

CAPITULO **9**

**ESTRUCTURAS DE
ACERO.**

9 ESTRUCTURAS DE ACERO.

9.1 GENERALIDADES.

El acero es considerado uno de los materiales estructurales mas versátiles teniendo en cuenta los aspectos de gran resistencia y ductilidad. como resultado de ello se tienen estructuras compuestas por elementos de secciones relativamente esbeltas. Esta característica ha dado lugar a estandarizar la forma de las secciones para optimizar el uso del material de manera económica. A continuación se presentan algunos tipos de secciones (comúnmente llamadas perfiles), que se utilizan para conformar los elementos de los edificios de acero. pudiendo estos elementos ser una combinación de las mismas secciones (ver figura 9.1)

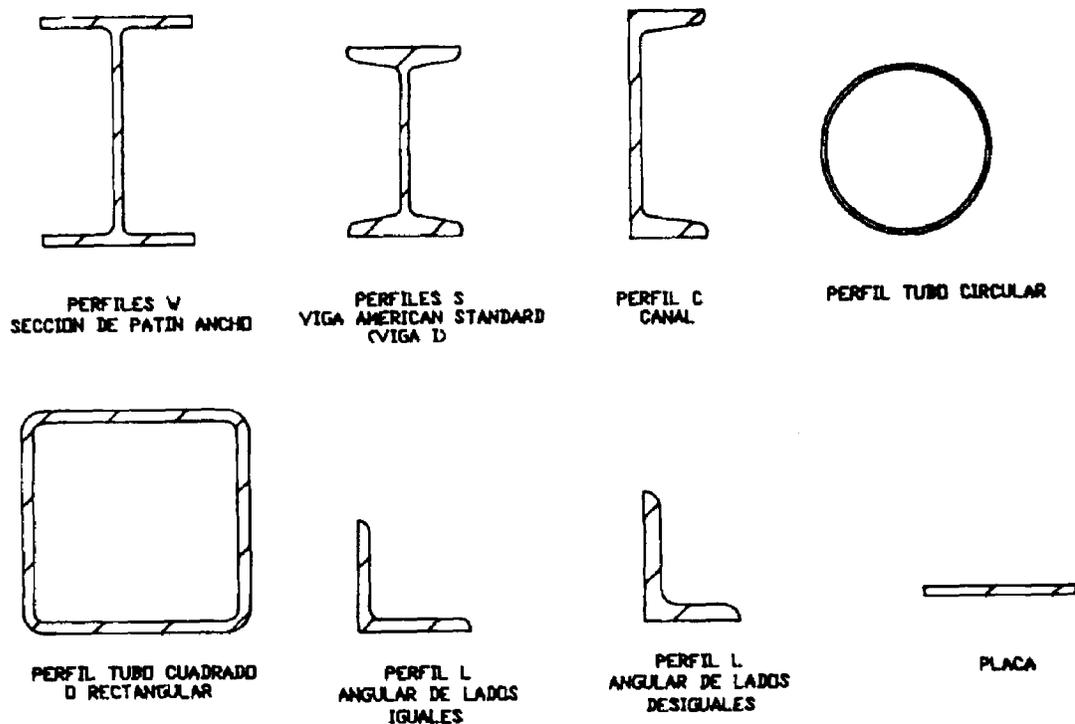


Figura 9.1

Perfiles estructurales producidos por fabricantes.

9.2 ELEMENTOS.

9.2.1 COLUMNAS.

Las columnas son elementos que trabajan principalmente a carga axial de compresión, o esta combinada con flexión. Los perfiles con que se forman las columnas generalmente son perfiles W, tubo circular, tubo cuadrado, combinación de perfiles C (canales) y a veces una combinación de angulares. Es importante determinar las conexiones de extremo, excentricidades de carga, y en casos de columnas altas la esbeltez, que juega un papel importante en el desempeño del elemento.

9.2.2 VIGAS.

Las vigas son elementos horizontales, en algunos casos inclinados e incluso pueden ser verticales, cuya función es transmitir cargas que producen principalmente flexión. Este tipo de elemento puede formarse con los perfiles que se muestran en la figura 9.1 o una combinación de ellos, pero los más apropiados son perfiles W, S y C.

9.2.3 ARRIOSTRES.

Son elementos en diagonal, formando triángulos en la estructura. Los arriostres, trabajan a carga axial de tensión o de compresión, evitando el ladeo de la estructura. Los perfiles más apropiados para formar los arriostres son perfiles W, S, C y angulares.

9.2.4 MIEMBROS A TENSION.

Los miembros a tensión se encuentran sometidos únicamente a carga axial de tensión. Los perfiles comúnmente usados son perfiles W, S, C, angulares y barras. Es común encontrarlos en armaduras, sistemas de arriostre y en miembros utilizados como tirantes.

9.2.5 CABLES.

Son miembros flexibles que pueden ser únicamente sometidos a tensión, consisten en uno o más grupos de alambres, torones o cuerdas. Un torón está formado de alambres dispuestos en forma helicoidal alrededor de un alambre central para producir una sección simétrica, de la misma manera un cable es un grupo de torones colocados en forma helicoidal alrededor de un núcleo central que está compuesto de un corazón de fibras o de otro torón. A continuación, en la figura 9.2, se muestran esquemas de cable y torón.

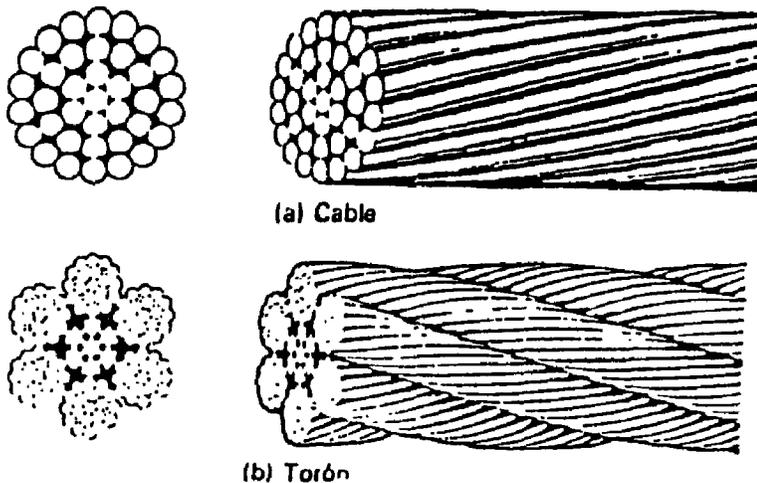


Figura 9.2
Esquema de cable y torón

9.3 SISTEMAS ESTRUCTURALES.

9.3.1 MARCOS RIGIDOS.

Están formados por vigas y columnas con uniones rígidas capaces de transmitir momento flector. Las fuerzas verticales y horizontales son resistidas por acción de marco, en la cual las vigas y columnas trabajan a flexión o a flexocompresión. La unión viga-columna puede estar hecha por medio de soldadura o pueden ser uniones pernadas, remachadas o una combinación de soldadura y pernos. Este tipo de marcos puede ser de uno o varios pisos. En la figura 9.3 se presentan algunos marcos frecuentemente usados en las estructuras de acero para edificios.

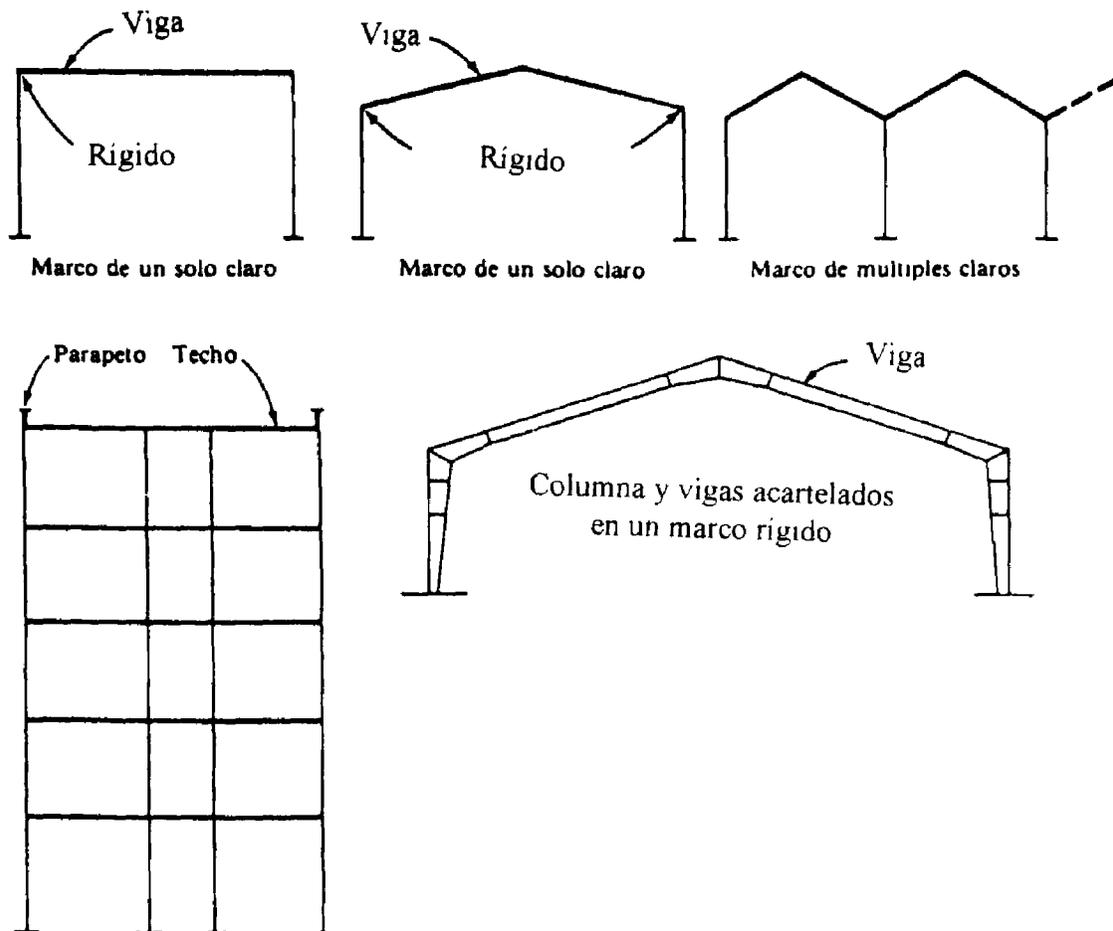


Figura 9 3

Diversos marcos usados en las estructuras de acero para edificios

9.3.2 MARCOS ARRIOSTRADOS.

Al igual que los marcos rígidos, los marcos arriostrados están formados por vigas y columnas, teniendo adicionalmente elementos en diagonal formando triángulos en la estructura. Los nudos pueden ser articulados. Los arriostres, miembros diagonales, trabajan a carga axial de tensión o de compresión, evitando el lado de la estructura. La colocación de los elementos diagonales puede ser en X, K ó V como se muestra a continuación en la figura 9.4

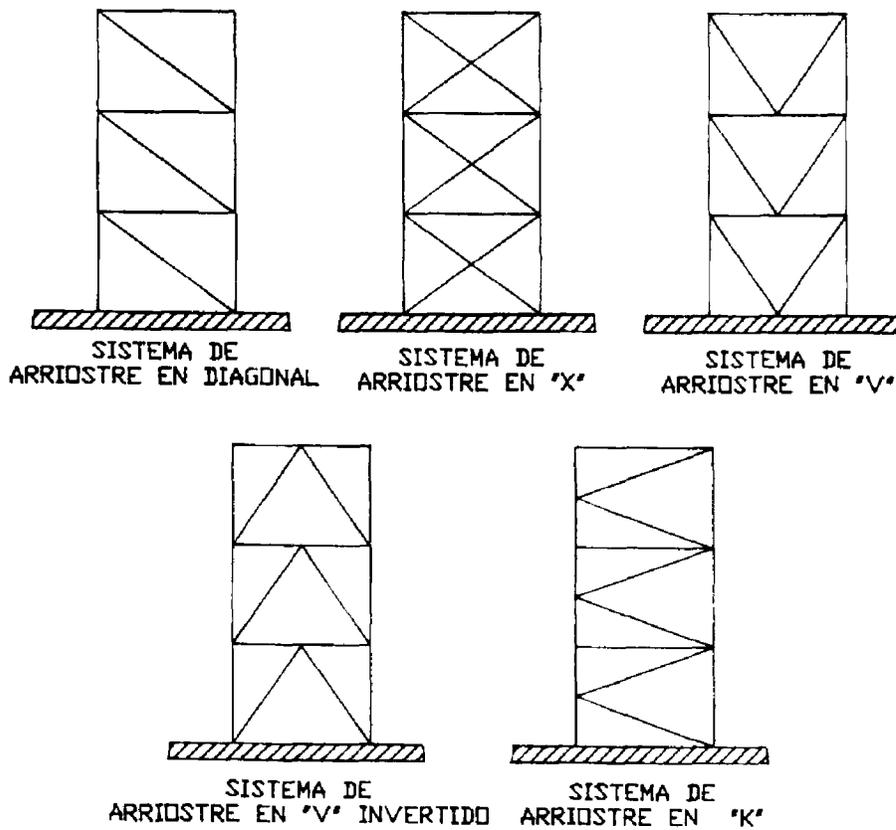


Figura 9.4

Configuraciones típicas de sistemas de arriostre concéntricos

Un caso frecuente de marcos arriostrados se muestra en la figura 9 5 en donde los elementos en diagonal están situados en el plano inclinado del techo (formando diafragma) y en la dirección perpendicular al marco rígido formando diafragmas verticales. Los elementos en diagonal están diseñados para que resistan las fuerzas laterales por medio de tensión axial y son llamados comúnmente tensores.

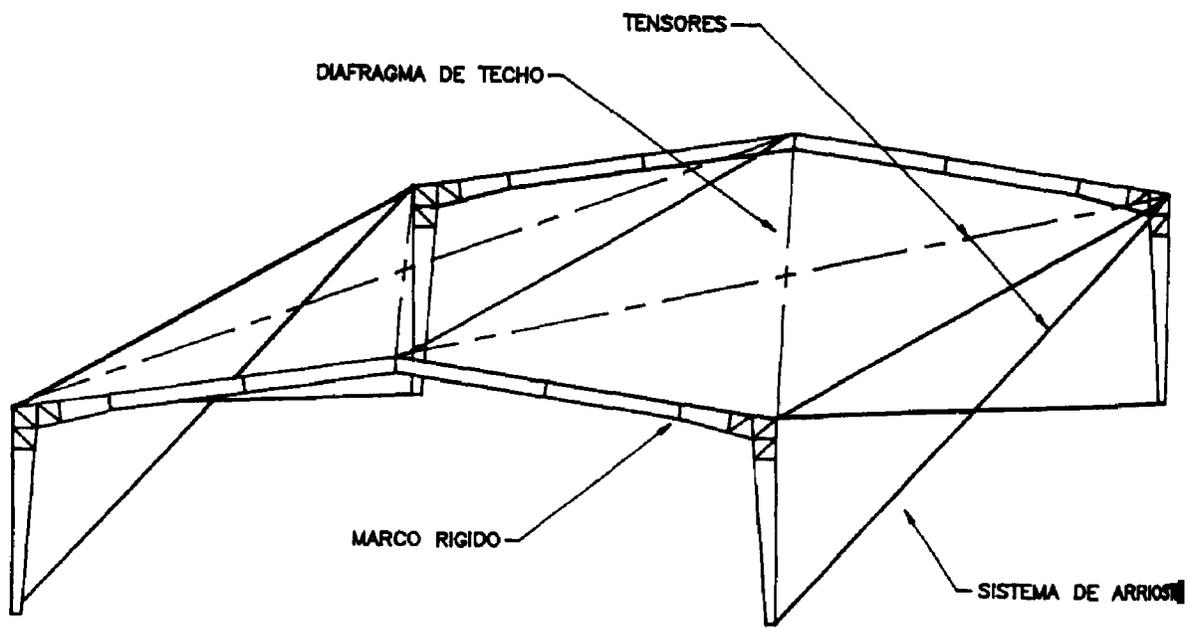


Figura 9 5

Esquema de marco rígido arriostrado por tensores

9.3.3 MARCOS CON MUROS DE CONCRETO O DE MAMPOSTERIA.

Este tipo de estructuras poseen marcos rígidos de acero en una dirección, con cerramiento de la edificación usando muros de concreto o muros de mampostería. Es importante determinar si estos muros forman parte del sistema estructural, en cuyo caso son utilizados parcial o totalmente para resistir las fuerzas laterales. En caso contrario tales muros serán tomados como elementos secundarios. La figura 9.6 muestra un arreglo de marcos con muros de concreto o de mampostería

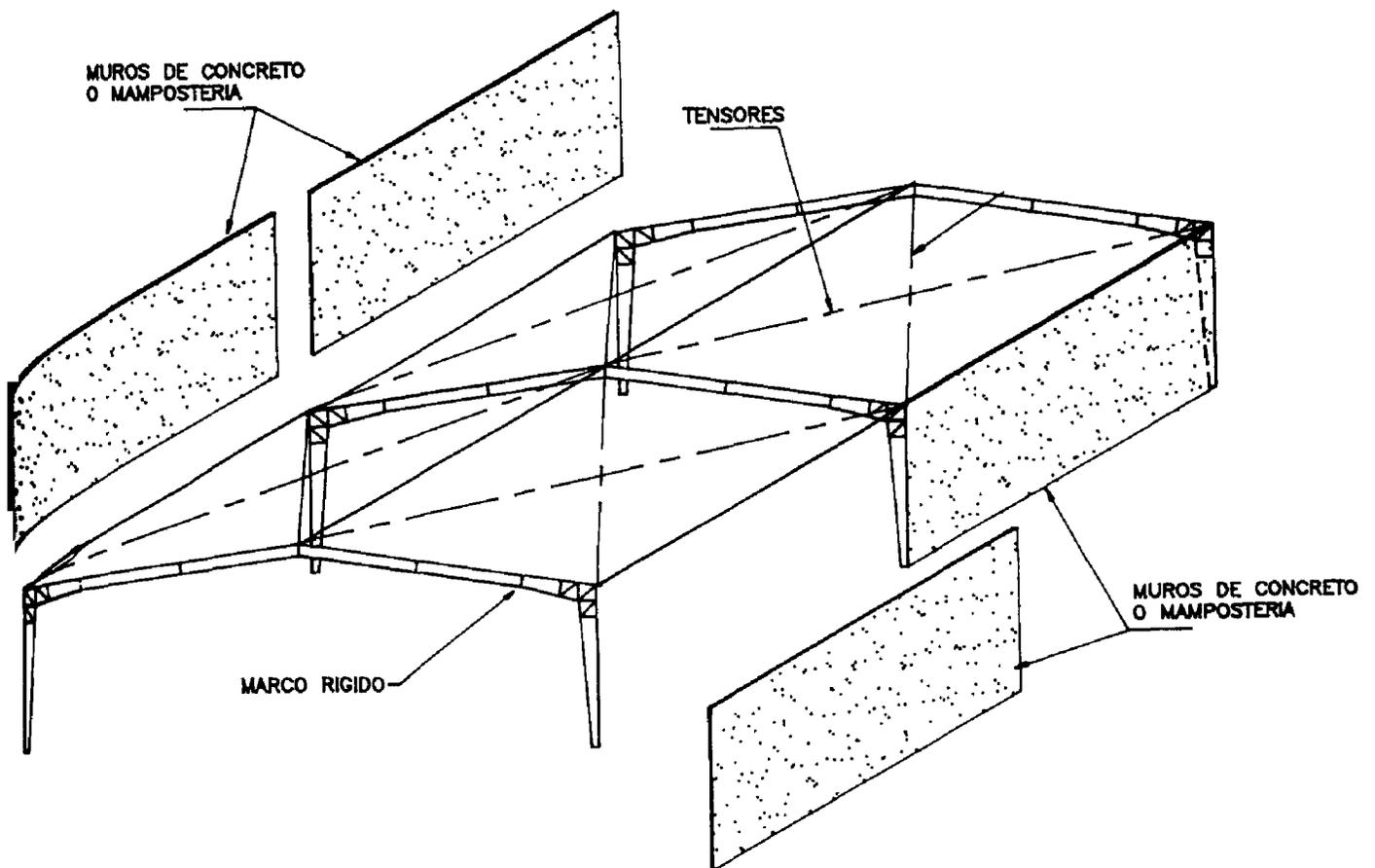


Figura 9 6

Esquema de marcos con muros de concreto o muros de mampostería.

9.3.4 ARMADURAS.

Una armadura esta formada por un grupo de miembros (también llamados barras) que forman uno o más triángulos, en un solo plano, y están dispuestos de manera que las cargas externas se aplican en los nudos o juntas y teóricamente sólo producen tensión o compresión axiales en los miembros. En la figura 9.7 se muestra algunos tipos de armaduras.

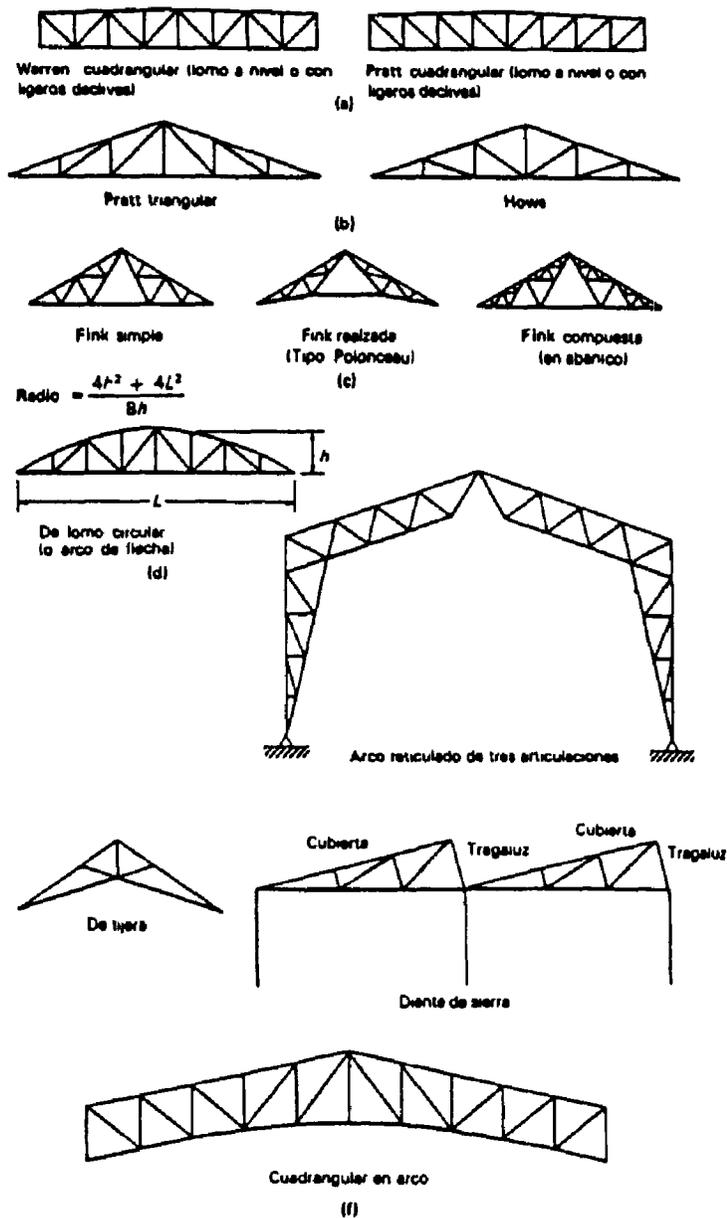


Figura 9.7
Tipos de armaduras

9.3.5 ARMADURAS TRIDIMENSIONALES.

Es un sistema de barras en el espacio, unidas entre sí por sus extremos con articulaciones, de manera que forman una estructura espacial rígida. Sus elementos están dispuestos de manera que las cargas externas se aplican en los nudos o juntas y teóricamente solo producen tensión o compresión axiales en los miembros. La figura 9.8 muestra un arreglo de miembros que forman una armadura tridimensional.

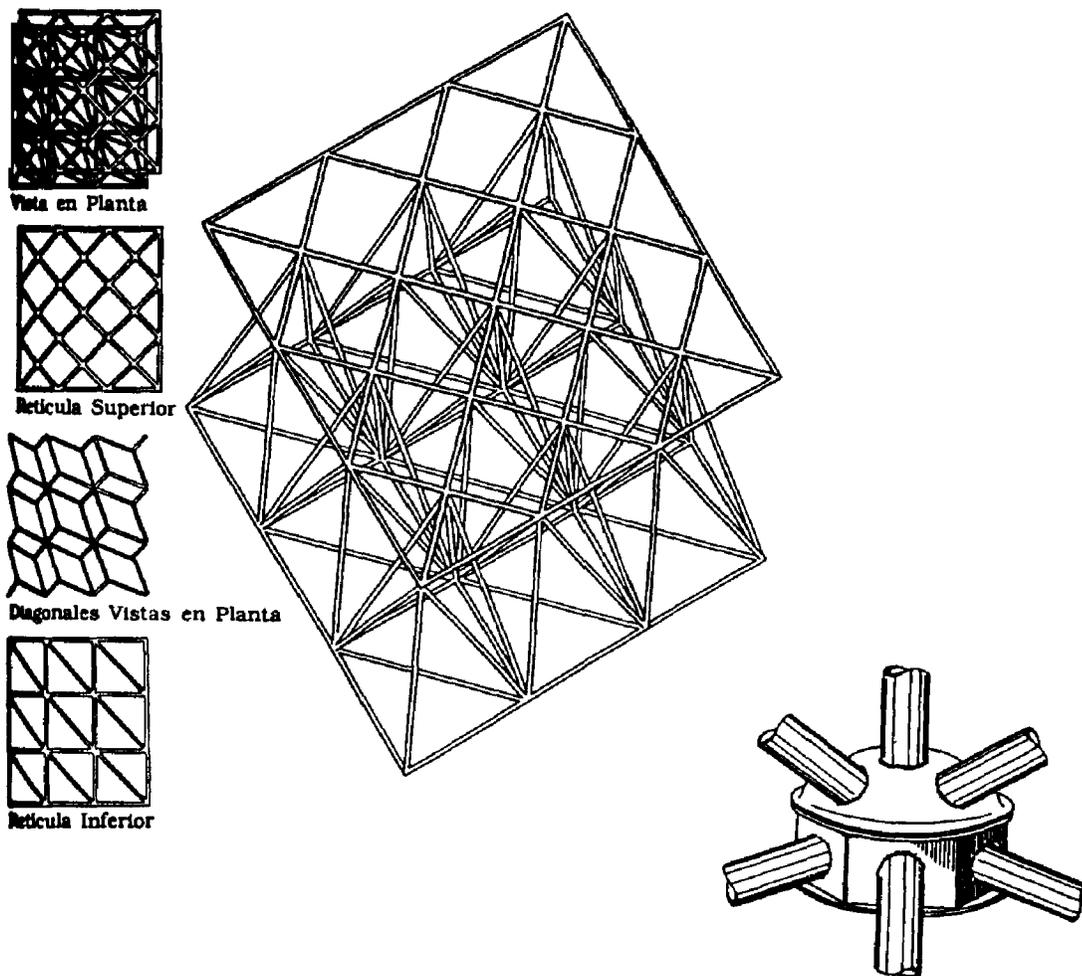
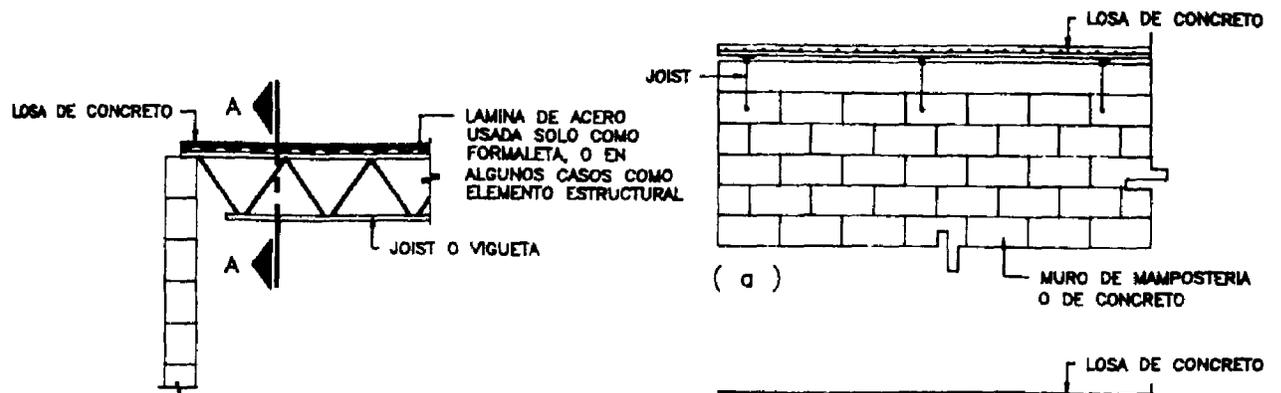


Figura 9.8

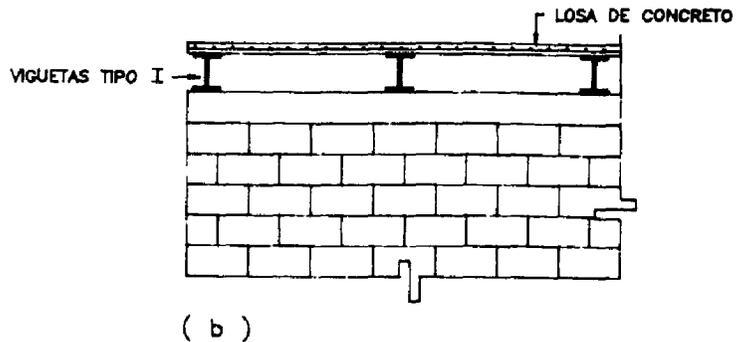
Esquema de armadura tridimensional y de nudo.

9.3.6 ENTREPISOS.

La utilización de elementos de acero combinados con otros materiales, tales como concreto, madera, etc., para la construcción de entrepisos, es de uso bastante frecuente. Generalmente los entrepisos están formados con un sistema de vigas de carga apoyadas sobre columnas, paredes, armaduras, etc., sobre las que se apoya una serie de vigas de menor dimensión, llamadas viguetas o vigas secundarias. Como vigas secundarias pueden usarse joists que son vigas de alma abierta. Sobre estos elementos descansa el piso que puede ser de tablones de madera, losetas prefabricadas de concreto o una losa de concreto fundida en el lugar. La figura 9.9 muestra algunos de los sistemas utilizados para entrepiso. Las uniones entre los diversos elementos y los anclajes a la estructura principal son importantes para que el entrepiso pueda funcionar como diafragma horizontal.

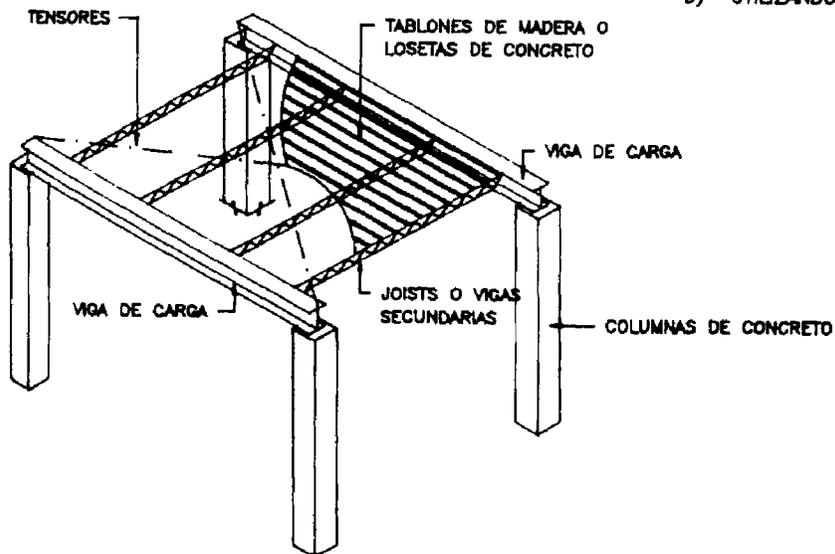


JOIST DIRECTAMENTE APOYADO SOBRE PAREDES DE MAMPOSTERIA O CONCRETO



SECCION A-A

- a) UTILIZANDO JOIST
- b) UTILIZANDO VIGUETAS TIPO I



ESQUEMA DE ENTREPISO SOBRE COLUMNAS DE CONCRETO

Figura 9 9
Esquemas de entrepiso de acero

9.3.7 TECHOS O CUBIERTAS.

Es muy común encontrar cubiertas con armaduras de acero o simplemente de vigas inclinadas, como elementos que soporten las cargas del techo. Las armaduras o vigas generalmente están conectadas entre sí por medio de tensores formando un diafragma horizontal y frecuentemente descansan sobre muros de mampostería con columnas de concreto. En otros casos se apoyan en estructuras principales de acero. Sobre las armaduras o vigas inclinadas descansan las costaneras que son las que reciben la cubierta (que pueden ser láminas metálicas, fibrocemento, elementos de concreto, etc.) y la carga viva. La figura 9.10 muestra algunos tipos de cubiertas.

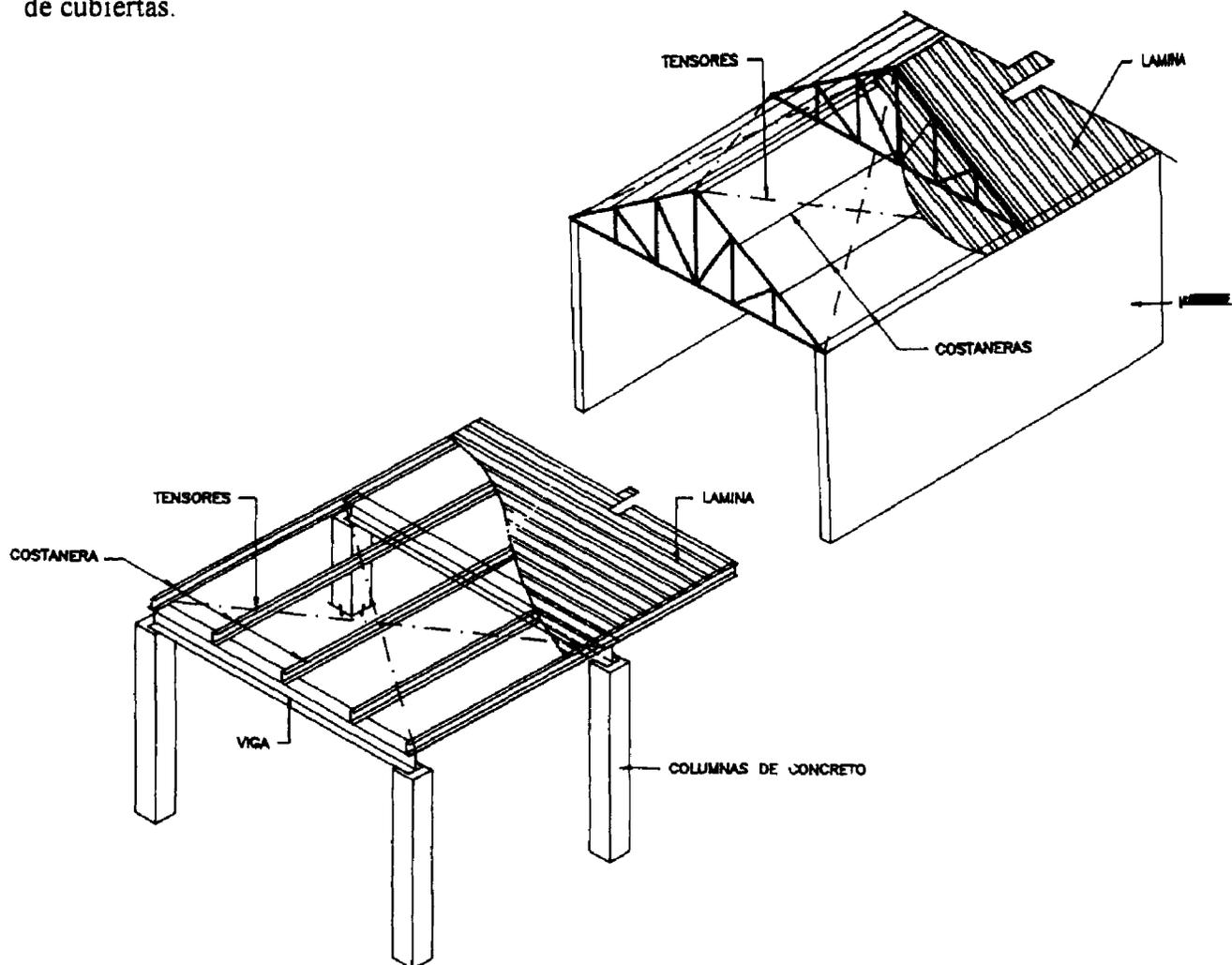


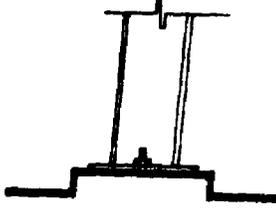
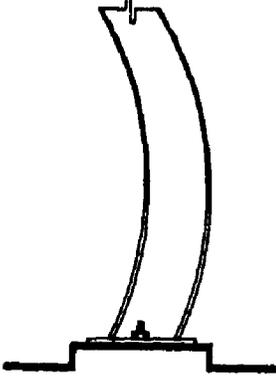
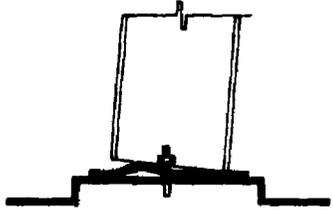
Figura 9 10

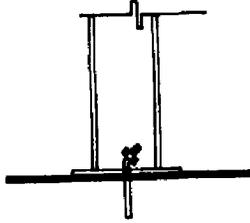
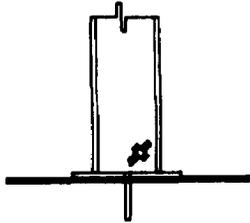
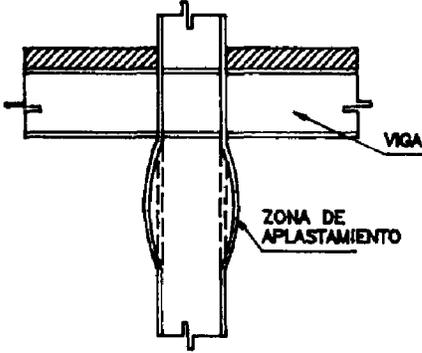
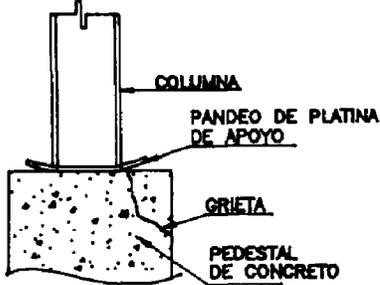
Esquemas de cubiertas o techos

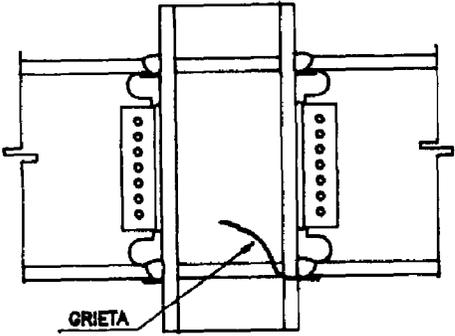
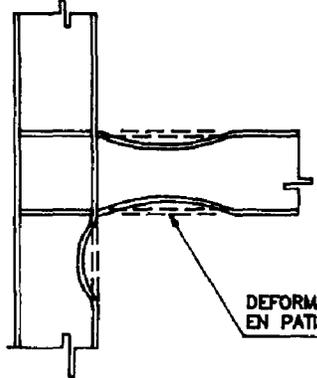
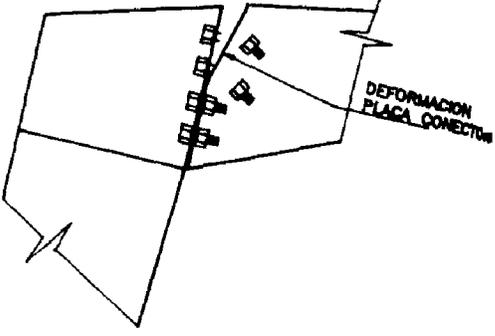
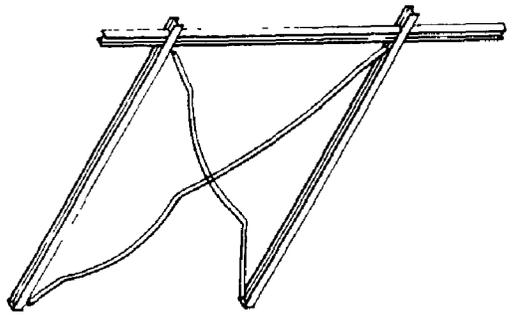
9.3.8 GRADAS.

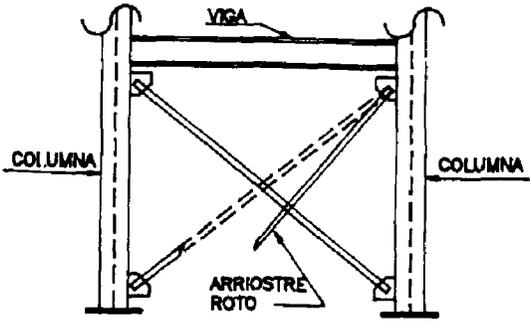
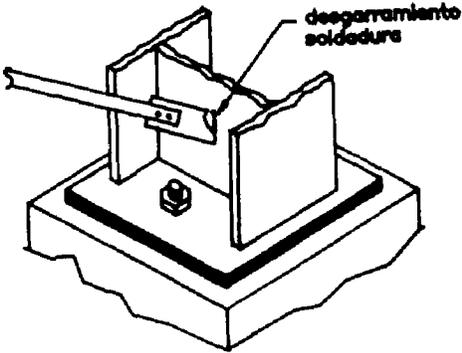
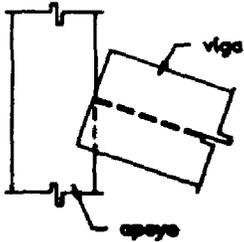
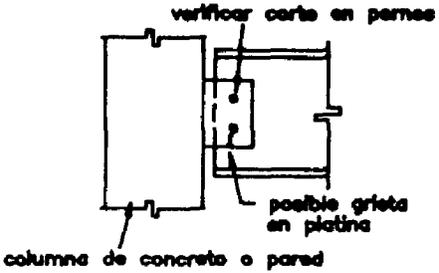
Son un arreglo de vigas inclinadas que van de un piso inferior al piso superior, sobre los que se apoyan los peldaños (de acero, de madera o de concreto). Cuando están apoyadas sobre el suelo están fijadas a un cimiento de concreto y generalmente están apoyadas en vigas en el nivel superior unidas por medio de pernos o soldadura.

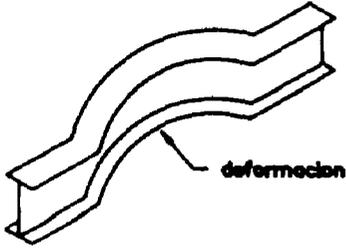
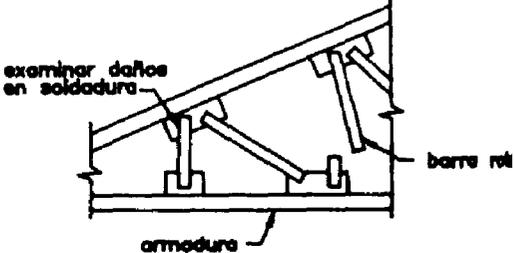
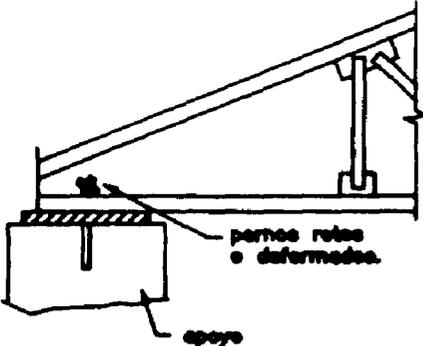
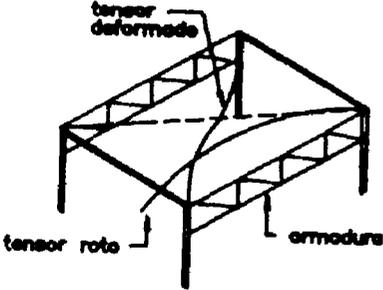
9.4 DESCRIPCION DE FALLAS.

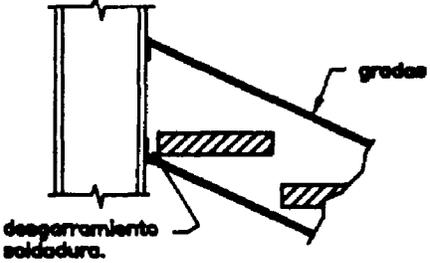
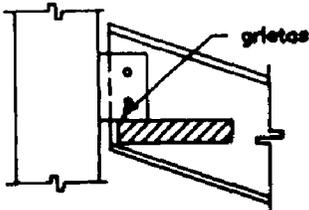
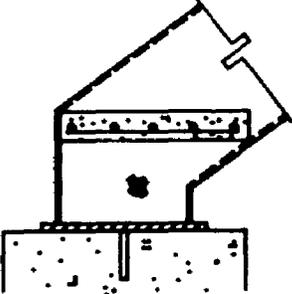
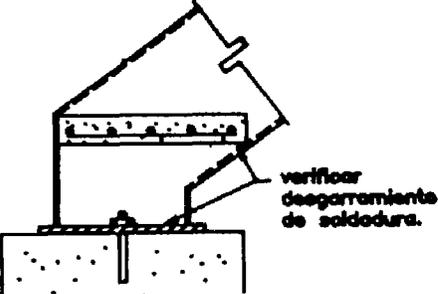
| Codigo | Elemento | Descripcion de falla | Esquema |
|--------|----------|---|---|
| 09 01 | Columnas | Columna inclinada o fuera de plomo |  |
| 09 02 | Columnas | Columna que se muestre arqueada |  |
| 09 03 | Columnas | Desgarramiento de la soldadura en la platina de apoyo |  |

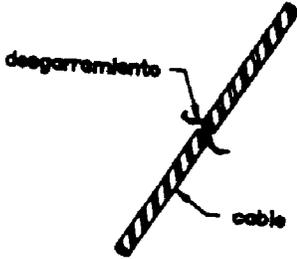
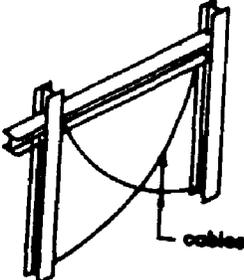
| Código | Elemento | Descripción de falla | Esquema |
|--------|-----------|--|---|
| 09.04 | Columnas. | Deformación de los pernos de anclaje en el apoyo de la columna. |  |
| 09.05 | Columnas. | Corte de los pernos de anclaje en el apoyo de la columna. |  |
| 09.06 | Columnas | Aplastamiento de la columna. Falla por compresión |  |
| 09.07 | Columnas. | Pandeo en la platina de apoyo y daño en el pedestal de apoyo. |  |

| Código | Elemento | Descripción de falla | Esquema |
|--------|-----------------------|---|---|
| 09.08 | Uniones viga-columna. | Grietas en soldaduras de las uniones y/o en las vigas o columnas. |  <p>GRIETA</p> |
| 09.09 | Uniones viga-columna. | Deformación en los patines cerca de la junta viga-columna. |  <p>DEFORMACION EN PATIN</p> |
| 09.10 | Uniones viga-columna. | Pernos cortados o deformados y deformaciones en la placa conectora. |  <p>DEFORMACION PLACA CONECTORA</p> |
| 09.11 | Arriostres. | Arriostres arqueados o deformados. |  |

| Código | Elemento | Descripción de falla | Esquema |
|--------|-------------|--|--|
| 09.12 | Arriostres. | Arriostres rotos. |  |
| 09.13 | Arriostres | Desgarramientos de soldaduras entre columna y platina conectora y/o pernos rotos |  |
| 09.14 | Vigas | Corrimiento o desplazamiento de los apoyos. |  <p style="text-align: right;">PLANTA</p> |
| 09.15 | Vigas | Corte en pernos y grietas visibles en las placas de union de viga a columna o paredes de apoyo |  |

| Código | Elemento | Descripción de falla | Esquema |
|--------|------------|--|--|
| 09.16 | Vigas. | Deformación lateral o alabeo a lo largo de la viga |  <p>deformación</p> |
| 09 17 | Armaduras. | Barras rotas y/o desgarramiento de las soldaduras |  <p>examinar daños en soldadura</p> <p>barra rot</p> <p>armadura</p> |
| 09 18 | Armaduras. | Pernos de apoyo rotos o deformados. |  <p>pernos rotos o deformados.</p> <p>apoyo</p> |
| 09 19 | Armaduras. | Tensores del diafragma horizontal rotos o excesivamente deformados |  <p>tensores deformados</p> <p>tensores rotos</p> <p>armadura</p> |

| Código | Elemento | Descripción de falla | Esquema |
|--------|----------|---|--|
| 09 20 | Gradas. | Desgarramientos en soldaduras de unión a elementos de acero. |  |
| 09 21 | Gradas. | Grietas en platinas conectoras. |  |
| 09 22 | Gradas. | Corte de pernos de anclaje o deformaciones en los mismos. |  |
| 09 23 | Gradas | Desgarramiento de soldadura entre la estructura de gradas y peldaños. |  |

| Código | Elemento | Descripción de falla | Esquema |
|--------|----------|---|---|
| 09.24 | Cables. | Desgarramiento o separación de los alambres o torones que lo conforman. |  <p>The diagram shows a diagonal cable with a fraying defect. A bracket labeled 'desgarramiento' points to the frayed area, and a label 'cable' points to the main body of the cable.</p> |
| 09.25 | Cables. | Cables que presenten deformaciones excesivas, y que manifiesten una pérdida de tensión. |  <p>The diagram shows two vertical supports with cables stretched between them. The cables are shown with a significant downward sag, indicating excessive deformation and loss of tension. A label 'cables' points to the sagging cables.</p> |
| 09.26 | Cables | Conexiones o piezas de union falladas que presenten desgarramiento o ruptura |  <p>The diagram shows a hook-shaped connector with a handle. The hook is shown in a state of failure, with a jagged break at the top, indicating a fracture or tearing at the connection point.</p> |

9.5 EVALUACION DE DAÑOS.

La evaluación en edificaciones dañadas por un sismo necesariamente se basa en la interpretación que a su criterio y juicio hace el evaluador. Para hacer su labor cuenta con la ayuda de los lineamientos que se dan en este trabajo, para establecer los daños que se presentan y calificarlos.

Se deberán seguir los criterios que se encuentran en la sección 3 2.5 de clasificación de daño y colocación de etiquetas.

En el cuadro E1 del formato de evaluación se llenará con exactitud los datos generales de la edificación, para poder identificarla posteriormente.

Se recomienda al evaluador, por su seguridad personal y la de los elementos que lo acompañan, que antes de entrar a una edificación la examine exteriormente para establecer lo siguiente. si presenta colapso total, colapso parcial, inclinación generalizada de la edificación, daños severos en muros y/o columnas, desplazamiento de la estructura con respecto a su cimentación, peligro de desplome de elementos, o cualquier otro tipo de daño grave visible, la edificación deberá considerarse insegura, y se recomienda no entrar a la misma. Se colocará etiqueta roja, indicándose lo encontrado en el cuadro E2 evaluación de las condiciones externas de la edificación y se completarán también los cuadros E7, E8, y E9

Es importante también establecer daños de tipo geotécnico (ver capítulo 4), tales como asentamientos, corrimientos, grietas en el suelo, deslizamientos o derrumbes, licuefacción del suelo, etc., que afecten directa o indirectamente a la estructura. Si es así, la edificación deberá considerarse insegura, al menos hasta que se haga una evaluación mas profunda y se demuestre lo contrario. Se recomienda no entrar a la edificación, colocándose una etiqueta de color rojo, prohibiendo el ingreso a la edificación, y una de color morado manifestando la posibilidad de la existencia de daños geotécnicos. Lo observado se indicará en el cuadro E3 de evaluación de daños geotécnicos y se completarán también los cuadros E7, E8, y E9.

El cuadro E4 de descripción del sistema estructural tiene por objetivo establecer el tipo de material de construcción que forma la edificación. Se marcará con una X en la columna y fila que corresponda al elemento estructural y material respectivamente.

En el cuadro E5 de descripción de daños estructurales se marcará con una X si existe daño en alguno de los elementos descritos, se escribirá en la columna de comentarios el código de daño que se indica en los cuadros mostradas en las páginas anteriores.

En el cuadro E6 de comentarios se anotará cualquier cosa especial y/o extraordinaria referente a la descripción del sistema estructural y/o de los daños en la estructura.

El cuadro E7 colocación de etiqueta establece la clasificación de daño y el color de etiqueta que le corresponde. Es importante el criterio y juicio personal del evaluador, auxiliado con los lineamientos que se dan en este trabajo para establecer la magnitud de los daños.

Si la evaluación indica que la edificación no presenta peligro aparente y es habitable en su totalidad sin limitaciones debe colocarse una etiqueta de color verde.

Si la edificación presenta daños parciales y posible peligro en parte o en la totalidad de la estructura, debe colocarse una etiqueta de color amarillo. Esta nos indica que hay que limitar el ingreso únicamente a personal calificado.

Es posible encontrar elementos secundarios que no forman parte de la estructura principal, tales como tabiques, fachadas arquitectónicas, cielos falsos u otros, que presenten algún grado de daño mientras la estructura principal en general está en buenas condiciones. Las áreas donde se encuentren los elementos dañados deberán ser aisladas sin necesidad de condenar la estructura totalmente. Se colocará una etiqueta color amarillo con rojo

En el caso de edificaciones compuestas por una serie de marcos, si se observan daños en algunos de los marcos, en forma tal que no ponen en peligro el resto de la estructura, podrá permitirse el uso de la estructura en la parte sin daño. Se procederá a acordonar el área dañada y colocar una etiqueta color amarillo con rojo.

En el caso de edificaciones de varios niveles, que presenten daños solo en ciertas áreas tales como el último piso, y el resto de la estructura se encuentre en buen estado, podrá limitarse el paso a esas áreas y permitir la ocupación del resto del edificio. Se procederá a colocar una etiqueta color amarillo con rojo

Si el daño en la estructura es severo y representa peligro inminente, no se permitirá el ingreso de ninguna persona y se etiquetará de color rojo.

El criterio y juicio del evaluador es de gran importancia y se deberá dejar constancia de cualquier acción o disposición tomada, en la sección E8 de recomendaciones.

En la parte E9 se hará un esquema de la planta de la edificación orientada al Norte, localizando en ella los daños.

REFERENCIAS.

Figura 9.1 y 9.3

Adaptado de. Bowles, Joseph E., Diseño de acero estructural, Editorial Limusa, México, primera edición, 1984

Figura 9.4

AISC, Manual of Steel Construction, Load & Resistance Factor Design, volume I, second edition 1994.

Figura 9.7

McCormack, Jack C., Diseño de estructuras metálicas, Representaciones y servicios de Ingeniería, S.A., México, segunda edición, 1971.

Figura 9.8

Torres Salazar, Rolando Estuardo, Análisis de armaduras espaciales para cubiertas, Tesis de Ingeniero Civil, Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, 1993.

BIBLIOGRAFIA.

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

Bowles, Joseph E , Diseño de acero estructural, Editorial Limusa, Mexico, primera edición, 1984

McCormack, Jack C , Diseño de estructuras metálicas, Representaciones y servicios de Ingeniería, S A., México, segunda edición, 1971.

AISC, Manual of Steel Construction, Load & resistance factor design, volume I, second edition 1994.

Merritt, Frederick S , Manual del Ingeniero Civil, Editorial McGraw-Hill, segunda edición

Rosenblueth, Emilio, Diseño de estructuras resistentes a sismos, Instituto Mexicano del Cemento y Concreto, A.C., segunda reimpresión, 1992

Torres Salazar, Rolando Estuardo, Análisis de armaduras espaciales para cubiertas, Tesis de Ingeniero Civil, Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, 1993

Lin, T. Y , S. D Stotesbury, Conceptos y sistemas estructurales para arquitectos e ingenieros