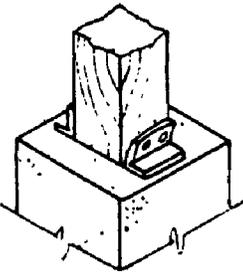
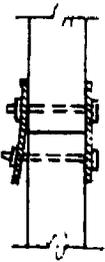
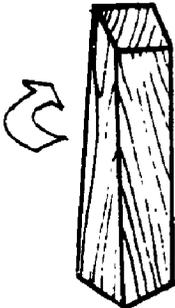
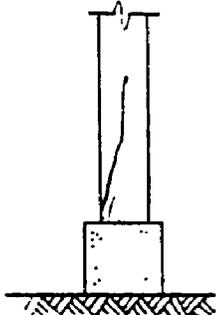
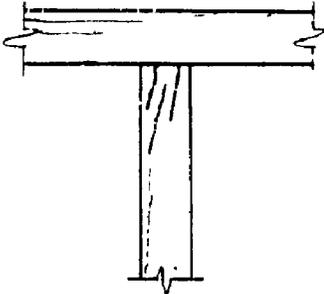


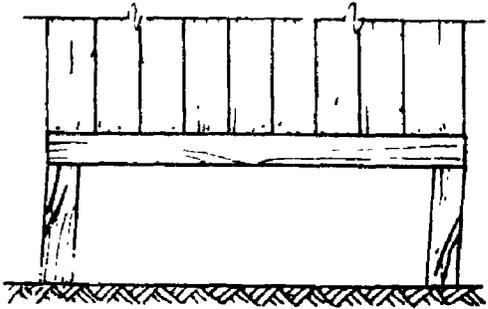
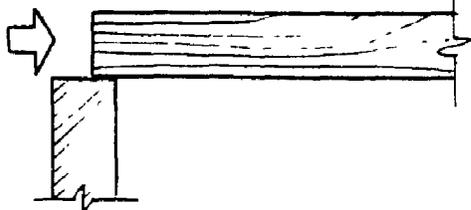
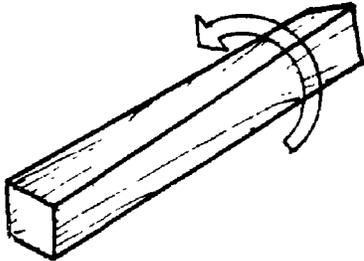
Figura 10 13
Uniones entre vigas y columnas

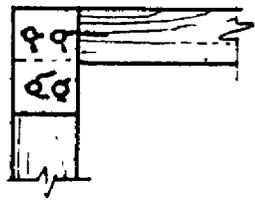
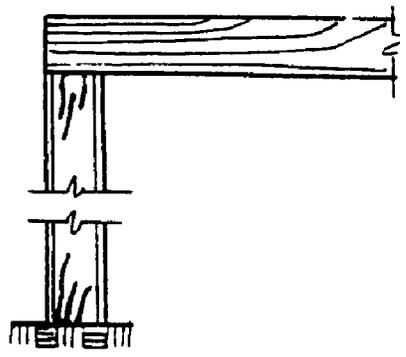
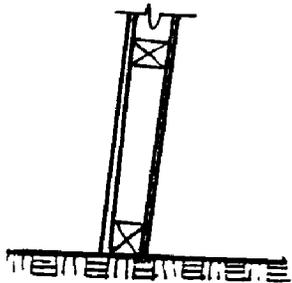
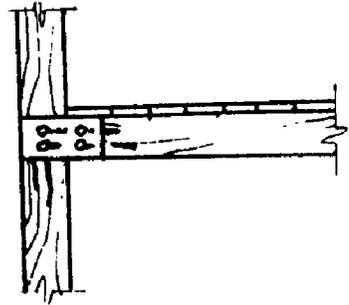
10.4 DESCRIPCION DE FALLAS.

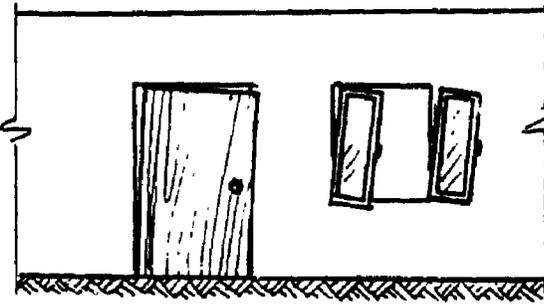
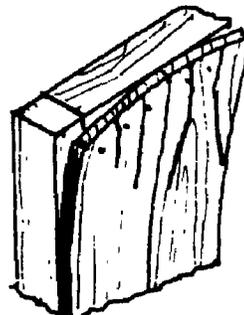
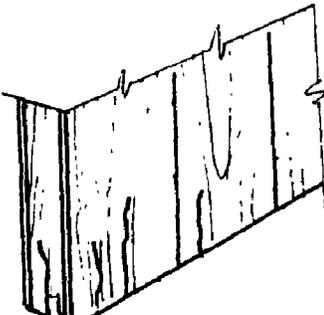
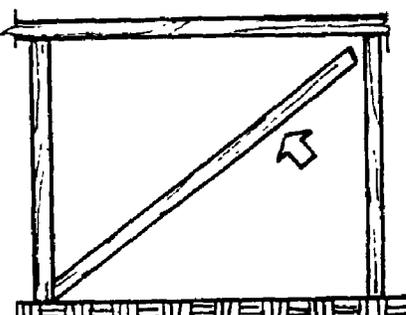
En el cuadro que aparece a continuación se detallan las fallas más comunes que puede provocar la acción de un sismo en una estructura de madera

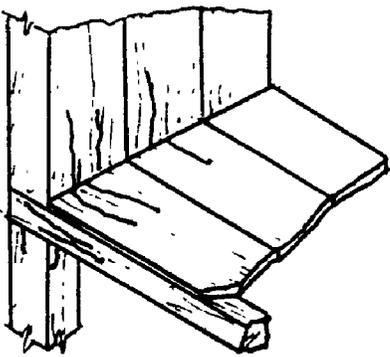
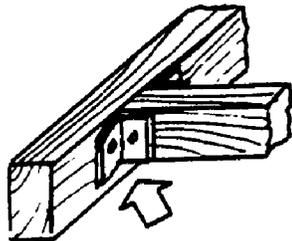
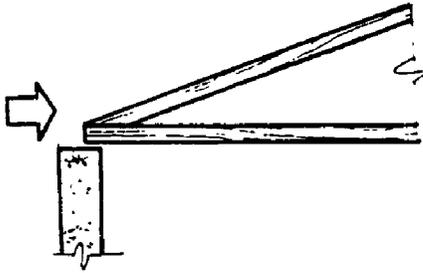
Codigo	Elemento	Descripción de falla	Esquema
10 01	Columnas.	Columna corrida en su base o cimiento (columna montada sobre base de piedra o concreto)	
10 02	Columnas	Columna que muestra que sus elementos de sujeción o uniones a su base están dañados	
10 03	Columnas	Columna con daños en los empalmes.	

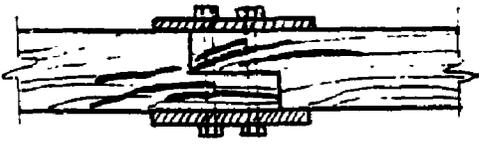
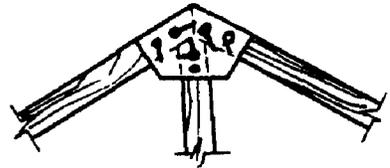
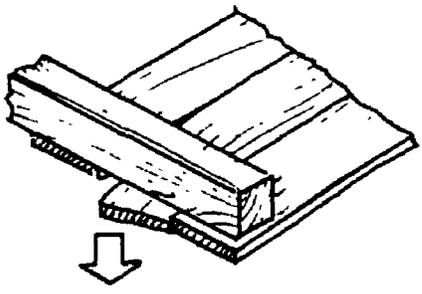
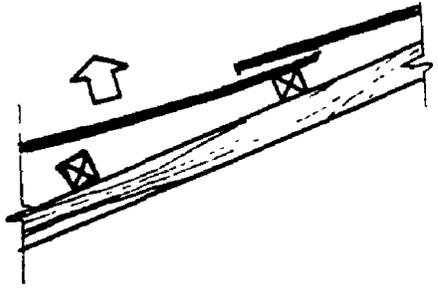
Código	Elemento	Descripción de falla	Esquema
10 04	Columnas	Columna con notoria pérdida de verticalidad	
10 05	Columnas	Columna que muestra rotación alrededor de su eje longitudinal (torsión).	
10 06	Columnas	Columna con fractura o rasgamiento en el área cercana a su base de apoyo	
10 07	Columnas	Columna con fractura o rasgamiento en el área cercana a la unión con vigas	

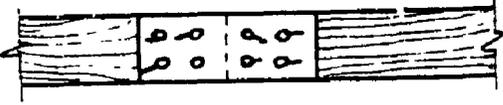
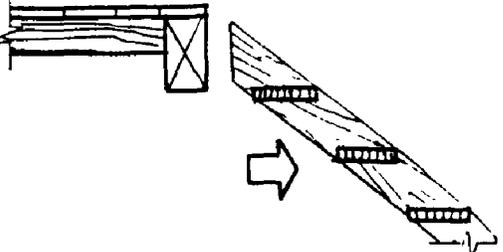
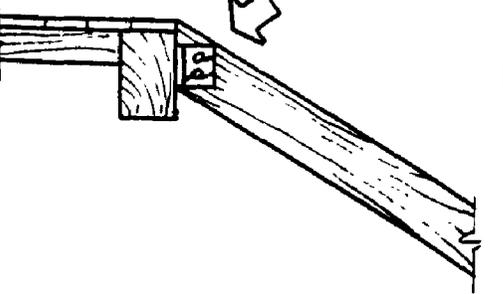
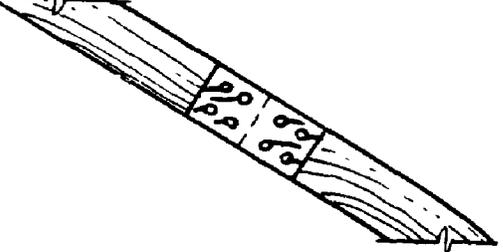
Código	Elemento	Descripción de falla	Esquema
10 08	Columnas	Columna hincada directamente al suelo sirviendo de apoyo a la estructura y que presenta inclinación pronunciada, desgarres en la unión con el entrepiso o fracturas en su base a nivel del suelo	 A schematic drawing of a column supporting a horizontal beam. The column is shown leaning significantly to the right. At the base of the column, there are several jagged, irregular lines representing cracks or structural failure where the column meets the ground.
10 09	Vigas	Viga con corrimiento en su soporte	 A schematic drawing showing a horizontal beam resting on a vertical support. An arrow points to the left from the end of the beam, indicating its displacement or slipping off the support.
10 10	Vigas	Viga que muestra rotación alrededor de su eje longitudinal (torsión)	 A 3D perspective drawing of a rectangular beam. Two curved arrows are drawn around the beam, one at each end, pointing in opposite directions to indicate the beam is twisting or undergoing torsion.
10 11	Vigas	Viga con fracturas o rasgamientos en las áreas cercanas a sus apoyos	 A schematic drawing of a horizontal beam supported by two vertical posts. The beam shows several jagged, irregular lines near the points where it meets the supports, representing cracks or structural damage.

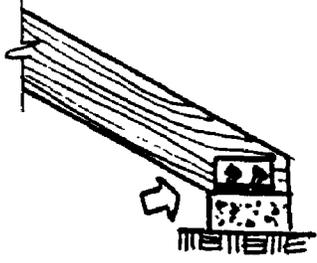
Código	Elemento	Descripción de falla	Esquema
10.12	Uniones viga-columna.	Rasgamientos o daños visibles en el área de los pernos, tornillos o clavos	
10.13	Tabiques	Fisuras y/o rasgamientos visibles en tabiques en la parte inferior o alrededor de las áreas que proveen apoyo a las vigas.	
10.14	Tabiques	Tabique visiblemente inclinado	
10.15	Tabiques.	Fisuras y rasgamientos en uniones de tabiques con columnas, vigas, entrepisos, cimiento u otros tabiques	

Código	Elemento	Descripción de falla	Esquema
10.16	Tabiques.	Tabique que presenta puerta o ventanas con dificultad de cierre y/o apertura.	 <p>The diagram shows a cross-section of a wall. On the left, there is a door with a handle. On the right, there is a window with two panes. The wall is shown with a floor line at the bottom. The door and window are slightly ajar, suggesting they do not close properly.</p>
10.17	Tabiques.	Tabique que presenta separación, fractura o rasgamiento de los forros, especialmente en los puntos cercanos a los apoyos para entrepisos, vigas, uniones con otros muros, cimiento	 <p>The diagram shows a 3D perspective of a wall section. The sheathing (forros) is shown with significant separation and cracking, particularly near the base and at the joints.</p>
10.18	Tabiques.	Fractura y/o rasgamiento en la base del tabique.	 <p>The diagram shows a cross-section of a wall. The base of the wall is shown with significant cracking and separation, particularly at the corners and along the length of the wall.</p>
10.19	Tabiques.	Desprendimiento de arriostramientos de los parales del tabique	 <p>The diagram shows a cross-section of a wall. A diagonal bracing member is shown detached from the wall frame. An arrow points to the bracing member, indicating its detachment.</p>

Código	Elemento	Descripción de falla	Esquema
10.20	Entrepisos.	Fracturas, rasgamientos, o separaciones evidentes en las áreas cercanas a los apoyos y/o en tabiques superiores que se apoyen sobre el entrepiso	
10.21	Entrepisos.	Daños visibles en elementos de sujeción entre miembros.	
10.22	Uniones de vigas.	Rasgamientos o daños en el área de los agujeros de pernos, tornillos o clavos en los elementos de unión entre miembros.	
10.23	Techos.	Desplazamientos de vigas o tijeras de sus apoyos.	

Código	Elemento	Descripción de falla	Esquema
0.24	Techos.	Rotura o desgarramientos en empalmes.	 A cross-sectional diagram of a wooden beam with a central joint. The joint is secured with a metal bracket and bolts. The diagram shows significant cracking and splitting of the wood fibers at the joint, indicating a structural failure.
0.25	Techos.	Miembros de armaduras con conexiones rotas.	 A perspective diagram of a roof truss. It shows two rafters meeting at a peak, supported by a central vertical post. The connection between the rafters and the post is shown as broken and separated, with jagged edges indicating a failure.
0.26	Techos	Desprendimiento o desplome parcial de cielos falsos.	 A perspective diagram showing a wooden ceiling panel. One edge of the panel is shown lifting away from the supporting structure below. A downward-pointing arrow is positioned below the panel, indicating the direction of displacement or the force causing the detachment.
0.27	Techos	Desprendimiento de cubiertas (láminas, tejas, etc.).	 A perspective diagram of a roof slope. It shows wooden rafters with a roof covering consisting of a membrane and tiles. One section of the covering is shown lifting off the rafters. An upward-pointing arrow is placed above the detached section, indicating the direction of displacement.

Código	Elemento	Descripción de falla	Esquema
10.28	Techos.	Rasgamiento o daños en el área de los agujeros de pernos, tornillos o clavos, en uniones de una armadura	
10.29	Gradas	Separación visible entre la estructura de gradas y entepiso, o cimientos	
10.30	Gradas	Desgarramiento de uniones entre la estructura de gradas y entrepisos o cimentación.	
10.31	Gradas.	Grietas en elementos conectores	

Codigo	Elemento	Descripcion de falla	Esquema
10 32	Gradas	Corte de pernos de anclaje o deformaciones en los mismos.	 A technical drawing showing a perspective view of a staircase railing. The railing is supported by a concrete base. Two anchor bolts are shown protruding from the base into the railing. One of the bolts is shown broken, with a jagged fracture line. A small arrow points to the broken bolt. The railing has a decorative top rail and a bottom rail.

10.5 EVALUACION DE DAÑOS.

Para hacer la evaluación debe utilizarse el formulario que aparece en el capítulo 3, procediendo a llenar los datos requeridos en los cuadros E1 (datos generales de la edificación), E2 (evaluación de las condiciones externas) y E3 (daños geotécnicos).

Para el cuadro E4 (descripción del sistema estructural), el evaluador se ubicará en el renglón correspondiente a madera como material de construcción, y se procederá a marcar la casilla de cada elemento estructural que compone la edificación que está evaluando.

En el cuadro E5 (descripción de daños estructurales), se anotará cuales de estos elementos están dañados. La información descrita en el cuadro de la sección 10 4 (descripción de fallas) y sus ilustraciones pueden utilizarse como referencia para identificar las fallas en la estructura.

En el cuadro puede observarse que a cada falla le corresponde un código, se anotará este código en el renglón de comentarios habilitado para cada elemento en el cuadro E5

Si la falla que presenta el elemento no se muestra en el cuadro, se elaborará una descripción de la misma utilizando el cuadro E6 (comentarios)

Se recomienda poner especial atención en los elementos principales de la estructura. Observar si en ellos se han producido fallas y si estas son repetitivas o aisladas. Revisar los sistemas de unión, así como los miembros que proveen soporte lateral

Es importante considerar también el riesgo que representan los elementos con deterioro por acción del ambiente (pudrición o insectos) y falta de mantenimiento

Una vez identificadas las fallas existentes en la estructura, el evaluador debe hacer uso de su criterio y conocimientos para analizar en conjunto toda la información recopilada, y emitir a su juicio la clasificación que corresponda de acuerdo al estado general en que se encuentra la edificación, seleccionando en el cuadro E7 (colocación de etiqueta), la etiqueta que se colocará.

El evaluador recomendará las acciones inmediatas que deben tomarse para la seguridad de los usuarios y se anotarán en el cuadro E8 (recomendaciones).

Para completar el informe se incluirá en el cuadro E9 (esquema) un esquema en planta de la edificación, indicando su orientación con respecto al Norte y señalando la ubicación de los puntos con daños significativos. También podrá agregarse cualquier esquema que se considere necesario y/o de utilidad para detallar lo observado.

BIBLIOGRAFIA.

Applied Technology Council (ATC) ATC-20, Procedures for post-earthquake safety evaluation of buildings, California, 1989, 152 páginas

Merrit, Frederick S., Manual del Ingeniero Civil, volumen II, Editorial McGraw Hill, 1976

Robles, Francisco, Fernández Villegas, Ramón Echenique-Manrique, Estructuras de madera, Editorial Limusa, 1983.

Wakabayashi, Minoru, Enrique Martínez Romero, Diseño de estructuras sismoresistentes, Editorial McGraw Hill, 1988.

Centro de Investigaciones de Ingeniería, Manual de diseño de elementos estructurales de madera para viviendas, Facultad de Ingeniería - BANVI, 1973.

ANEXO **1**

**MODELOS
RECOMENDADOS PARA
LAS ETIQUETAS.**

NO HABITABLE INGRESO LIMITADO

Requiere inspección

Fecha de evaluación:

Hora:

Evaluador:

*** Color amarillo**

NO HABITABLE PELIGRO

Requiere inspección

Fecha de evaluación:

Hora:

Evaluar:

*** Color amarillo con rojo**

PROHIBIDO EL INGRESO

Fecha de evaluación:

Hora:

Evaluar:

*** Color rojo**

DAÑO GEO TECNICO

Fecha de evaluación:

Hora:

Evaluar:

*** Color morado**