

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGÓN”

**“INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL:
EXPLICACIÓN ESQUEMÁTICA DEL
COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS REALES”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A :
CHRISTIAN ISRAEL PALETA RAMÍREZ

DIRECTOR DE TESIS: M. EN I. DANIEL VELÁZQUEZ VÁZQUEZ

MÉXICO

2005

m342373



Universidad Nacional
Autónoma de México

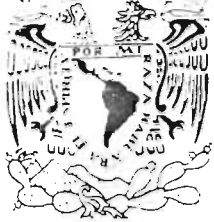


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

CHRISTIAN ISRAEL PALETA RAMIREZ

Presente

Con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobado su tema de tesis y asesor.

TÍTULO:

"INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL: EXPLICACIÓN ESQUEMÁTICA DEL COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS REALES"

ASESOR: M. en I. DANIEL VELÁZQUEZ VÁZQUEZ

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

San Juan de Aragón, México, 22 de marzo de 2004.

LA DIRECTORA

ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



C p Secretaría Académica
C p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil
C p Asesor de Tesis

LTG/AIR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
H. CONSEJO TÉCNICO

OFICIO ENAR/CT/0318/2004

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

C. CHRISTIAN ISRAEL PALETA RAMÍREZ
PRESENTE

En sesión celebrada el día 20 de mayo de 2004 el H. Consejo Técnico de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, acordó:

Acuerdo No. 9469

Se aprueba que el alumno **C. Christian Israel Paleta Ramírez**, con número de cuenta 97169442, de la Carrera de Ingeniería Civil, ingrese al **Programa de Becas para Tesis de Licenciatura en Proyectos de Investigación (PROBETEL)**, con el proyecto titulado **"Introducción a la Ingeniería Estructural: Explicación Esquemática del Comportamiento de Estructuras Reales"** fungiendo como su tutor el M. en I. Daniel Velázquez Vázquez.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

San Juan de Aragón, Estado de México, a 21 de mayo de 2004

LA SECRETARIA DEL H. CONSEJO TÉCNICO

MTRA. CARMEN DE LOURDES LARAQUE Y ESPINOSA



- C.c.p. Arq. Lilia Turcott González,
Presidenta del H. Consejo Técnico de la ENEP Aragón. Presente.
Lic. Alberto Ibarra Rosas,
Secretario Académico.
Ing. Gilberto García Santamaría González,
Jefe de la División de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías. Presente.
Lic. Mayra Ordóñez Saleme,
Jefa de la Unidad de Planeación. Presente.
Ing. Martín Ortiz León,
Jefe de la Carrera de Ingeniería Civil. Presente.
M. en I. Daniel Velázquez Vázquez
Tutor

GRACIAS...

A DIOS, PORQUE SIN EL NO EXISTIRÍA MI MUNDO,

**A MIS PADRES, QUIENES CON SU EJEMPLO, ME HAN
MOSTRADO EL SIGNIFICADO DE LA FELICIDAD,**

A PAULINA, POR SUS CONSEJOS Y APOYO EN TODA MI VIDA,

**A ALMA, POR ENSEÑARME QUE LA VIDA TIENE SORPRESAS
MUY HERMOSAS,**

A TODA LA FAMILIA, POR LA AMISTAD QUE ME HAN BRINDADO,

A MIS AMIGOS, POR SU BONDAD,

**A MIS PROFESORES DE LA ENEP, POR TODAS SUS
ENSEÑANZAS Y CONSEJOS.**

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problemática	1
Objetivos	2
Justificación	2
Resultados esperados	3
1. El campo de la ingeniería estructural	4
2. La forma estructural	17
2.1. Conceptos básicos	33
3. Tipos de apoyo	36
4. Diagramas de cuerpo libre	56
5. Ecuaciones de equilibrio	63
6. Comportamiento lineal	69
7. Principio de superposición	74
8. Hipostaticidad, isostaticidad e hiperestaticidad en las estructuras	82
9. Estructuras sometidas a carga axial (cables, arcos, armaduras)	88
10. Estructuras sometidas a flexión (vigas y marcos)	111
11. Estructuras continuas (placas)	127
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	136
ANEXO A	137
BIBLIOGRAFÍA	138

INTRODUCCIÓN

PROBLEMÁTICA

En la actualidad la Ingeniería Civil se comprende de diversas áreas de conocimiento dentro de las cuales podemos enumerar las siguientes: AMBIENTAL, CONSTRUCCIÓN, SISTEMAS Y TRANSPORTE, HIDRÁULICA, GEOTECNICA y ESTRUCTURAS.

Todas estas áreas se complementan para la realización de construcciones que abarcan desde las más sencillas como son casas-habitación, comercios, talleres, etc., hasta grandes edificaciones como hospitales, hoteles, vías de comunicación tanto elevadas como subterráneas, etc. Dentro de ellas podemos encontrar una gran diversidad en nuestros días, ya que la tecnología avanza al mismo tiempo, utilizando nuevos materiales más prácticos y de menor costo. Y a pesar de ello se siguen utilizando las mismas fórmulas, pero con la ayuda de las computadoras.

En las aulas donde se imparte Ingeniería se nos enseña como es el comportamiento de las estructuras de acuerdo a las fuerzas que actúan en ellas, pero solo de manera esquemática (a base de sencillos diagramas), pero ¿realmente es tan fácil interpretar todo esto en la realidad? ¿en un diagrama en dos dimensiones se pueden apreciar las fuerzas que actúan sobre un edificio en su totalidad? ¿nuestra imaginación es la suficiente para poder entender como es un apoyo libre, articulado o fijo, si no lo conocemos? y ¿podemos identificarlo en un ejemplo cotidiano real?. La respuesta a estas preguntas es no.

La prueba de esto es que el 32% de los grupos asignatura tienen un índice de reprobación mayor o igual al 50% de alumnos inscritos que no aprueban las materias. Las asignaturas se han clasificado según el número de semestres en que aparecen en esta categoría y en la que el número de alumnos que asistieron al curso haya sido mayor o igual a diez (no se consideraran los alumnos que no asistieron al curso). En el Anexo A, aparece el cuadro de "ASIGNATURAS CON ALTO ÍNDICE DE REPROBACIÓN" ordenadas de mayor a menor índice de reprobación.

Esta situación nos permite afirmar que se deben explorar nuevas alternativas pedagógicas que incluyan, además de las cátedras y las prácticas de laboratorios y de campo, los siguientes tres tipos de materiales de apoyo:

- Libros de texto elaborados exclusivamente para difundir el **conocimiento** de cada asignatura.

- Cuadernos de trabajo con ejercicios prácticos orientados a mejorar las **habilidades y destrezas** de los alumnos.
- Material de video y fotografía digital de obras reales que permita la comprensión esquemática de su comportamiento, orientado a mejorar las **habilidades y destrezas** de los alumnos.

Con la utilización de estos materiales de apoyo se podrá modificar el proceso enseñanza aprendizaje en las materias consideradas como de alto índice de reprobación y dejar la posibilidad de evaluar su impacto.

OBJETIVO

Reducir el nivel de abstracción en la enseñanza de la Ingeniería a través de la elaboración de material de apoyo para la asignatura “Estructuras Isostáticas” que consiste en la explicación esquemática del comportamiento de estructuras reales capturadas en fotografías digitales orientado a mejorar las **habilidades y destrezas** de los alumnos.

JUSTIFICACIÓN

La asignatura de “Estructuras Isostáticas” se imparte en el tercer semestre de la Carrera de Ingeniero Civil y es la primera del área de Ingeniería Estructural. De ella depende, en gran medida, la formación de los estudiantes en dicha área por ser la materia en la que los alumnos se inician al mundo académico de la ingeniería estructural, haciendo indispensable que tengan bases más claras acerca de los conceptos que se le irán presentando a lo largo de su carrera y vida profesional.

Por ende para lograr que los alumnos puedan no solo imaginar sino además de ello conocer las diferentes estructuras que existen, es que se presenta este trabajo, ya que se muestran imágenes que se observan a diario, acompañadas de un esquema explicativo de su comportamiento estructural.

En el terreno académico, esta asignatura es el antecedente de las siguientes materias: Mecánica de Materiales I, II y III, Análisis Estructural, Diseño Estructural, Estructuras de Concreto y Estructuras Metálicas.

El presente trabajo pretenderá mostrar de la manera más sencilla e ilustrativa posible como es que se interpreta el comportamiento de las estructuras, basados en el temario de Estructuras Isostáticas de la carrera de Ingeniería Civil, que se imparte en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, UNAM.

Finalmente, se pretenderá ofrecer elementos que permitan el estudio del comportamiento, relacionado al nivel de acreditación y reprobación de una asignatura promedio dentro de las de alto índice de reprobación para que después de dos semestres sean evaluados y poder corroborar su afectación.

RESULTADOS ESPERADOS

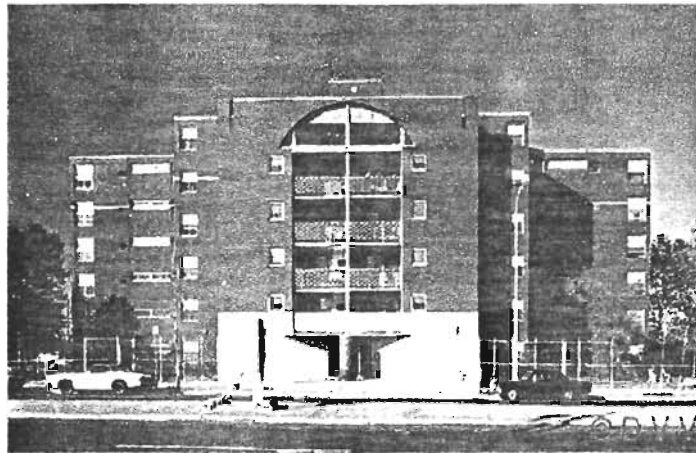
Un material de apoyo que consiste en imágenes reales explicando su comportamiento estructural bajo diferentes condiciones de carga y de servicio que afectará positivamente en el rendimiento académico de profesores y alumnos y, administrativamente, mejorará el nivel de aprobación, no solo de la materia "Estructuras Isostáticas", sino todas las del Área de Ingeniería Estructural.



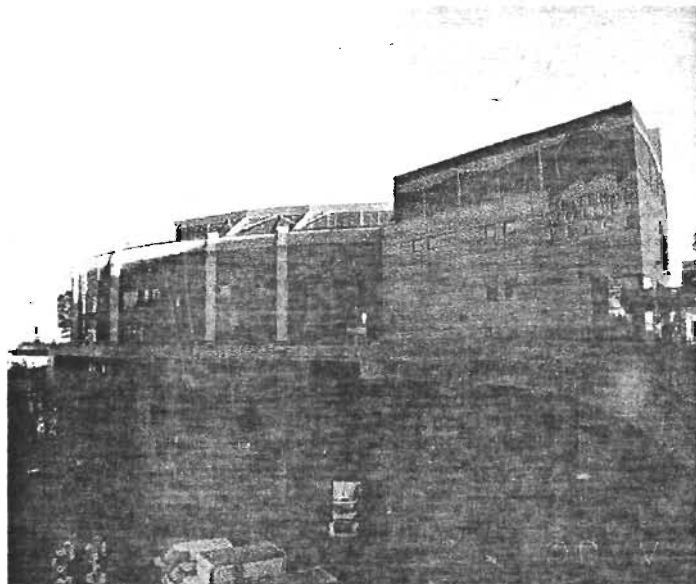
EL CAMPO DE LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL

1. EL CAMPO DE LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL

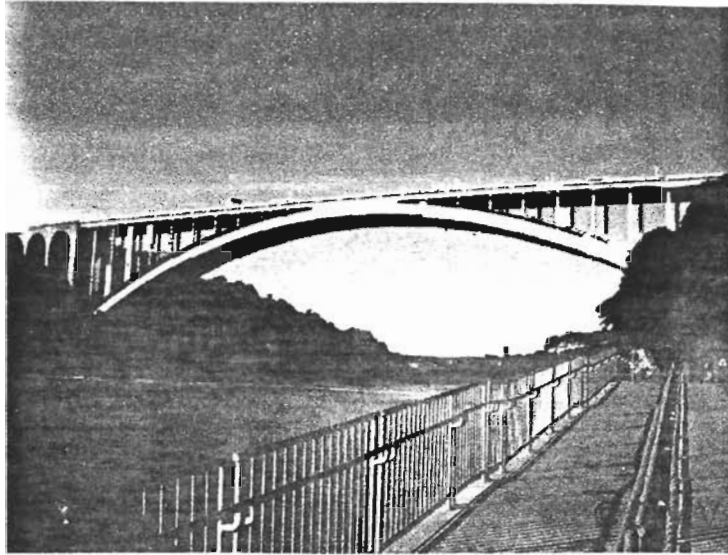
Dentro de la Ingeniería Civil existe un área llamada *Ingeniería Estructural* en la cual se lleva a cabo la planeación, análisis y diseño de los elementos que forman el esqueleto resistente de las edificaciones que observamos comúnmente en nuestro entorno como son:



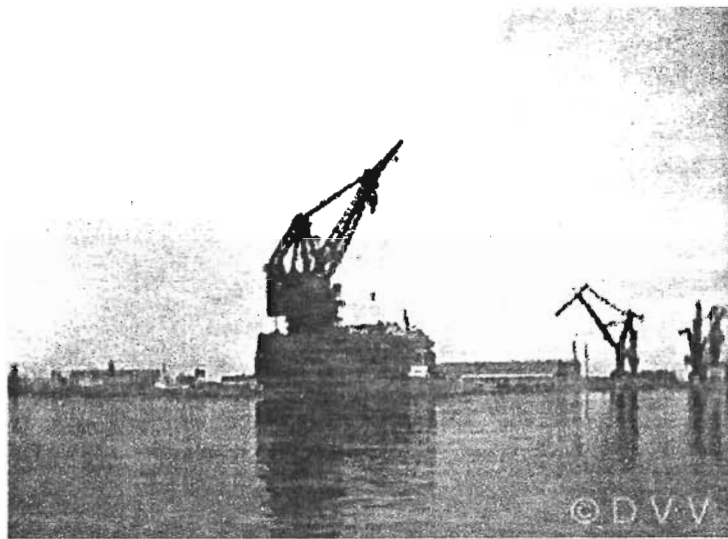
EDIFICIOS URBANOS



CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES



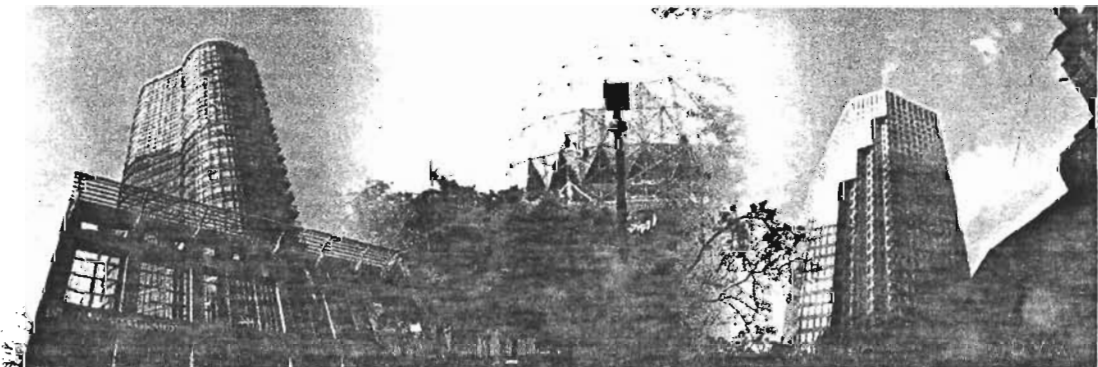
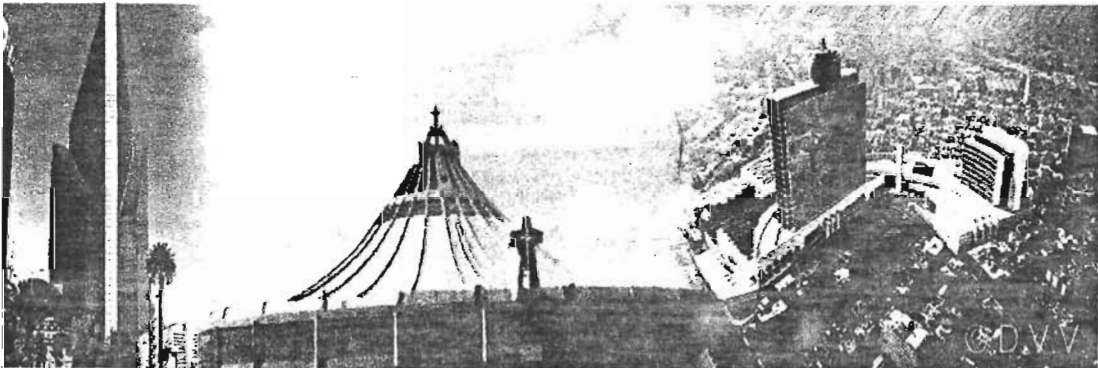
PUENTES



ESTRUCTURAS DE DESARROLLO HIDRÁULICO

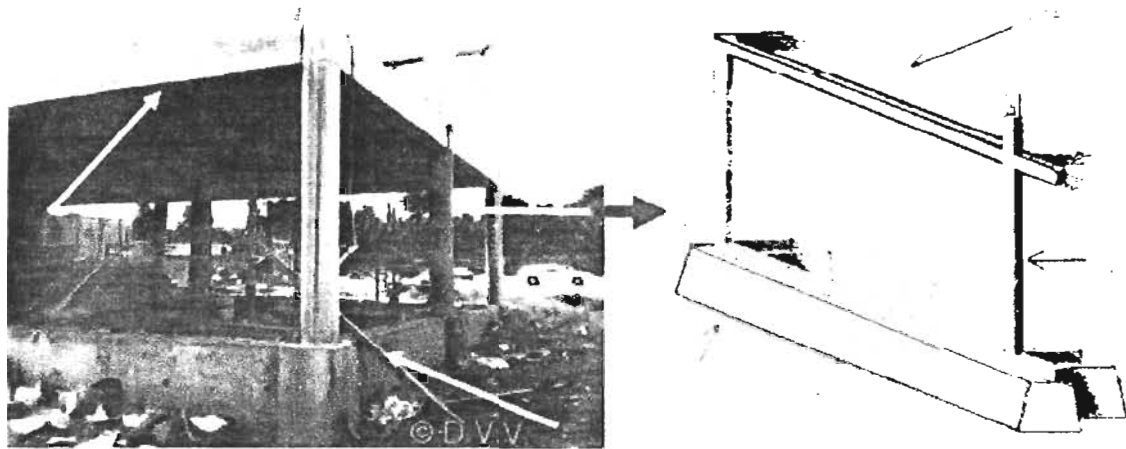


CENTROS DE ENTRETENIMIENTO

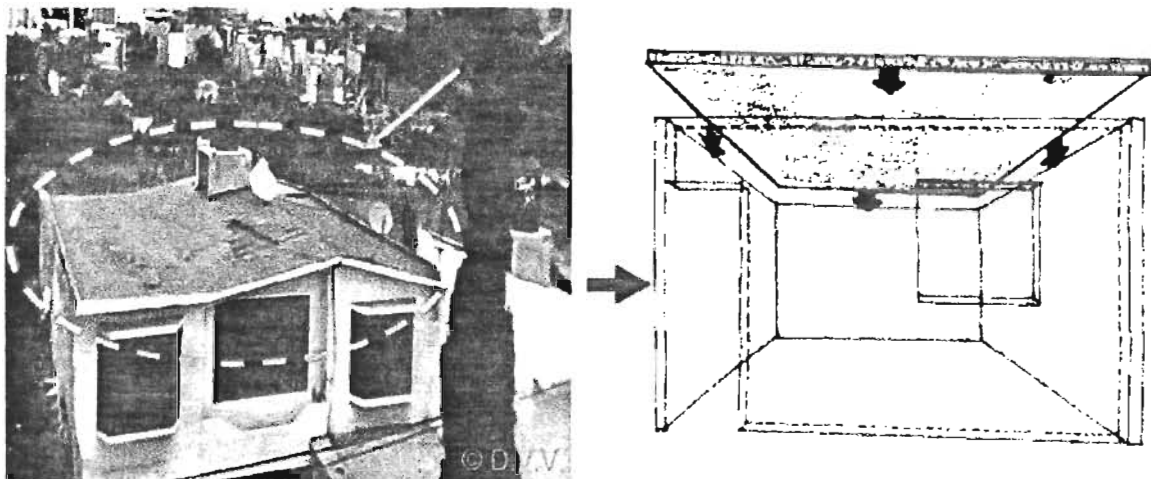


EDIFICACIONES DE DIVERSOS USOS

Los elementos estructurales que conforman el esqueleto de las anteriores edificaciones básicamente son :

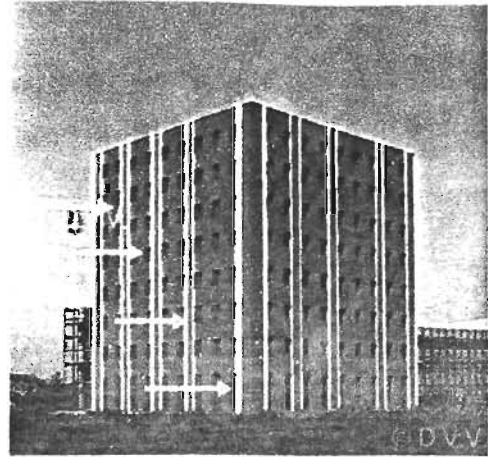
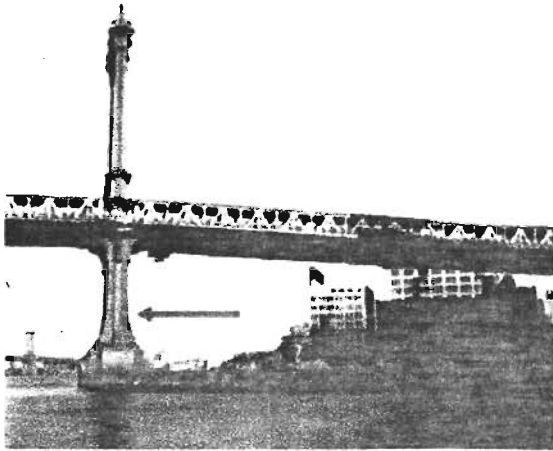


VIGAS, COLUMNAS, CIMENTACIONES

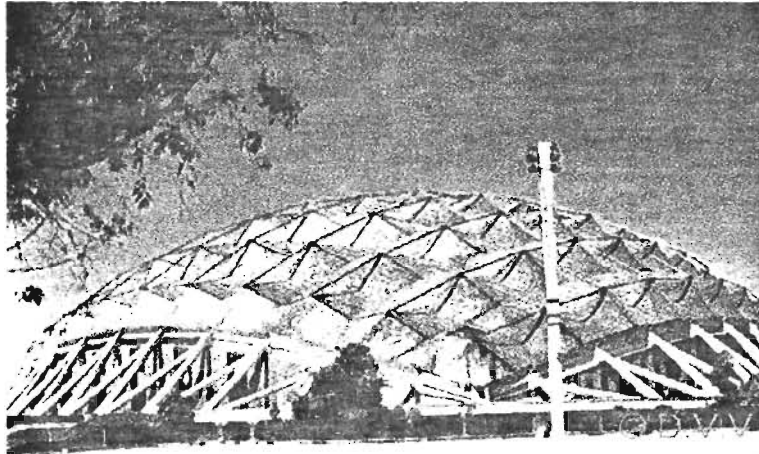


LOSAS

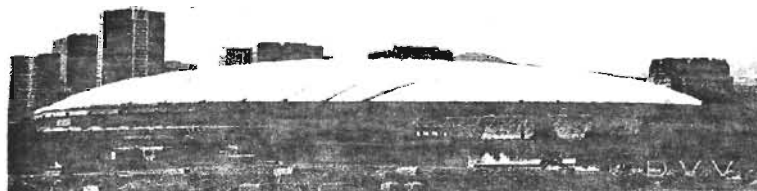
Evidentemente estos elementos tienen diferencias en cuanto a dimensión, geometría, apoyos, tipo de materiales, de acuerdo a la edificación para la cual se requiera.



Por ejemplo, en un puente se utilizan columnas de distinto tipo a las que se emplean en un edificio de oficinas.



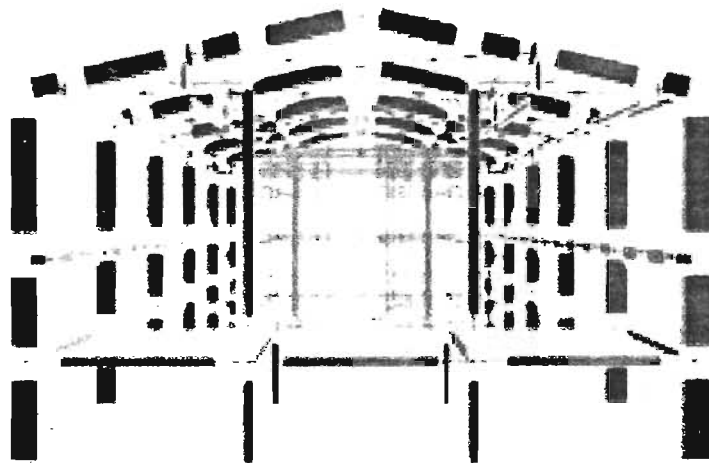
PALACIO DE LOS DEPORTES (MÉXICO, D. F.)



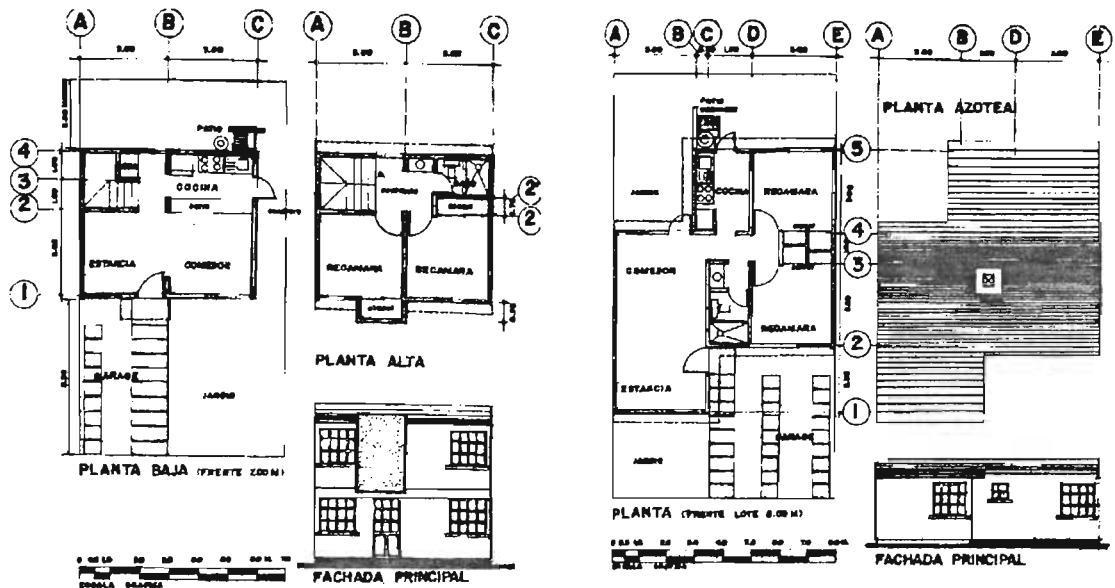
ESTADIO DEPORTIVO (ONTARIO, CANADA)

También se da el caso de que existen diferentes elementos estructurales, aún siendo el mismo tipo de obra, ya que siempre existen factores distintos, como pueden ser, el clima, fenómenos sísmicos, zona, tipo de suelo, cargas, recursos financieros, etc.

Dentro de esta rama de la Ingeniería Civil, en muchas ocasiones se requiere resolver problemas de elevada complejidad y se les da solución mediante técnicas avanzadas, lo cual nos obliga a tener fundamentos sólidos en las matemáticas elementales de Ingeniería (cálculo diferencial e integral, álgebra lineal, ecuaciones diferenciales y métodos numéricos).



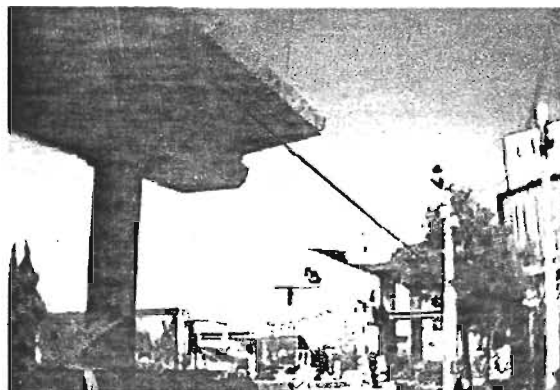
Los ingenieros que se desarrollan en esta área inician con un bosquejo arquitectónico de la futura edificación, en el cual se comienzan a definir las dimensiones generales tanto en planta como en alzado.



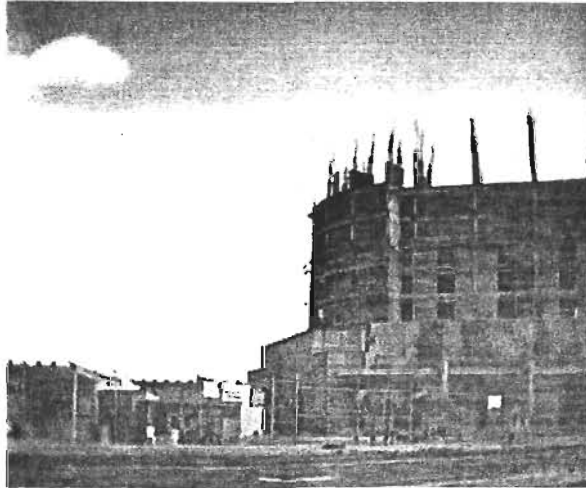
Además tiene que hacer comparativas de las alternativas referentes al tipo de material que se puede utilizar como:



ACERO



CONCRETO PREESFORZADO

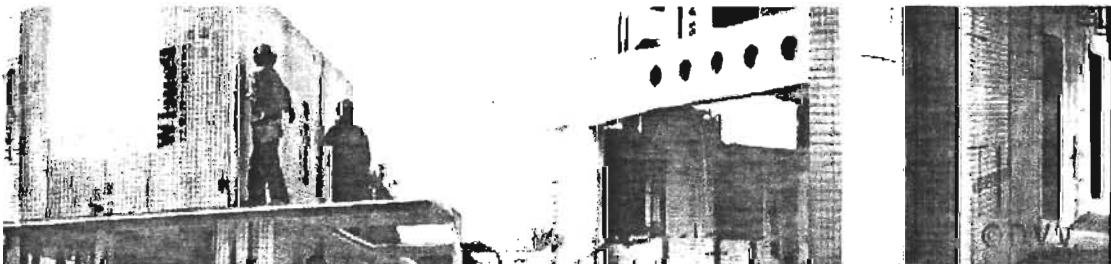


CONCRETO REFORZADO Y LADRILLOS



MADERA

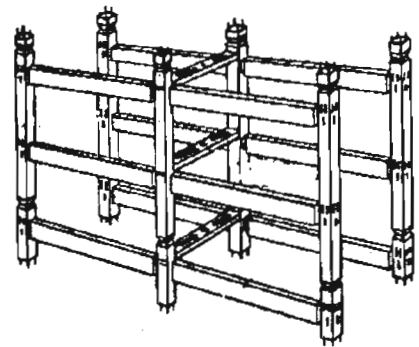
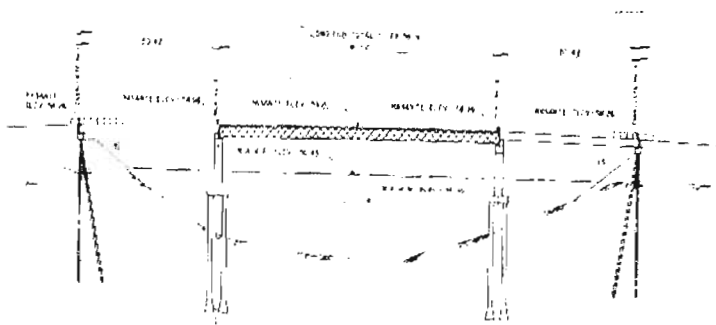
o algún material que se emplee en la actualidad por tener ventajas tecnológicas y económicas. Así se deduce cual es el más conveniente a utilizar, o usar la combinación de algunos de ellos.



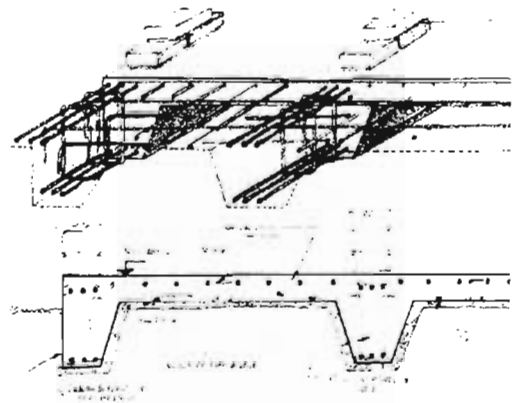
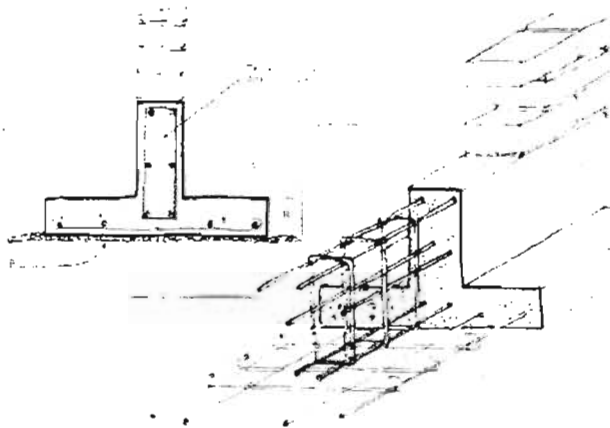
Dentro del campo estructural las urbanizaciones que se dan en la actualidad hacen que el trabajo entre Arquitectos e Ingenieros resulte meramente inseparable, en virtud de que el Arquitecto es un individuo de formación esencialmente artística, mientras que el Ingeniero se inclina más hacia el conocimiento de las materias técnicas.



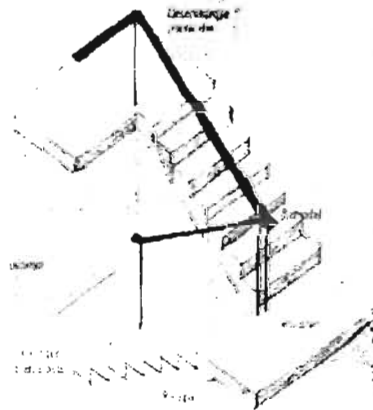
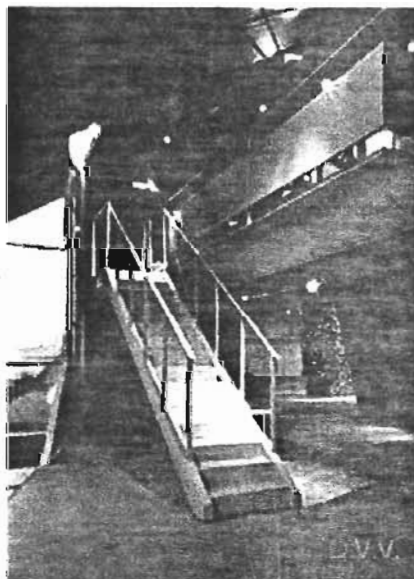
Una vez que se han definido las características geométricas preliminares se continúa con el proceso de predimensionamiento de los elementos estructurales:



DIMENSIONES DE LAS VIGAS Y COLUMNAS

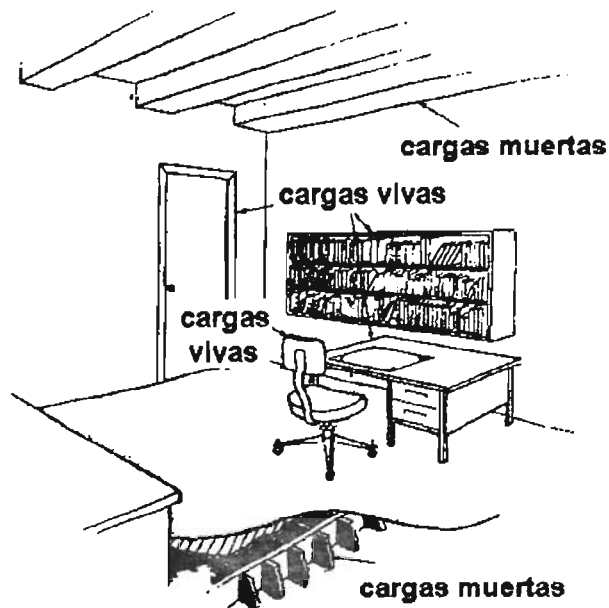


CARACTERÍSTICAS DE LA CIMENTACIÓN

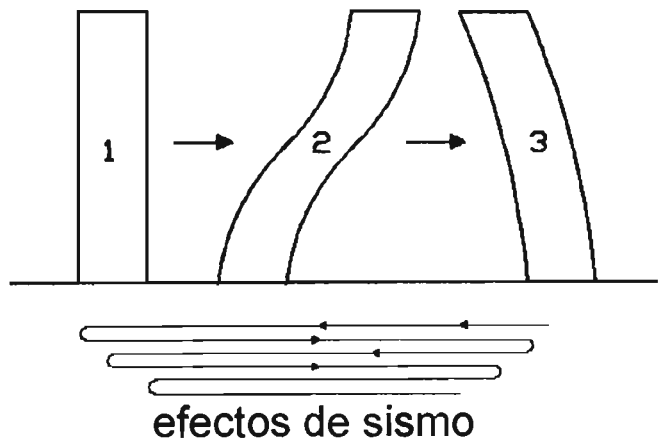
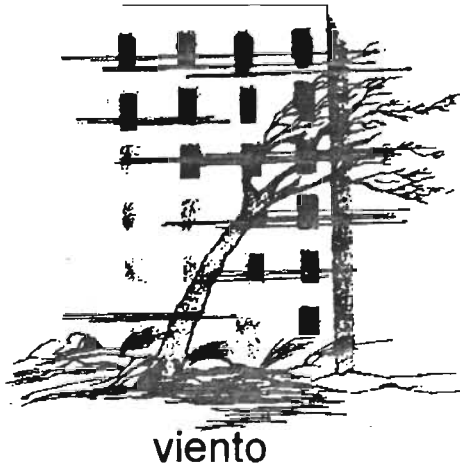


DEFINICIÓN DE ESCALERAS

Posteriormente se evalúan las cargas que deberá soportar la edificación: cargas muertas (son fuerzas gravitacionales que obran en una construcción y tienen carácter permanente), cargas vivas (se consideran las fuerzas gravitacionales que obran en una construcción y que no tienen carácter permanente)

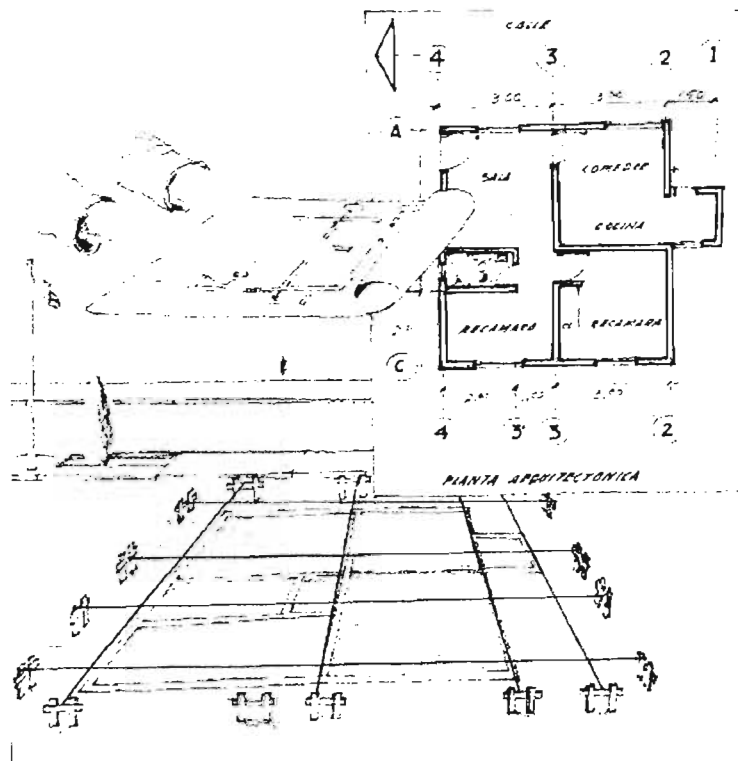


y cargas accidentales las cuales son viento y sismo (estas últimas son las que actúan en una construcción, no son gravitacionales y no tienen carácter permanente).



El Ingeniero además de todo lo antes mencionado debe analizar las fuerzas de reacción y de formaciones que resulten del esqueleto, asimismo, debe lograr que las fuerzas (tanto de cargas como de reacciones) mantengan un equilibrio. Para esto en la actualidad existen programas de computadora que ayudan a la obtención del equilibrio deseado eficazmente.

La última etapa consiste en la elaboración de planos en los cuales no deben existir incertidumbres ya que se requiere que sean claros y con todas las especificaciones necesarias.

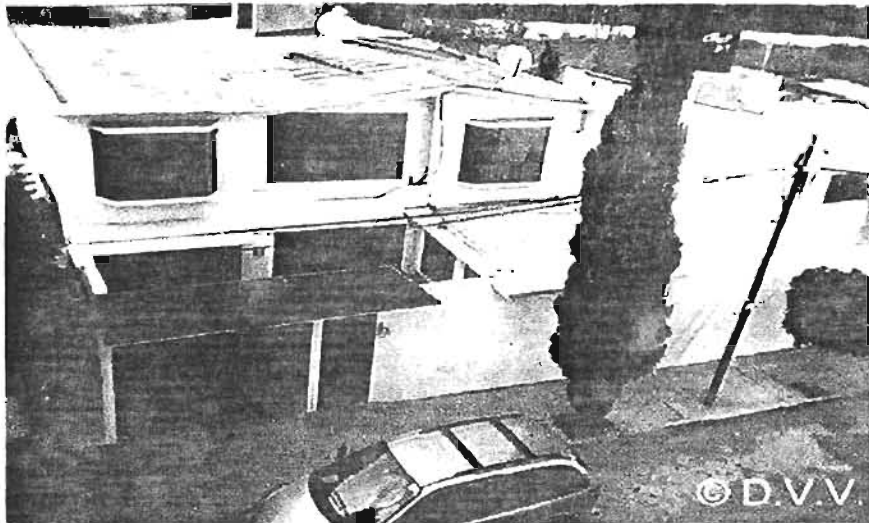


2. LA FORMA STRUTTURALE



2. LA FORMA ESTRUCTURAL

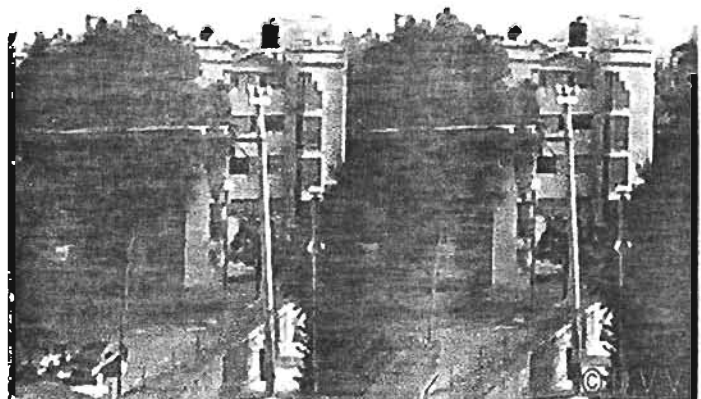
Las estructuras hechas por el hombre son utilizadas para alojar y auxiliar en las necesidades del mismo.



hogar

Su primera función, es el albergue de las actividades del hombre, para esto se requiere la creación de espacios bien definidos y cerrados. Los cuales varían en tamaño y complejidad, desde las

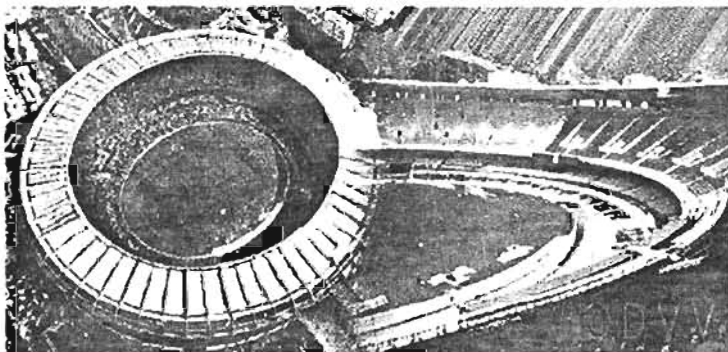
unidades habitacionales,





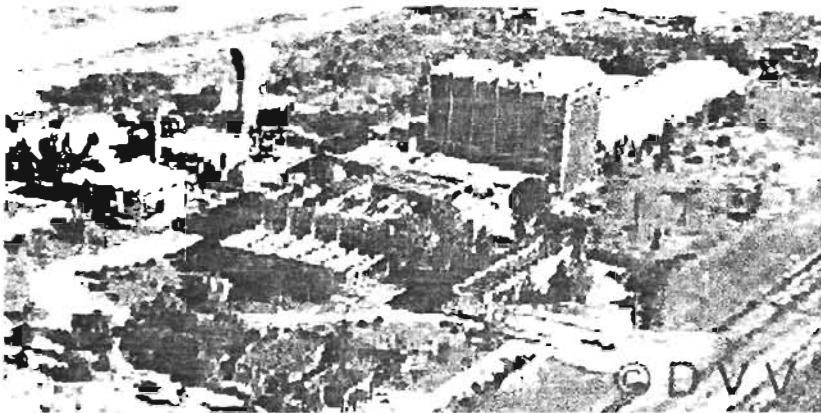
a los edificios de oficinas enormes,

de las escuelas,



a los grandes espacios deportivos

y de los locales comerciales



hasta las plantas
industriales.

El espacio es usualmente definido y cerrado por sistemas arquitectónicos impuestos sobre un sistema estructural.

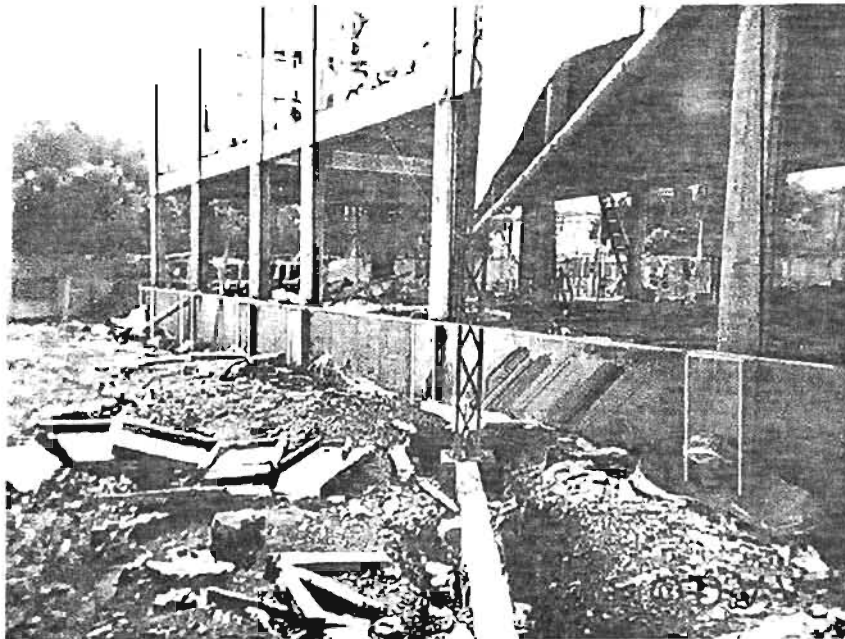


Como un ejemplo, se considera un edificio de oficinas constituido de muros exteriores de peso ligero y divisiones

interiores movibles, formado por múltiples marcos estructurales en todos los pisos.



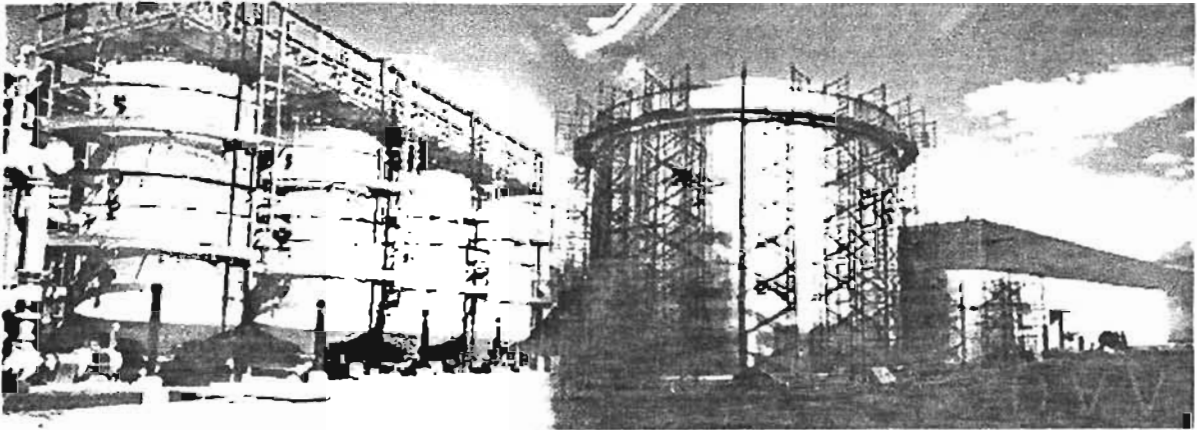
El marco debe resistir todas las cargas aplicadas incluso el peso de los muros y divisiones, la carga viva, y los efectos del ambiente externo.



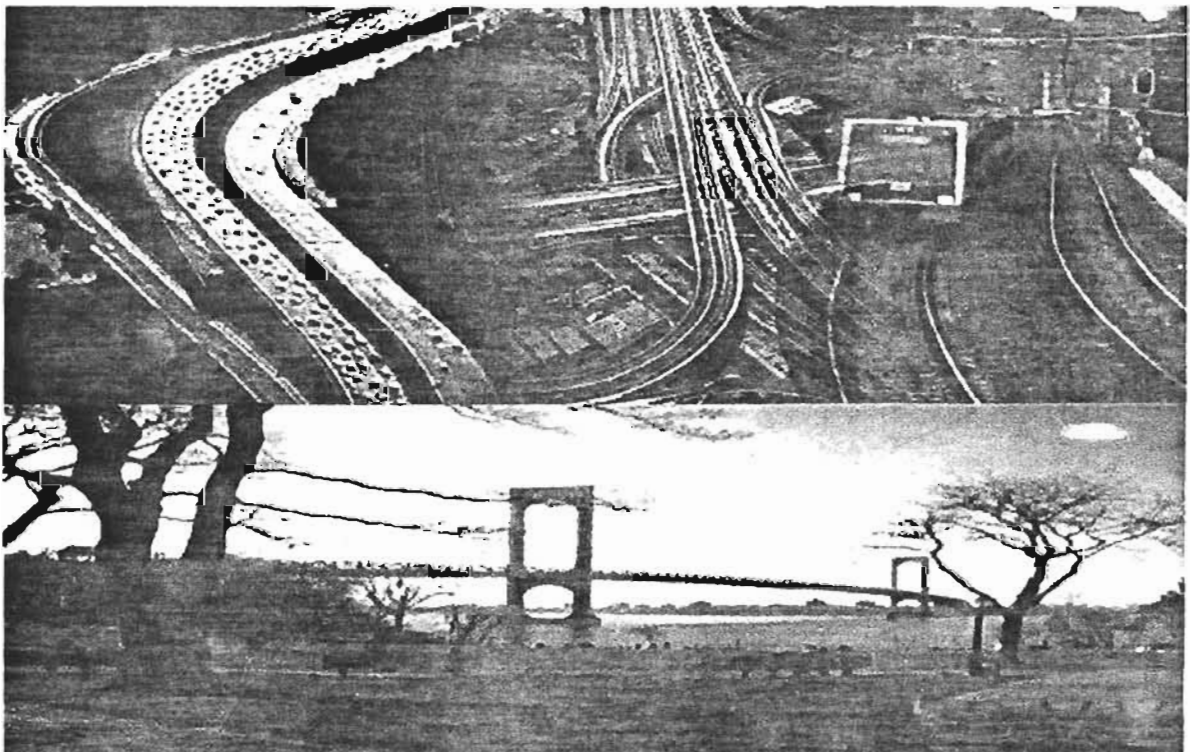
La cimentación normalmente es una combinación de componentes estructurales y arquitectónicos que completa la subdivisión del espacio interior.

La segunda función básica de las estructuras hechas por el hombre consiste en construir facilidades, para dar apoyo y estímulos en las innumerables actividades del mismo.

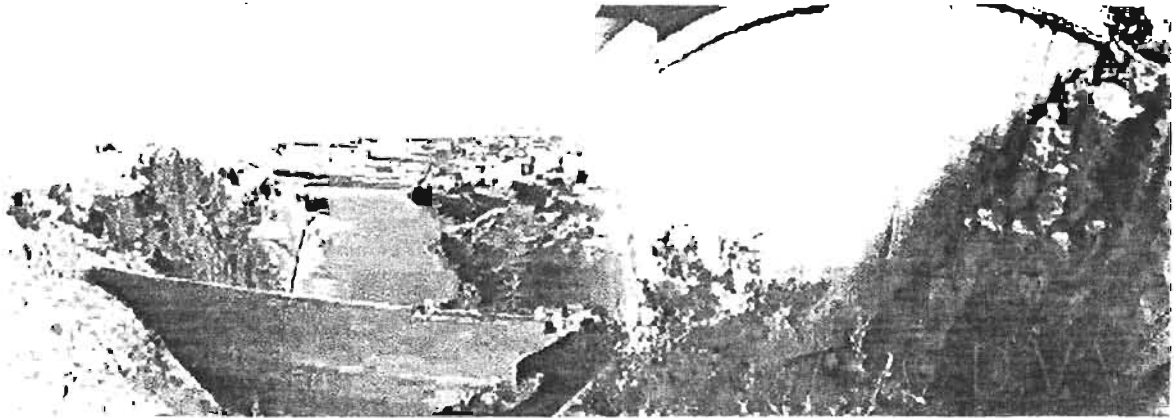
Dichas facilidades consisten en contener materiales (agua, petróleo, etc.).



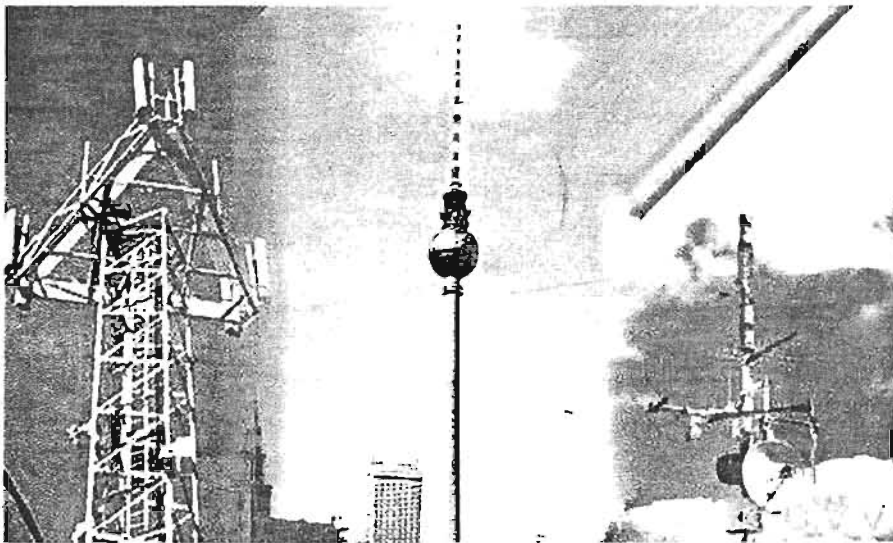
Proveer de caminos para el traslado de vehículos (carreteras, autopistas, vías de tren, puentes)



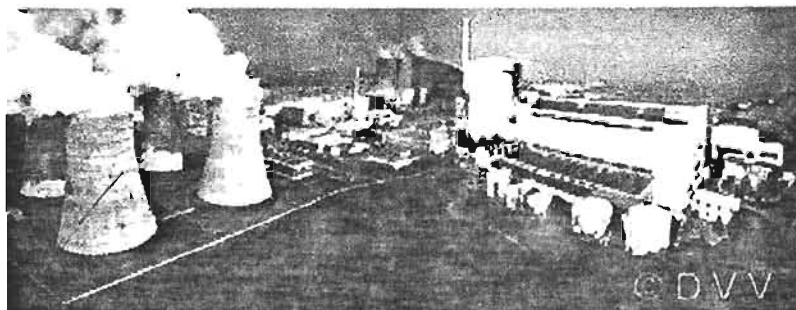
modificar algunas veces el ambiente natural (presas),



soportar cargas simples en puntos fijos (antenas de telecomunicaciones)

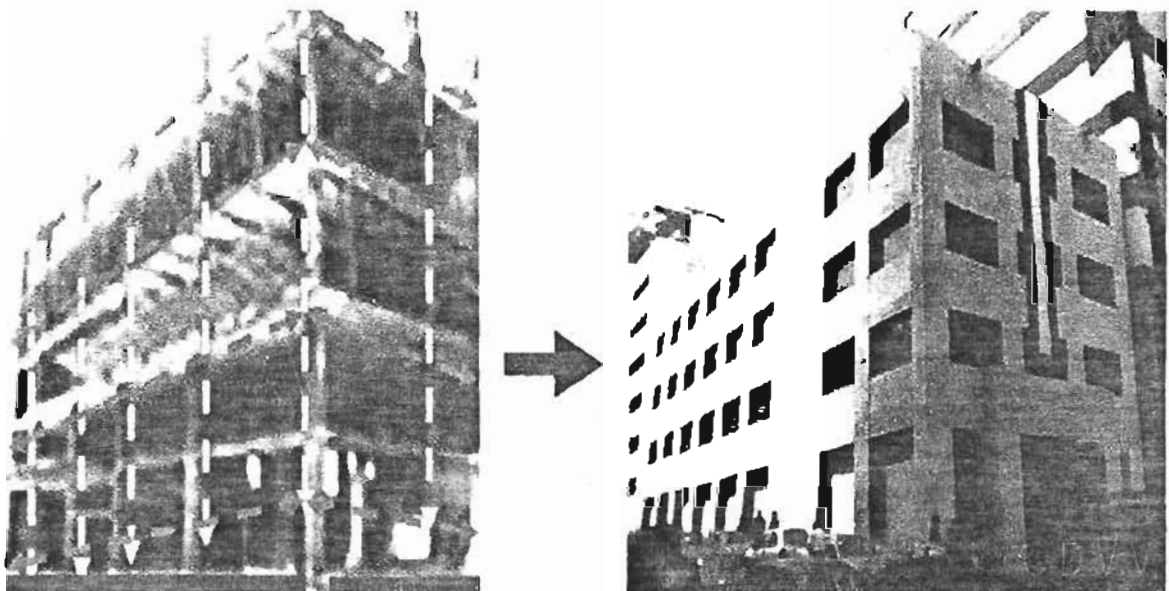


y crear energía aprovechable (estaciones generadoras de energía).



La mayoría de estas estructuras ofrecen pocas o nulas oportunidades de arreglos arquitectónicos.

El sistema estructural (esqueleto resistente) es el conjunto de estructuras que debe resistir las cargas aplicadas. El último rol para algunos sistemas estructurales es el de transmitir fuerzas a través del espacio desde el origen de cargas hasta los cimientos. El éxito técnico del sistema depende en que tan eficaz sea realizado el flujo de cargas.



El modo de transmisión de fuerza es una función de la configuración geométrica (la forma) de la carga que resiste la estructura.

Ahora conoceremos los tipos básicos de formas estructurales

ESTRUCTURAS A TENSIÓN

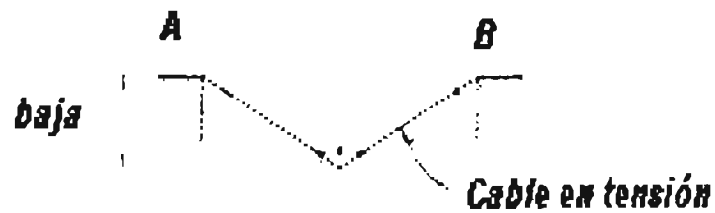
Algunas de las estructuras que observamos en ingeniería han sido obtenidas gracias a formas que se presentan en la naturaleza.



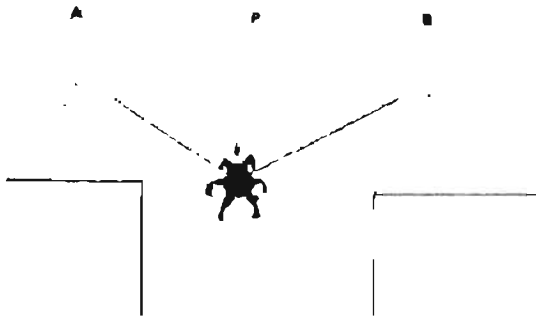
Telaraña

La red formada por las arañas, sumamente fuerte para su peso, es probablemente una de las más eficientes estructuras a tensión construidas. Un elemento que posee esencialmente es la rigidez, pero no resiste la compresión. Por lo tanto los elementos deben estar colocados para que las cargas impuestas (araña y su presa) puedan ser soportados por la tensión solamente. La configuración de la red cambia continuamente, como la araña cambia de posición, creando la forma requerida para soportar el cambio de las cargas.

En la siguiente figura se debe soportar la carga, por un cable flexible sujeto de los puntos *A* y *B*, a condición de que los apoyos puedan soportar las fuerzas. Esta estructura extensible transmite la carga a los apoyos, a través de tensión pura en el cable.



Algo similar observamos cuando se sujeta una piñata en las fiestas:



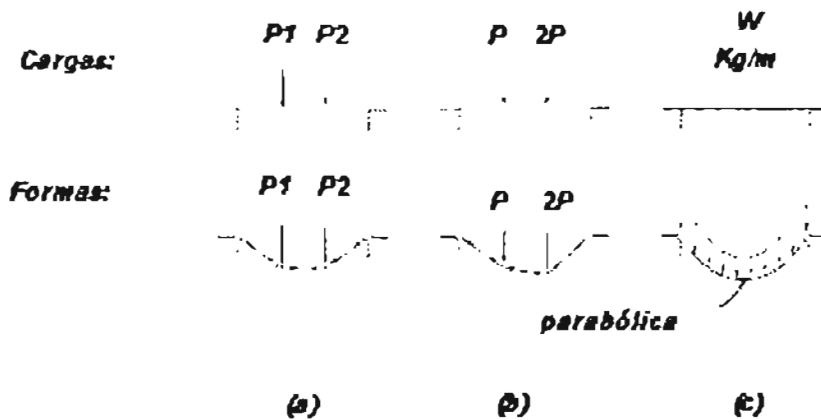
La suma de las componentes verticales de tensión del cable deben equilibrar la carga aplicada, y el cable debe tener un valor finito de hundirse o bajar para cargar el peso "P".

La forma del cable que proporciona el equilibrio sin doblarse es llamada *Curva Funicular* (derivada del latín *funiculus* "cuerda pequeña").

El flujo de fuerzas a los puntos de soporte muestra que, este tipo de estructura siempre ejercerá las fuerzas verticales y horizontales en sus apoyos.

Si la posición de las cargas cambia, la geometría del cable hace lo mismo, ya que están hechos de acero, y este material a su vez tiene fuerza dúctil.

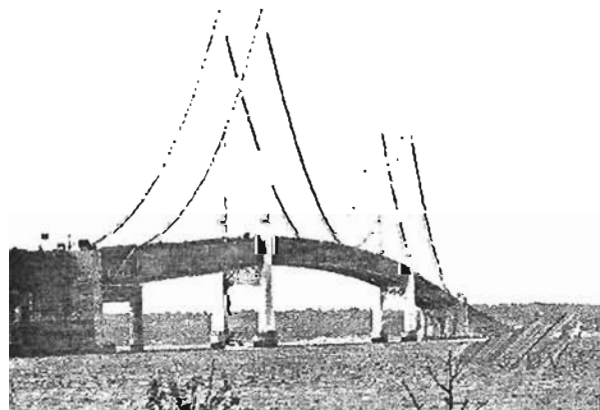
Aquí observamos cual es el comportamiento de las distintas formas de ductilidad en condiciones de carga en sistema bidimensional:



- (a) Cargas puntuales iguales
- (b) Cargas puntuales diferentes
- (c) Carga uniformemente distribuida

La figura funicular para una serie de cargas concentradas será siempre una serie de segmentos de línea conectados. Y cuando se aplica una carga uniformemente distribuida se forma una parábola.

En la siguiente imagen se muestra una verdadera estructura dúctil en un puente:

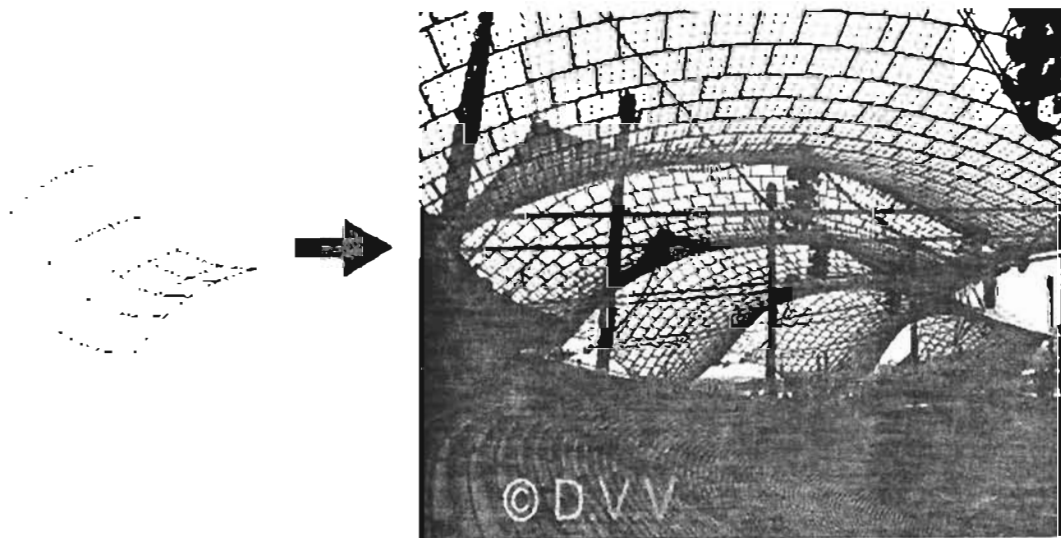


El método más obvio para extender cables en un plano con el fin de cubrir cierta área y soportar una superficie de cargas distribuidas es usar una serie de cables paralelos, lado a lado, creando el sistema de techo que cubre el área entre ellos.



Cables en forma paralela

Otra variación es la superficie curvada doble, formada por el resultado de dos sistemas de cables, colocando uno encima en una dirección, y el otro debajo en dirección perpendicular.



Cables en forma ortogonal

Un sistema radial de cables es frecuentemente usado cuando el área a cubrir es circular.

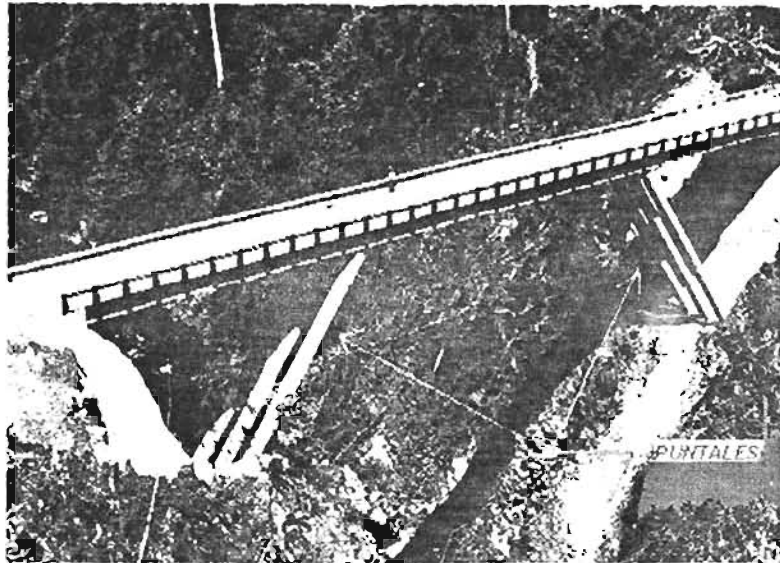


Cables en forma radial

ESTRUCTURAS A COMPRESIÓN

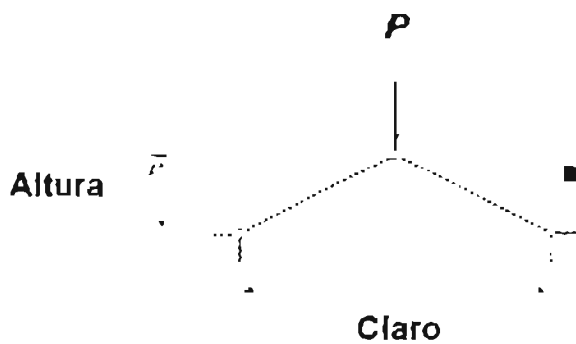
Aquí son dos formas estructurales simples las que se utilizan para soportar las cargas por compresión. La columna y el arco.

Una columna es un miembro recto, cargado a lo largo de su eje con una carga de compresión. Excepto cuando es extremadamente corta, la columna es menos eficiente que un miembro dúctil porque presenta una tendencia a pandearse cuando se comprime.

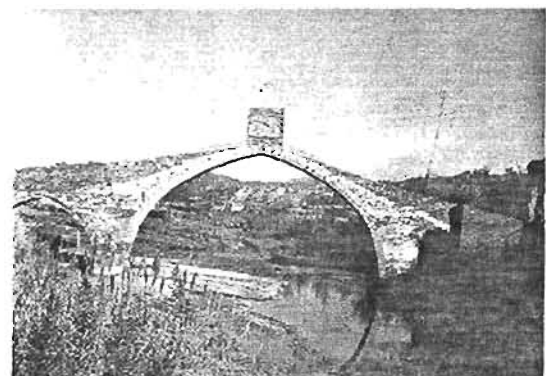


*Puente sostenido por puntales
(Los puntales inclinados del puente son columnas.)*

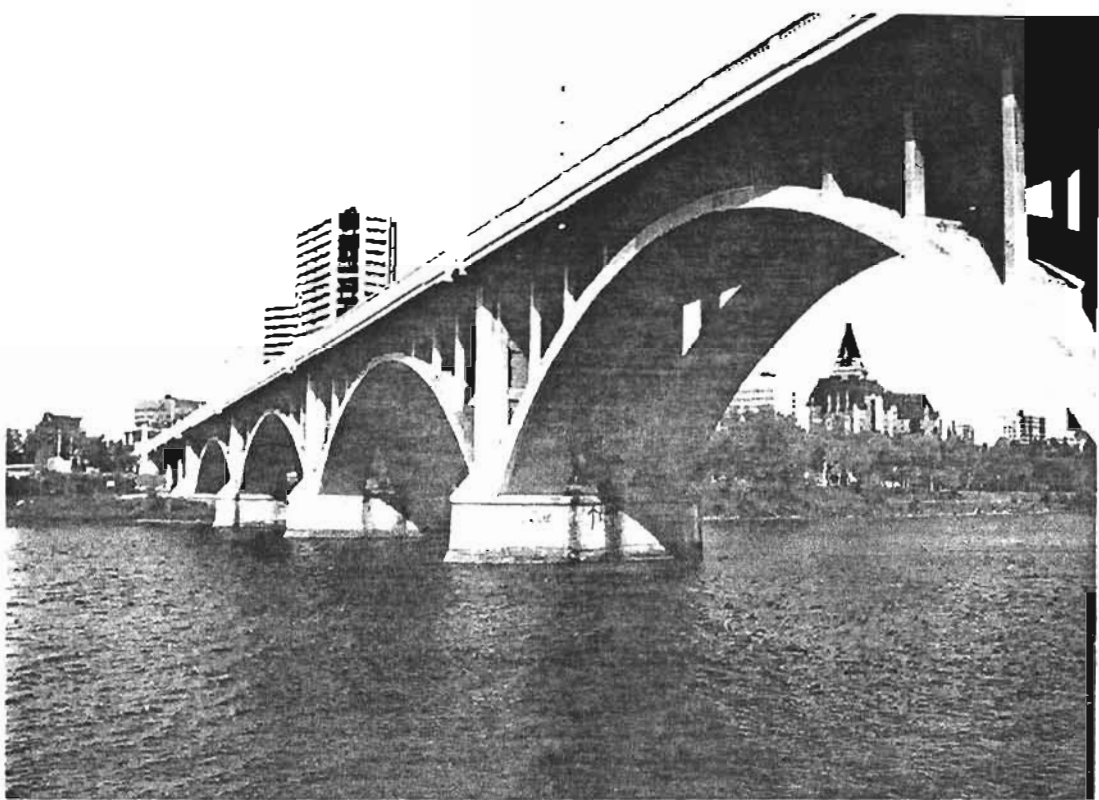
El arco es introducido por considerar una carga puntual y la solución de la estructura dúctil (*Figura de la piñata*). Si la geometría del cable es invertida como en la siguiente figura, conservando la curva funicular, los dos miembros soportan la acción de la carga a compresión. Este tipo de estructuras a compresión en caída están dentro de la categoría de arcos.



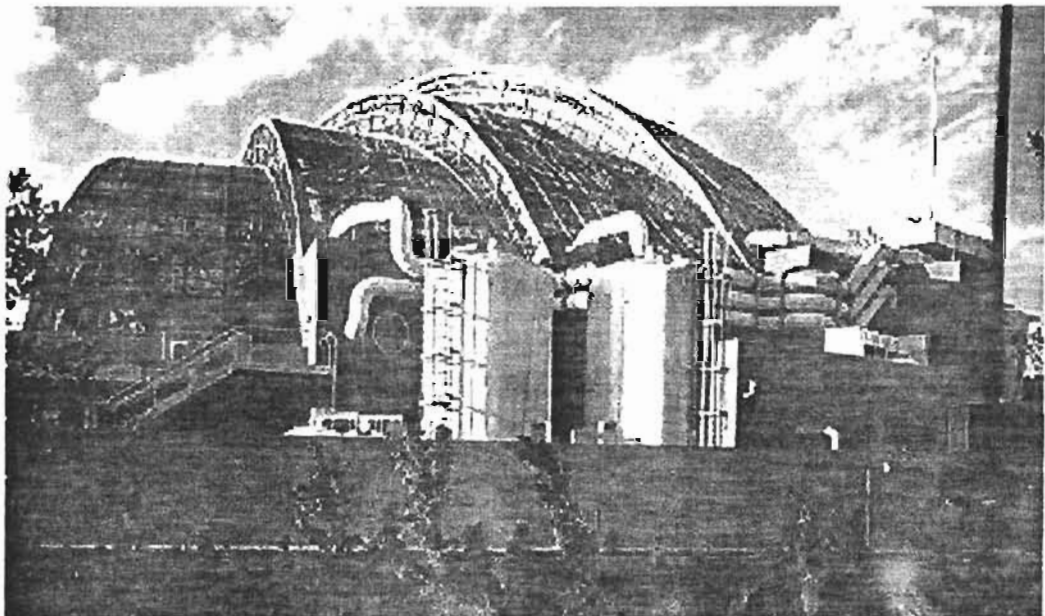
(a)



(b)



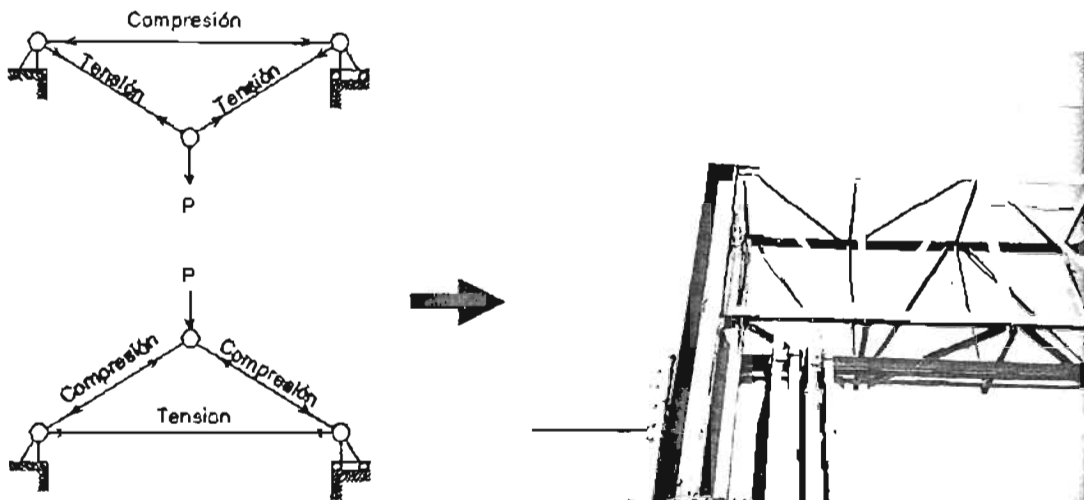
Puente de varios claros formados por arcos



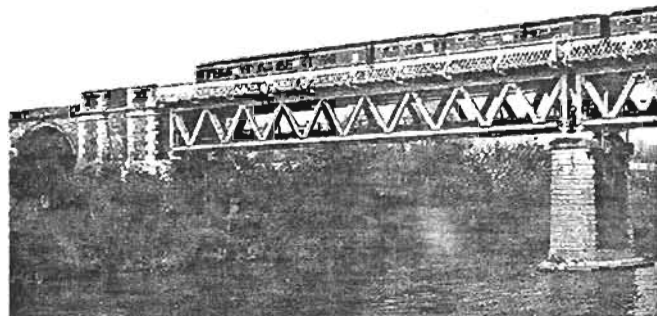
Cubierta construida con arcos

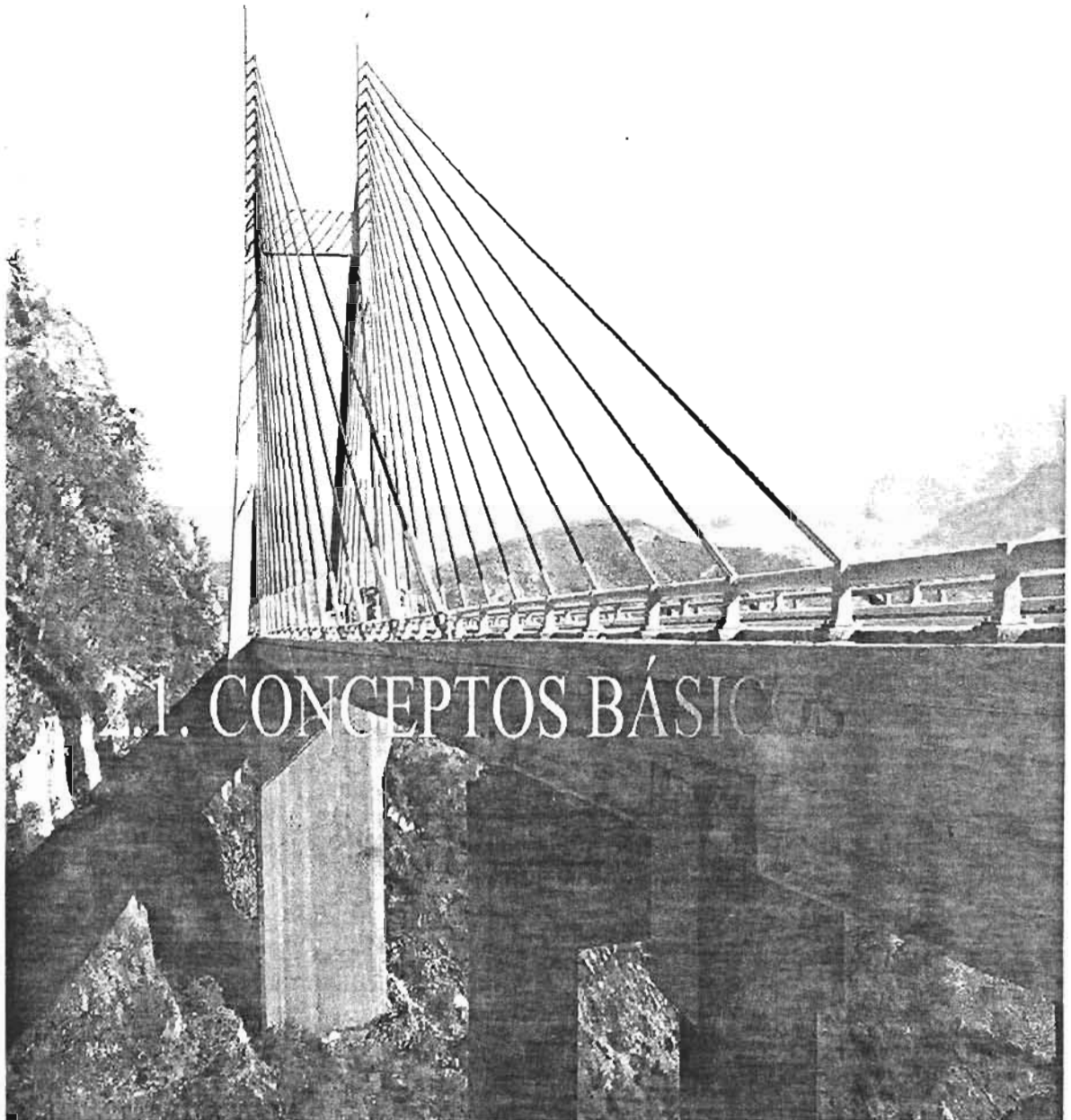
ARMADURAS

Las fuerzas horizontales ejercidas en los apoyos por un cable o un arco, pueden ser eliminadas adicionándose un miembro que cruce del punto A al punto B y después en uno de los extremos exista un apoyo (libre ó móvil) como se observa en la siguiente figura:



Si todas las juntas son móviles. El miembro adicional para una estructura de cables estará en compresión pura, mientras para el arco estará en tensión. Y así tenemos una forma triangular con elementos tanto a tensión como a compresión, y a ese conjunto de elementos se les llama ARMADURA.



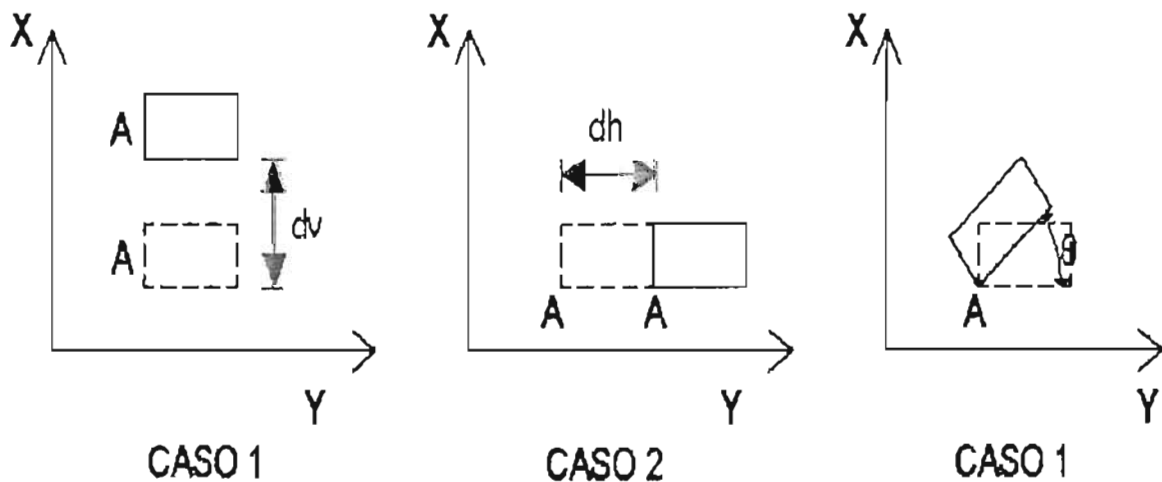


2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Antes de continuar con los siguientes capítulos, conoceremos algunas definiciones esenciales que utilizaremos con frecuencia.

Para comenzar, debemos imaginar que tenemos una viga, la cual estará dentro de un sistema de coordenadas (X, Y), la cual se trasladará en diferentes formas, en el plano existen tres tipos de desplazamientos (dos lineales y uno angular); en las siguientes figuras podemos observar una ilustración muy sencilla de ellos:

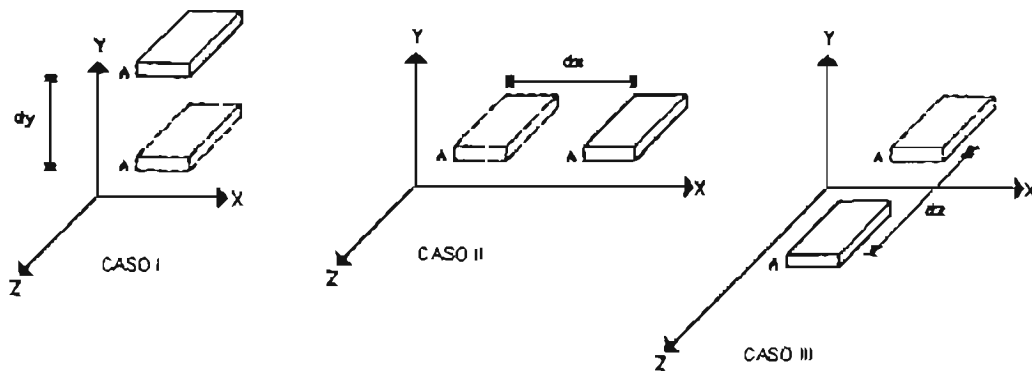
DESPLAZAMIENTOS EN EL PLANO



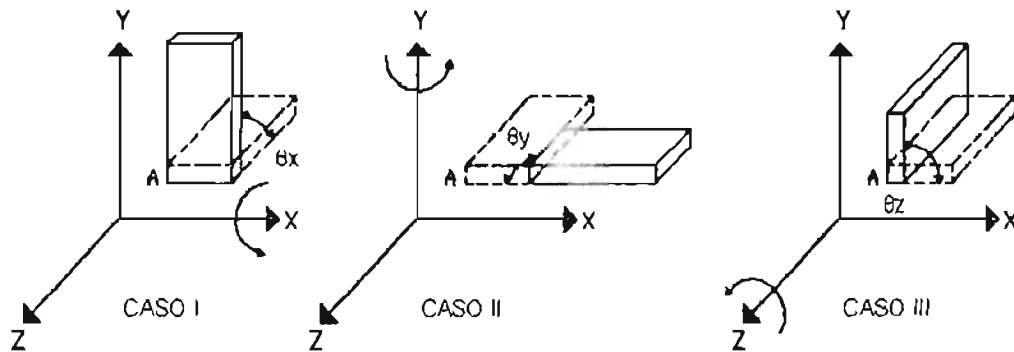
Además de los desplazamientos en el plano, también existen desplazamientos en el espacio, los cuales están conformados por tres lineales y tres angulares.

Ahora imaginaremos una losa rectangular, la cual se ubicará en un sistema de coordenadas (X,Y,Z). En las siguientes figuras se ilustran los seis desplazamientos:

DESPLAZAMIENTOS LINEALES EN EL ESPACIO



DESPLAZAMIENTOS ANGULARES EN EL ESPACIO

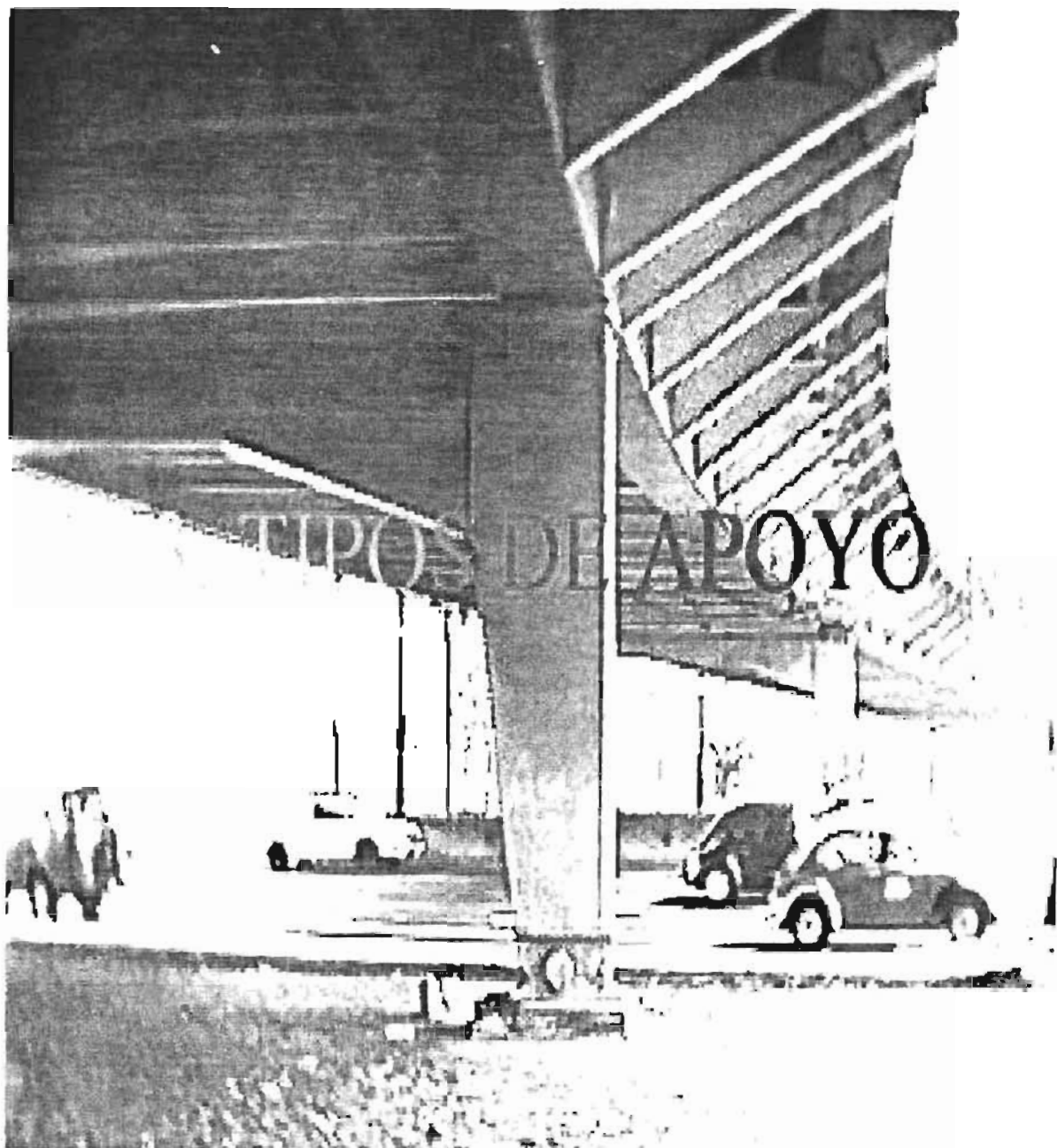


VÍNCULO

Llamamos *vínculo* al elemento que **no permite** uno de los tres desplazamientos en el plano o uno de los seis desplazamientos en el espacio en un punto de un cuerpo.

GRADO DE LIBERTAD

Es el número de desplazamientos independientes, que no están restringidos. Puede hablarse de grado de libertad de un punto, de un elemento o de una estructura.

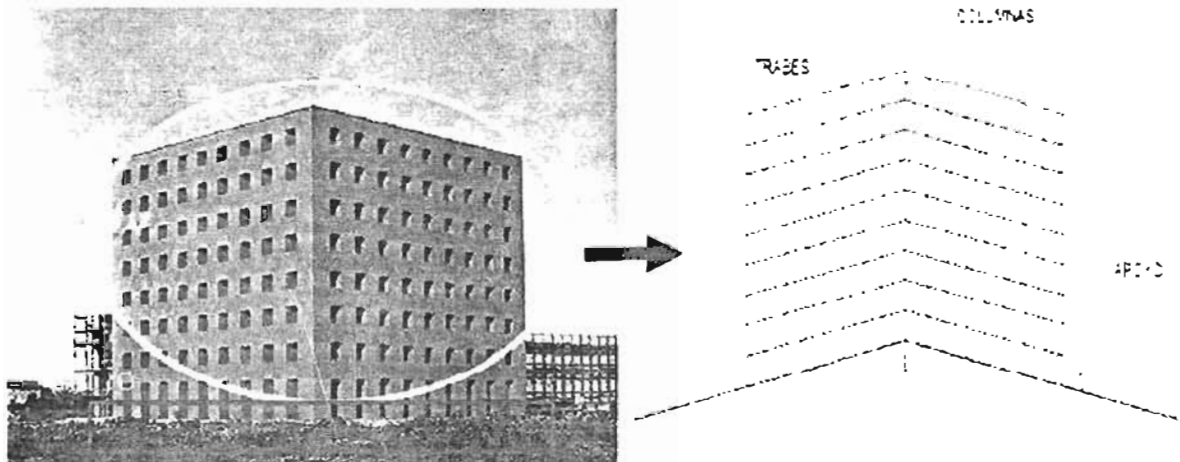


3. TIPOS DE APOYO

DEFINICIÓN DE APOYO

Se le llama apoyo a la forma de unión entre una estructura y el suelo, o la forma de unión entre una estructura y otra cuando la primera resulta ser una carga para la segunda.

Un elemento, una estructura o el suelo resultan ser un apoyo si y sólo si están cargados por el elemento o la estructura que reciben.

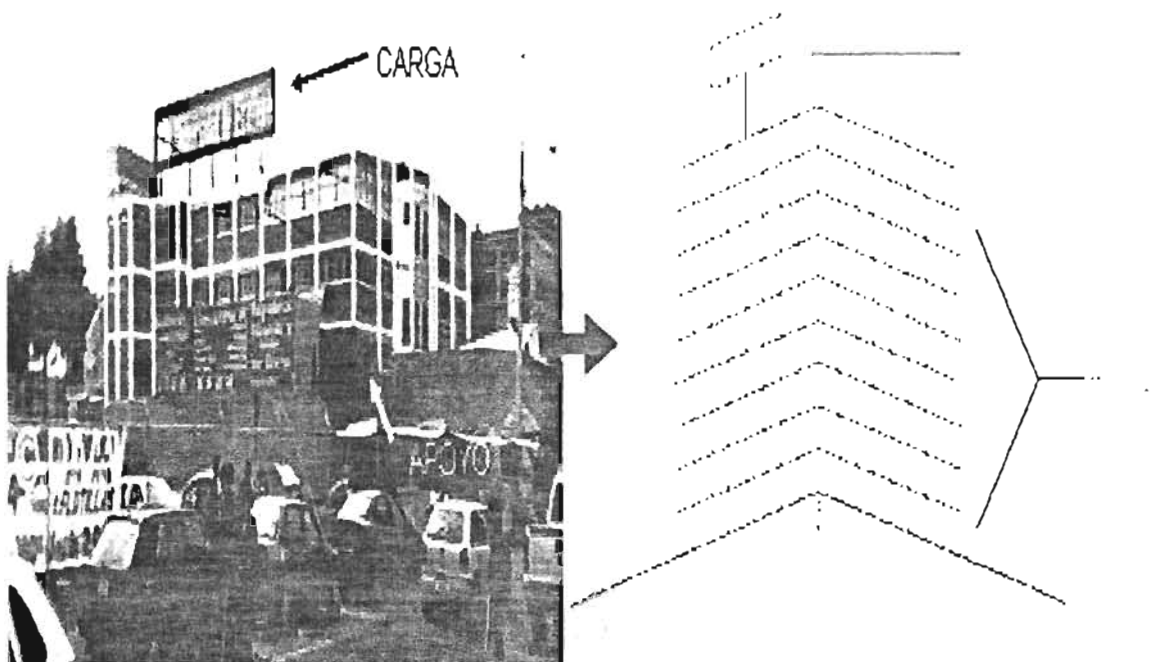


En el caso de una columna en planta baja de un edificio, en donde la columna está totalmente sujeta, decimos que se apoya en el suelo. En este caso, el suelo es un apoyo y la columna resulta ser una carga para él.



Es necesario aclarar que en este caso el suelo se concibe como un elemento firme con respecto a la estructura que recibe.

Por ejemplo en la siguiente ilustración el edificio es el apoyo del letrero que se encuentra sobre el, por tanto



edificio = apoyo

letrero = carga

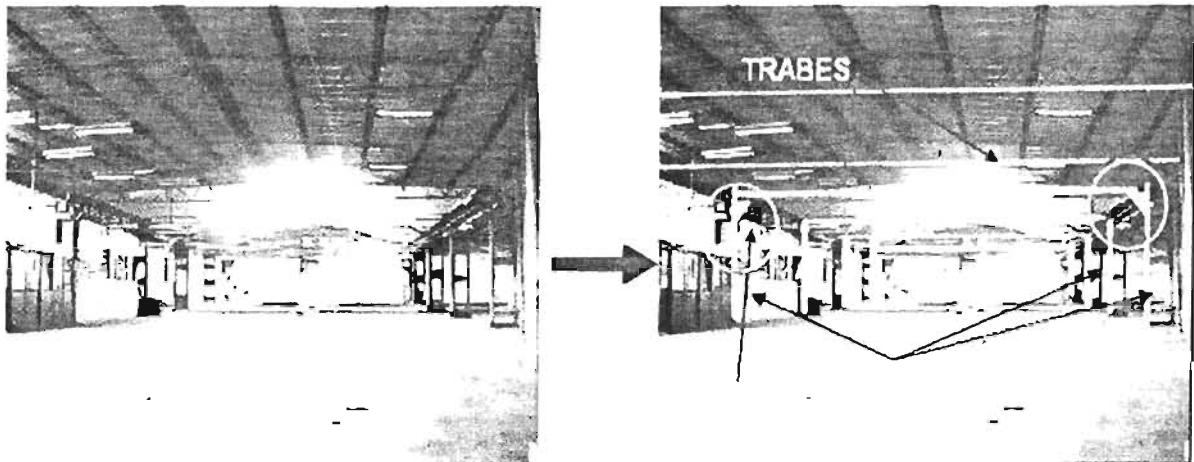
Ahora conoceremos uno a uno los diferentes tipos de apoyo que existen tanto en el plano como en el espacio:

TIPOS DE APOYO EN EL PLANO

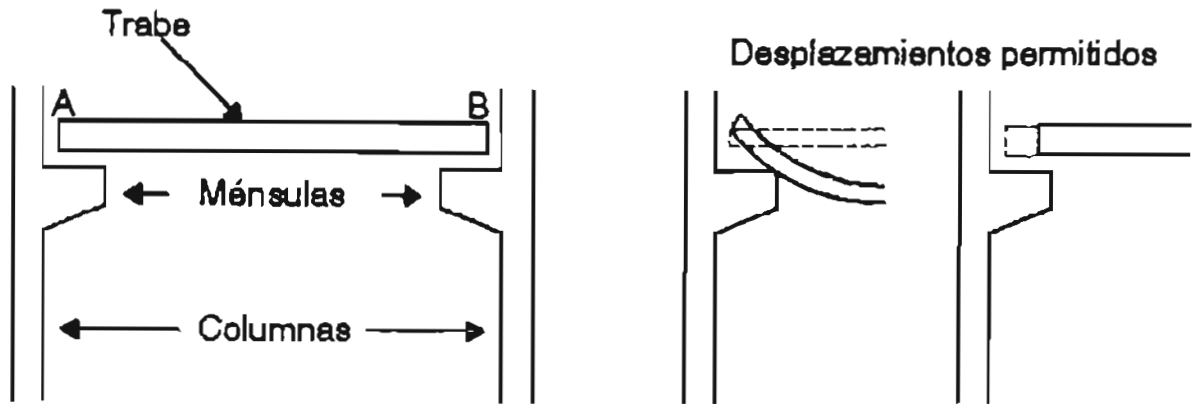
Apoyo libre

Llamamos apoyo libre aquel que tiene sólo una reacción y con ella restringe un solo desplazamiento, permitiendo giros en la barra (desplazamientos angulares) y desplazamientos lineales perpendiculares a la carga reactiva. Es un apoyo de un solo vínculo.

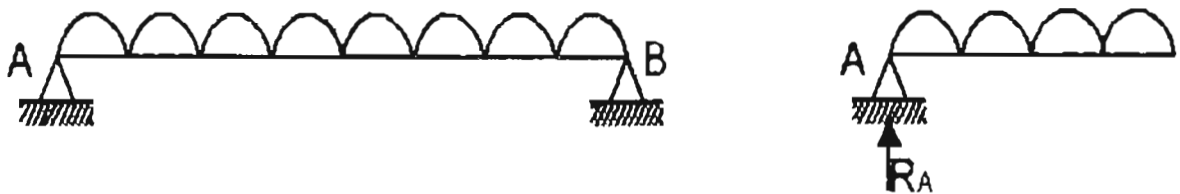
A continuación observaremos un sencillo ejemplo de apoyo libre que se encuentra dentro de una bodega, donde las traveses se encuentran apoyadas en las ménsulas que se encuentran en la parte superior de las columnas:



En la unión que existe entre columna y trabe, podemos observar que la trabe tiene la capacidad de girar en el punto en que está unida a la columna y puede tener un desplazamiento angular en la ménsula que le sirve de apoyo.



La trabe sería representada así:



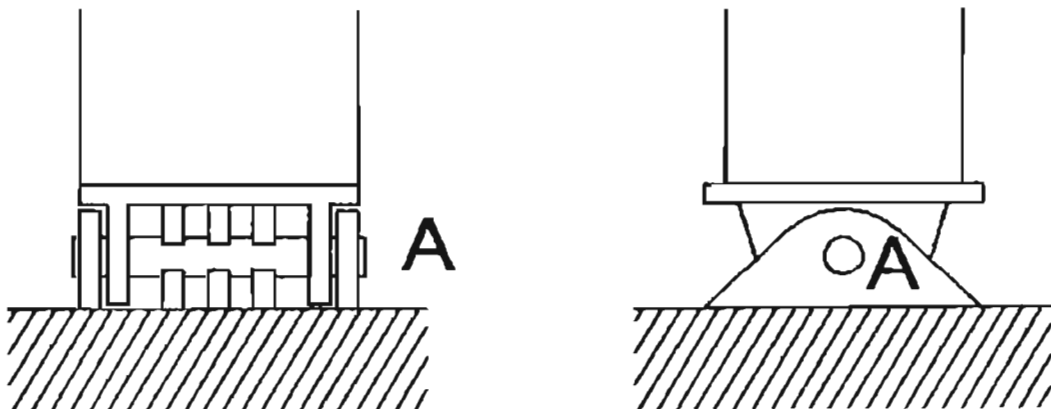
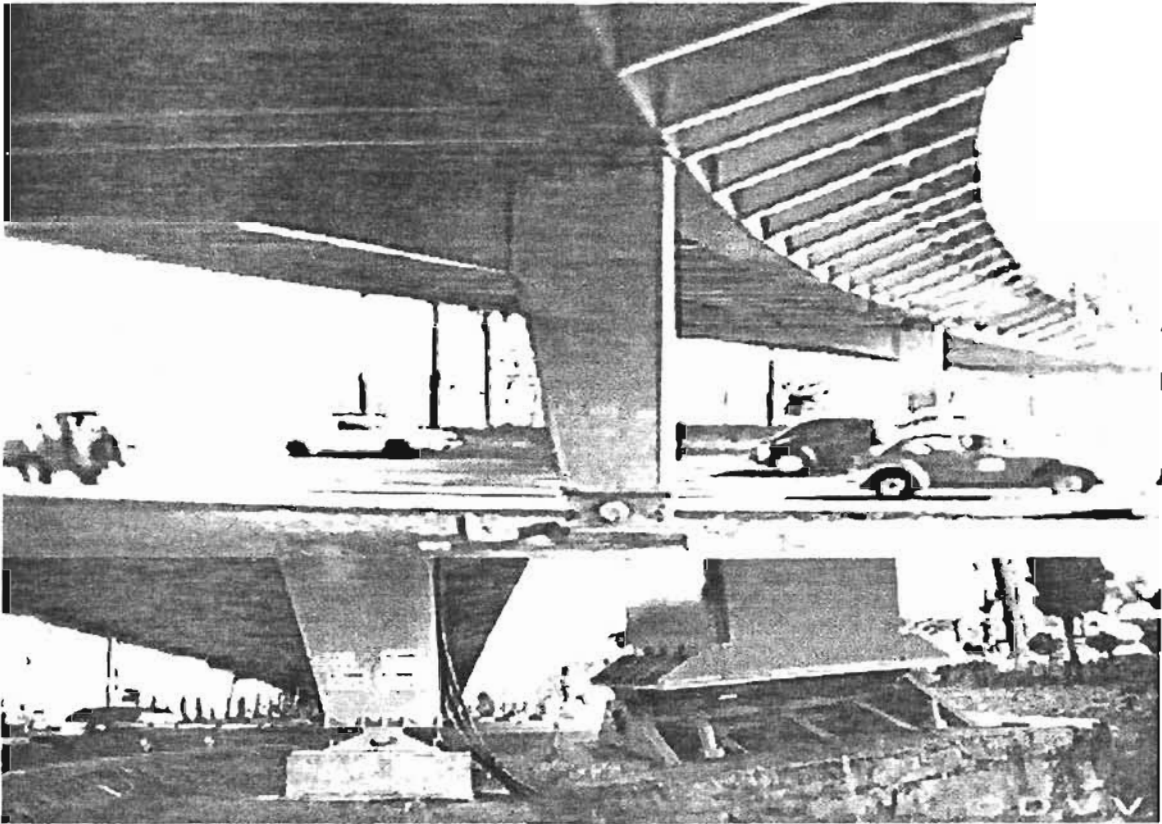
Y el apoyo libre se simboliza de la siguiente forma:



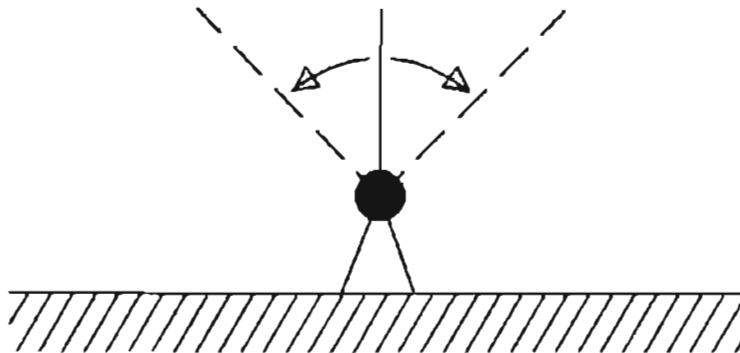
El apoyo libre responde con una reacción vertical a las cargas a que está sometida la trabe, con lo que restringe el desplazamiento vertical; por eso decimos que es un apoyo de un solo vínculo. En este caso se restringe un grado de libertad. Decimos que el punto A tiene grado de libertad igual a dos.

Apoyo articulado o Articulación

Es aquel que responde con dos reacciones a las cargas activas y con ellas restringe los dos desplazamientos lineales que existen en el plano, permitiendo desplazamientos angulares. Es un apoyo de dos vínculos.



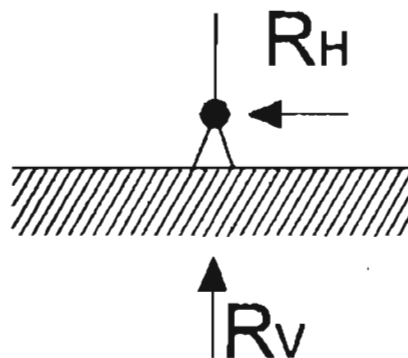
Al analizar este tipo de apoyo se percibe que no está impedido el giro:



Suponemos que la unión con el pasador está libre de fricción, y por tanto la articulación permite desplazamientos angulares.

Como la base que recibe está totalmente fija, no es posible que existan desplazamientos lineales en las columnas.

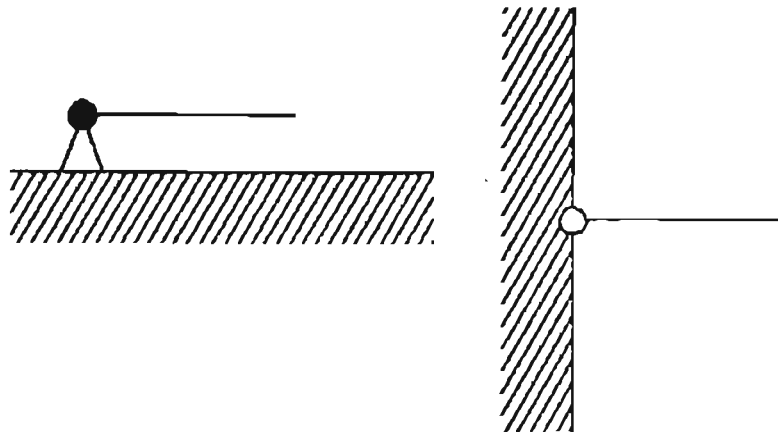
En este caso, las columnas transmiten una carga a la base que la soporta y está constituida por un apoyo que corresponde con dos reacciones.



El apoyo articulado responde con una reacción vertical y con una reacción horizontal a las cargas activas a que están sometidas las columnas, con lo que restringe los dos desplazamientos lineales posibles; por eso decimos que es un apoyo de dos vínculos. Quedan impedidos dos grados de

libertad. Decimos que el punto A tiene grado de libertad igual a uno.

Este apoyo se representa de la siguiente manera:



Empotramiento

Se le llama al apoyo que responde con tres reacciones, y con ellas restringe los desplazamientos posibles en el plano (dos lineales y uno angular). Es un apoyo de tres vínculos.

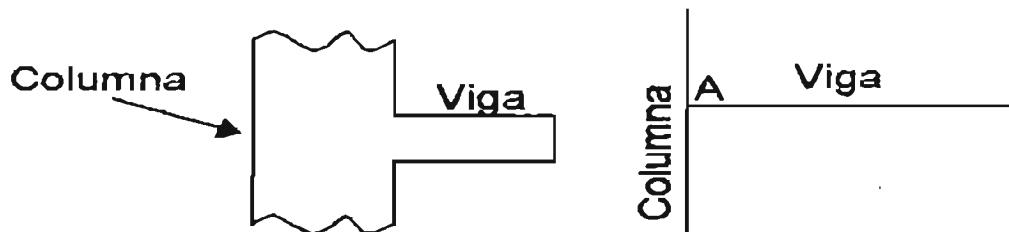
Como ejemplo de este apoyo, primero nos ubicaremos en una casa con un pequeño balcón como la de la siguiente imagen:



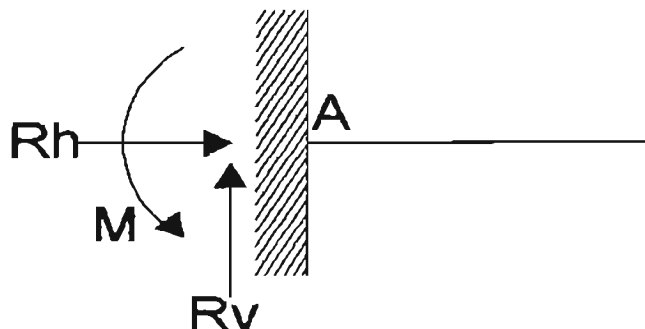
Y ahora, pongamos atención en el área marcada, donde se encuentran vigas y columnas unidas:



Si representamos el sistema formado por la viga y la columna, obtendremos estos esquemas:

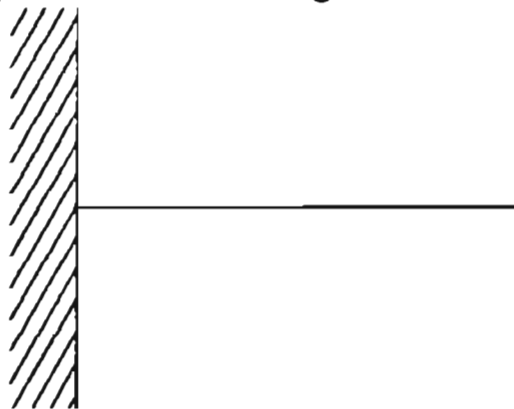


Hay que observar la unión de los elementos. En el punto de unión A la viga tiene impedidos los tres desplazamientos posibles en el plano, no puede girar en el punto A tampoco puede desplazarse vertical ni horizontalmente.



A este tipo de apoyo lo llamamos empotramiento. En este ejemplo, la viga transmitirá cargas a la columna y la columna es un apoyo para la viga. El empotramiento responde con tres reacciones a las cargas activas a que está sometida la viga, dos fuerzas que impiden los movimientos lineales y un momento que impide el giro de la viga; por tener la capacidad de impedir los tres desplazamientos mencionados, decimos que es un apoyo de tres vínculos. Restringe los tres grados de libertad en el plano; el punto A tiene grado de libertad igual a cero.

Este apoyo se representa de la siguiente manera:

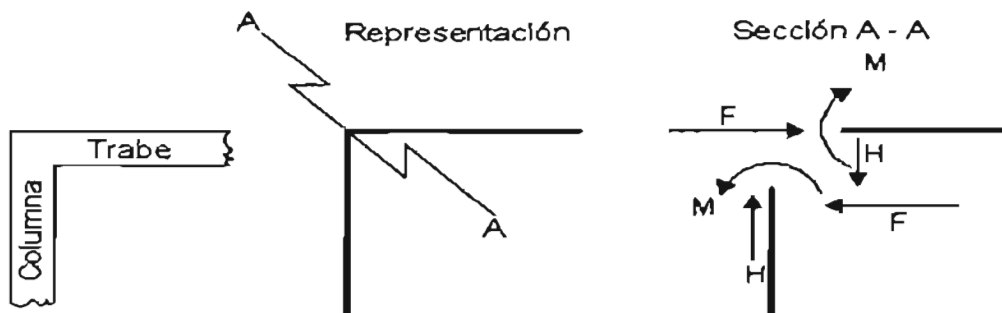
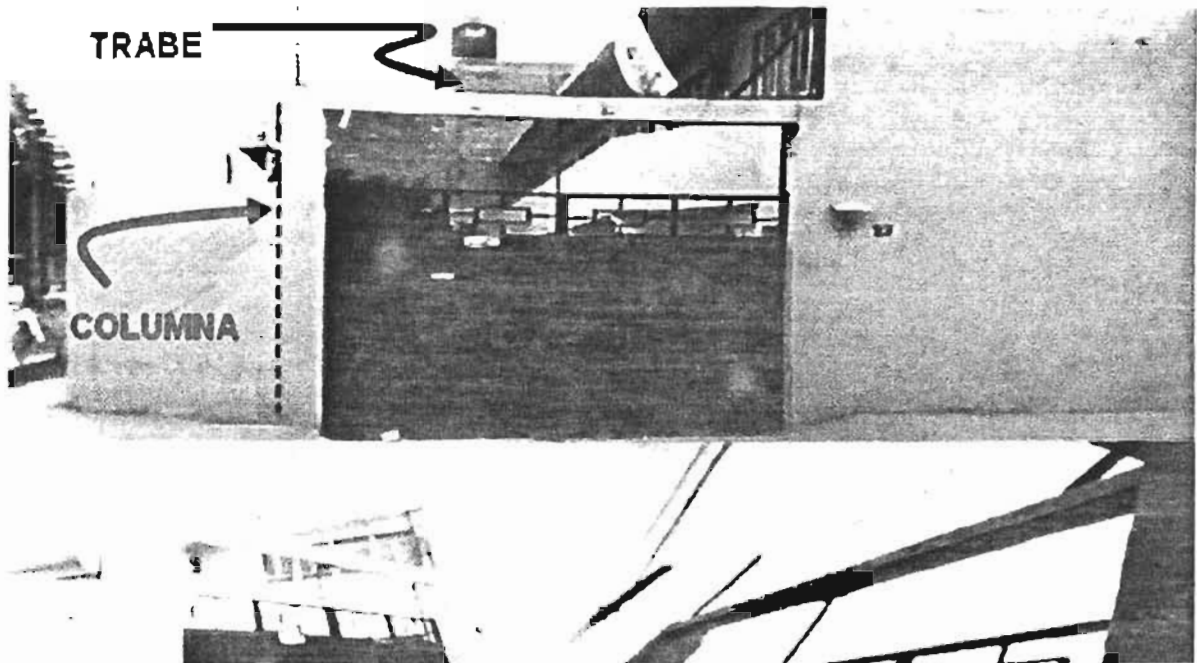


Nudo elástico

Este tipo de apoyo es el que restringe los tres desplazamientos en el plano (dos lineales y uno angular), provocando tres cargas internas; una parte se comporta como apoyo de la otra y a la vez, cada parte es carga de la otra. Es un apoyo de tres vínculos.

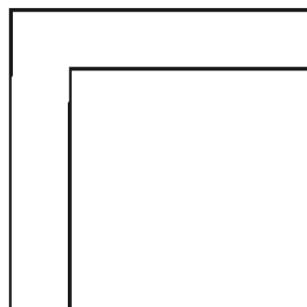
El nudo elástico no solo se presenta en una pieza, la unión de dos o más elementos se comporta de la misma manera.

Pensemos en el caso de la unión entre una columna y una trabe como en la siguiente imagen:



Si la columna no es mucho más rígida que la trabe, no se presenta un empotramiento para la trabe; sino un nudo elástico en la sección A - A .

Este apoyo se representa de la siguiente manera:

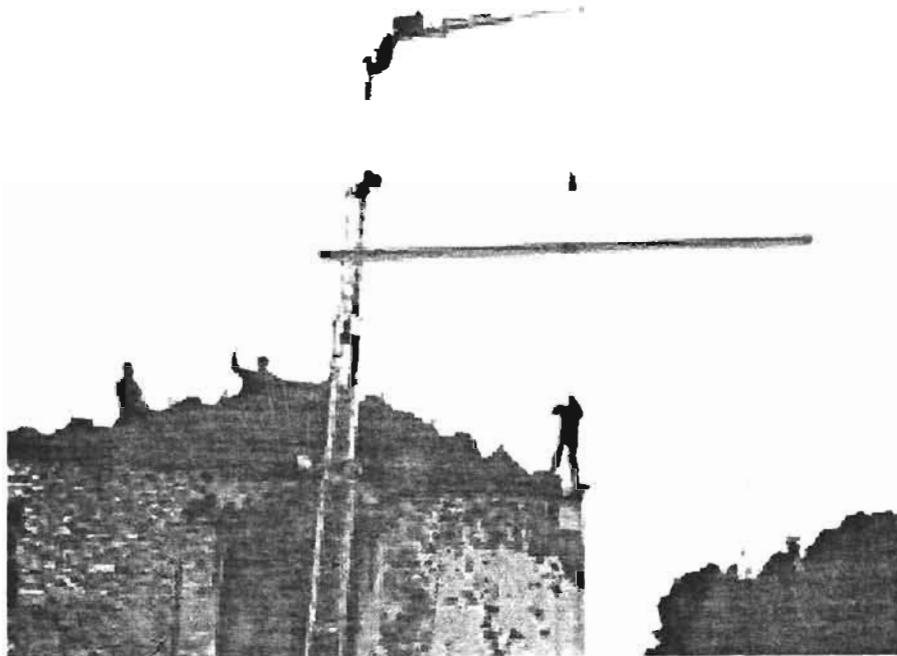


TIPOS DE APOYO EN EL ESPACIO

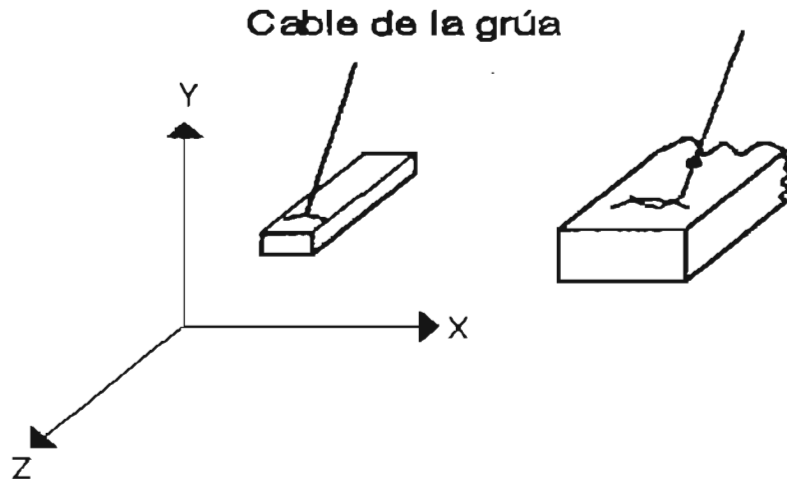
Apoyo libre

Llamamos apoyo libre al que responde con una reacción a las cargas activas del sistema, impidiendo un desplazamiento lineal. El apoyo libre permite los cinco desplazamientos restantes: dos lineales y tres angulares. Es un apoyo de un vínculo.

Imaginemos una grúa levantando una pieza por medio de un cableado en una obra de montaje; la viga y el cable están unidos por un gancho.

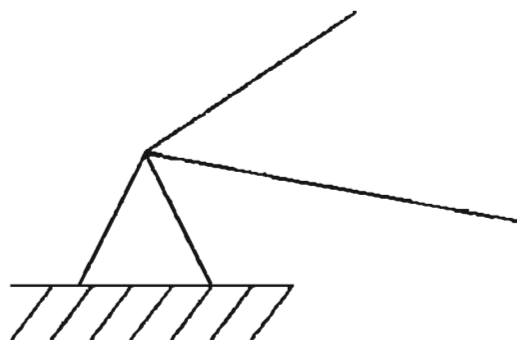


El cable constituye un apoyo para la pieza que está siendo izada; la viga mostrada no puede desplazarse verticalmente, en el sentido del eje Y, pero sí puede hacerlo respecto a los otros dos ejes, por lo que tiene restringido un solo desplazamiento lineal.



Por la forma de la unión, la pieza puede girar en el apoyo en los tres sentidos; no tiene impedidos los tres desplazamientos angulares.

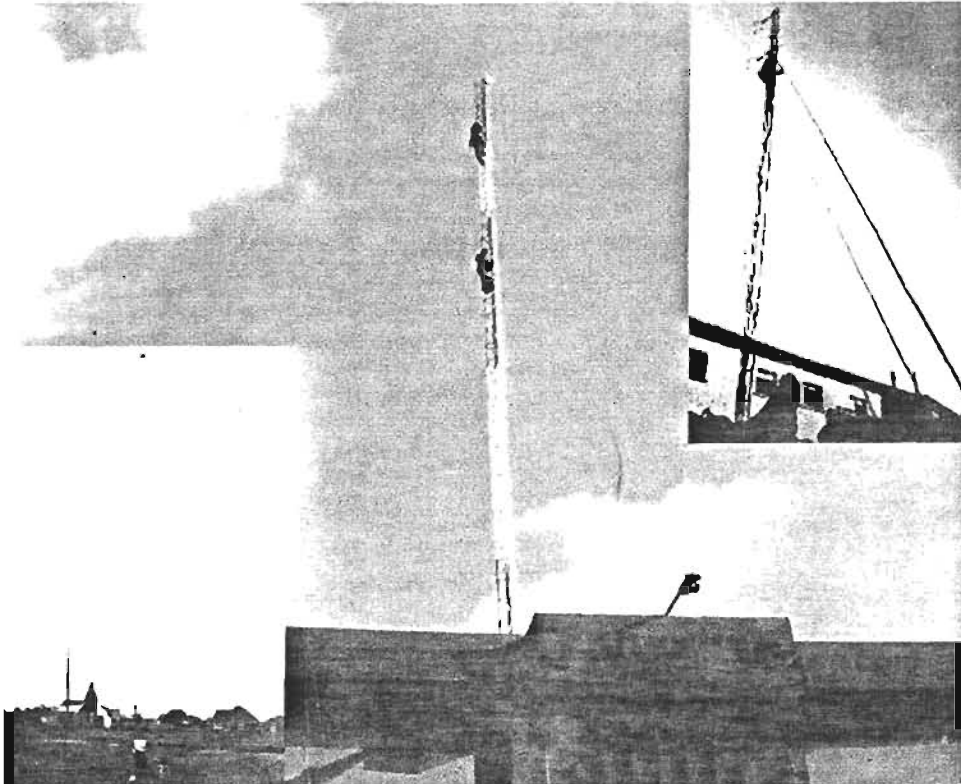
Como el apoyo libre tiene la capacidad de tener cinco de los seis desplazamientos posibles en el espacio, decimos que en el apoyo el grado de libertad es cinco. Al tener impedido un desplazamiento, el desplazamiento en el sentido del eje Y, decimos que es un apoyo de un vínculo.



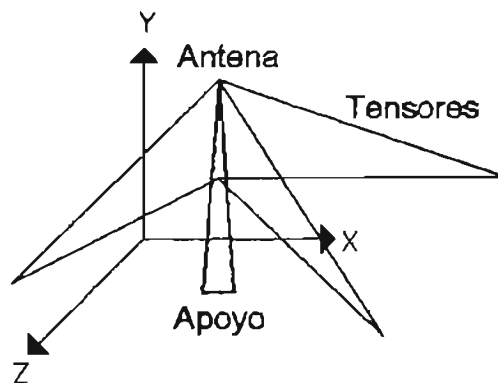
Rótula

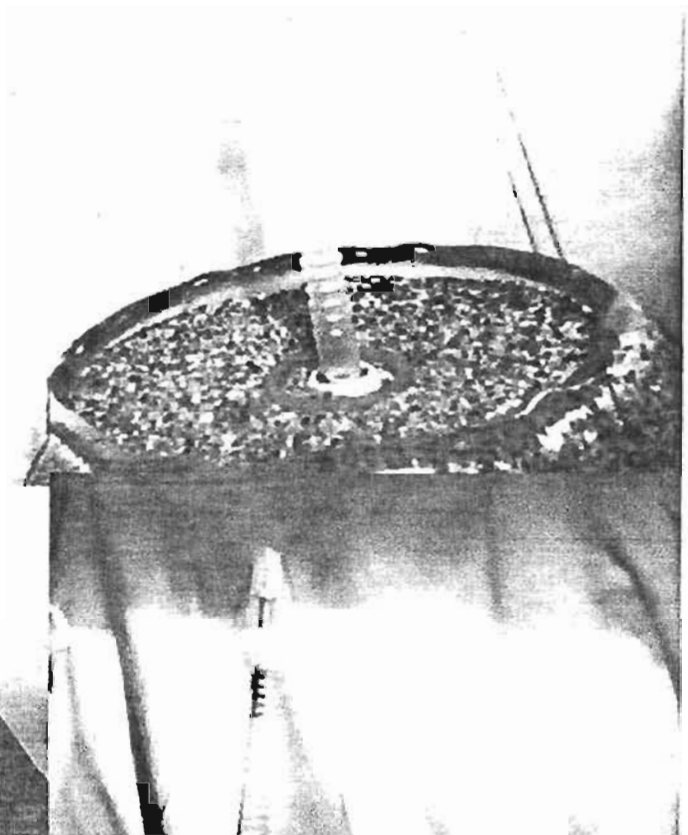
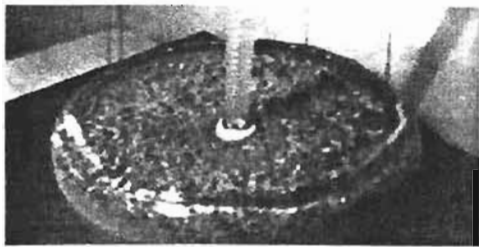
Es aquel apoyo que responde con tres reacciones a las cargas activas en el sentido de los ejes x , y y z , y restringe los tres desplazamientos lineales en el espacio, permitiendo los giros en los tres sentidos. Es un apoyo de tres vínculos.

Este apoyo se puede presentar en una antena radiodifusora,

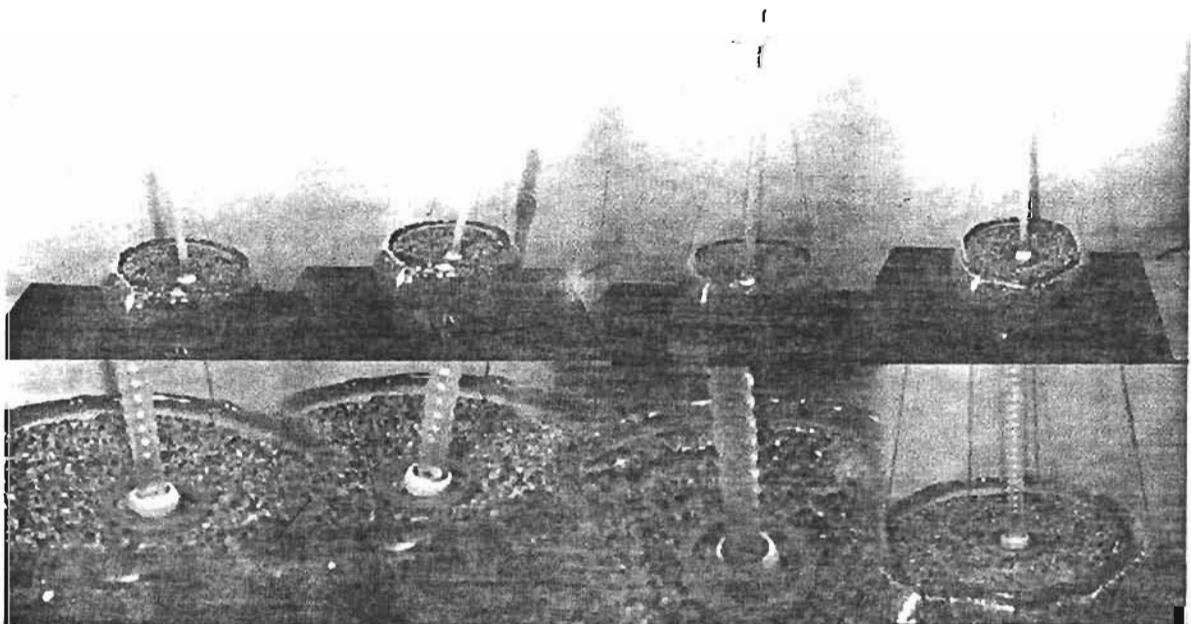


y para comprender su comportamiento, observaremos las imágenes de un modelo a escala.

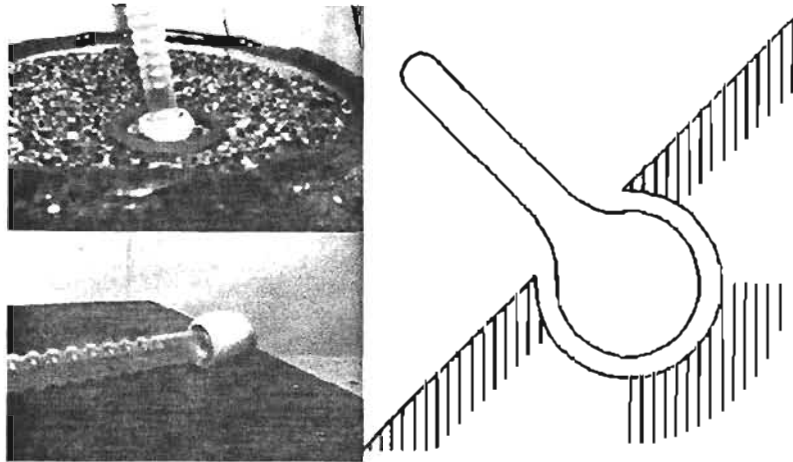




La antena tiene impedidos en el apoyo los tres desplazamientos lineales y los tres angulares son permitidos.



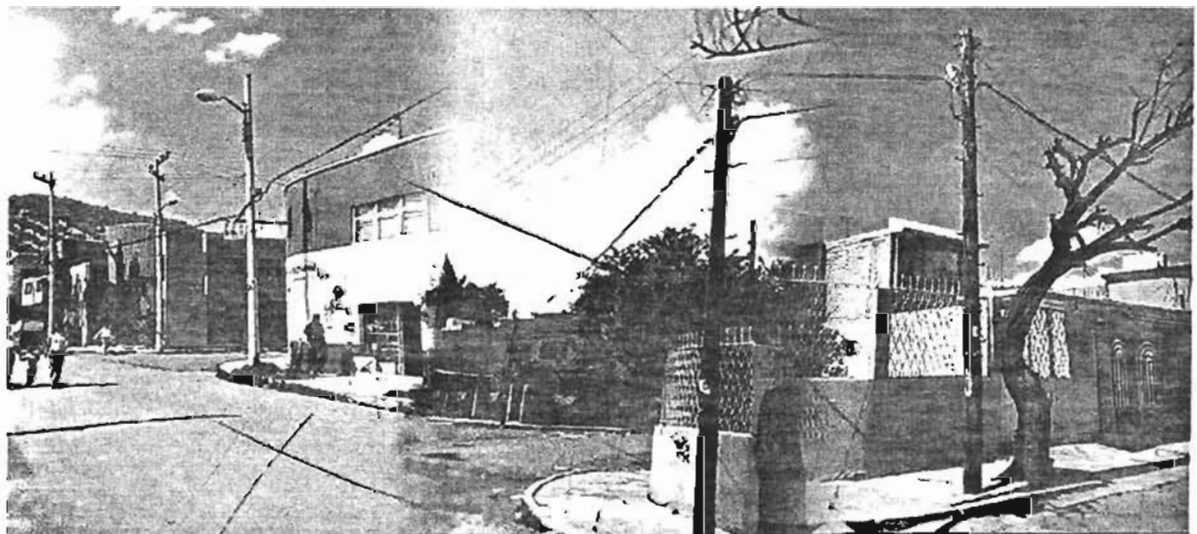
A este apoyo lo conocemos con el nombre de rotula y lo simbolizamos de la siguiente forma:



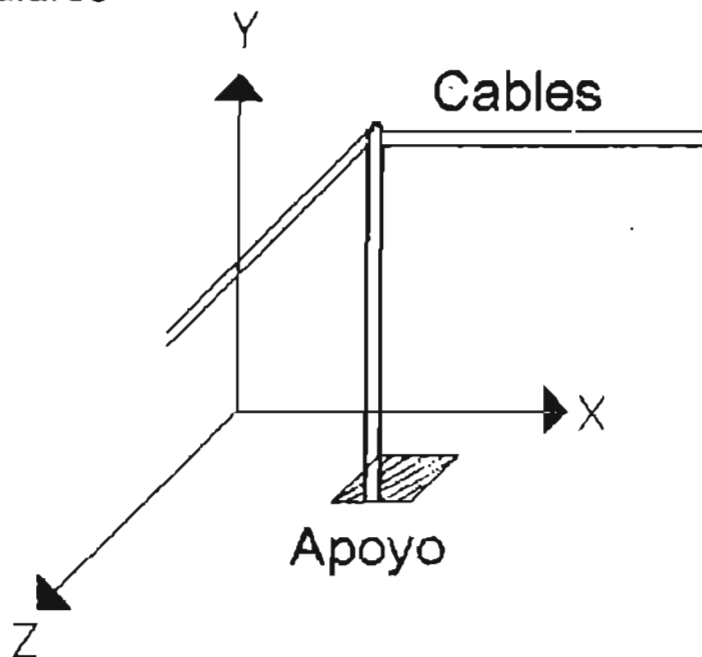
Empotramiento

Es el apoyo que responde con seis reacciones a las cargas activas del sistema, restringiendo los seis desplazamientos posibles en el espacio. Es una apoyo de seis vínculos.

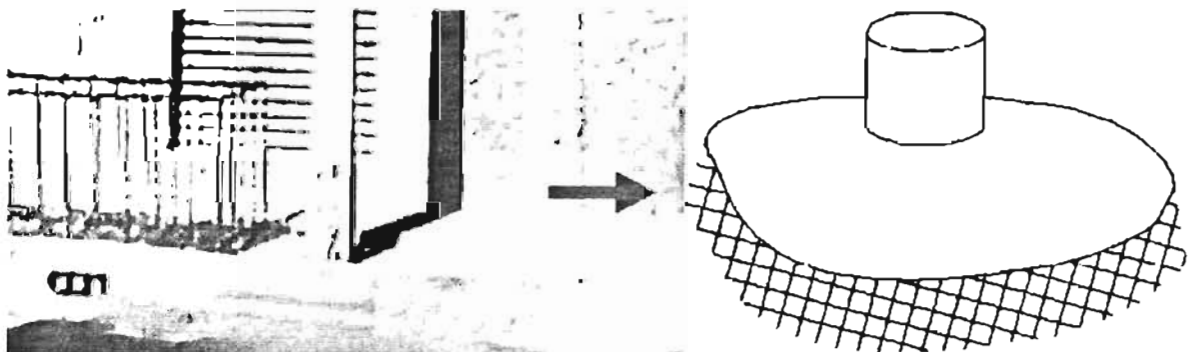
Este tipo de apoyo es muy común encontrarlo en las banquetas de las calles, los postes de luz enterrados, observemos la figura siguiente en donde se presentan dichos postes:



El poste tiene impedidos los tres desplazamientos lineales y los tres angulares



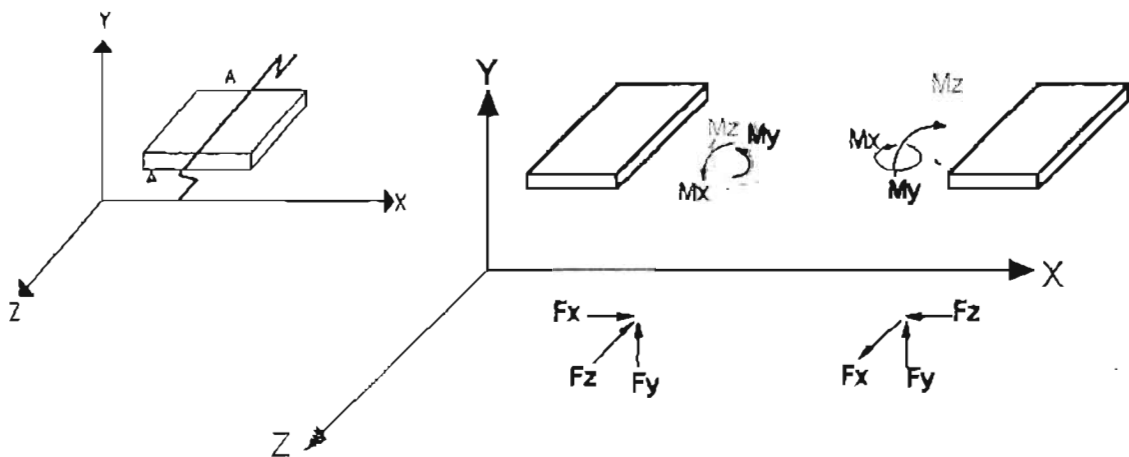
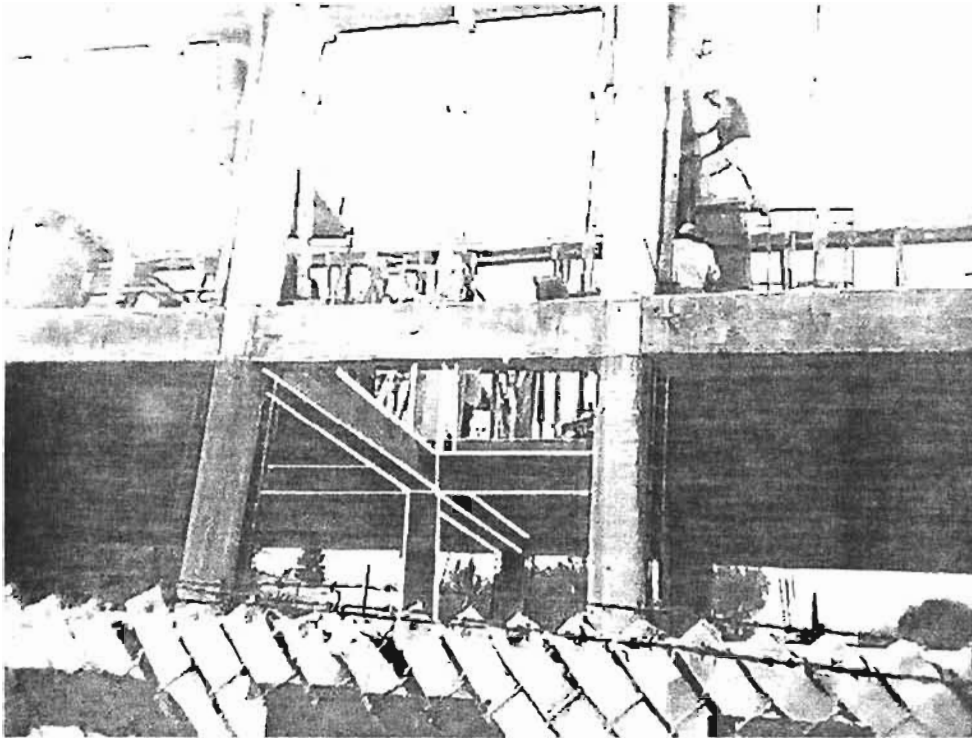
a este apoyo lo conocemos con el nombre de empotramiento y lo representamos de la siguiente forma:



Apoyo continuo o elástico

Llamamos apoyo continuo al que restringe todos los desplazamientos en el espacio provocando seis cargas internas para tener en equilibrio una sección. Una parte de la sección es apoyo de la otra y viceversa. Es un apoyo de seis vínculos.

Este tipo de apoyo es similar al ejemplificado en el nudo elástico en el plano, solo que aquí se presenta en tres dimensiones:

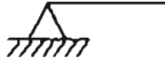


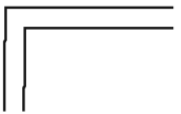


Se trata de un apoyo de seis vínculos; en la sección A –A están impedidos todos los desplazamientos.

El grado de libertad en la sección A –A es igual a cero.

RESUMEN DE TIPOS DE APOYO

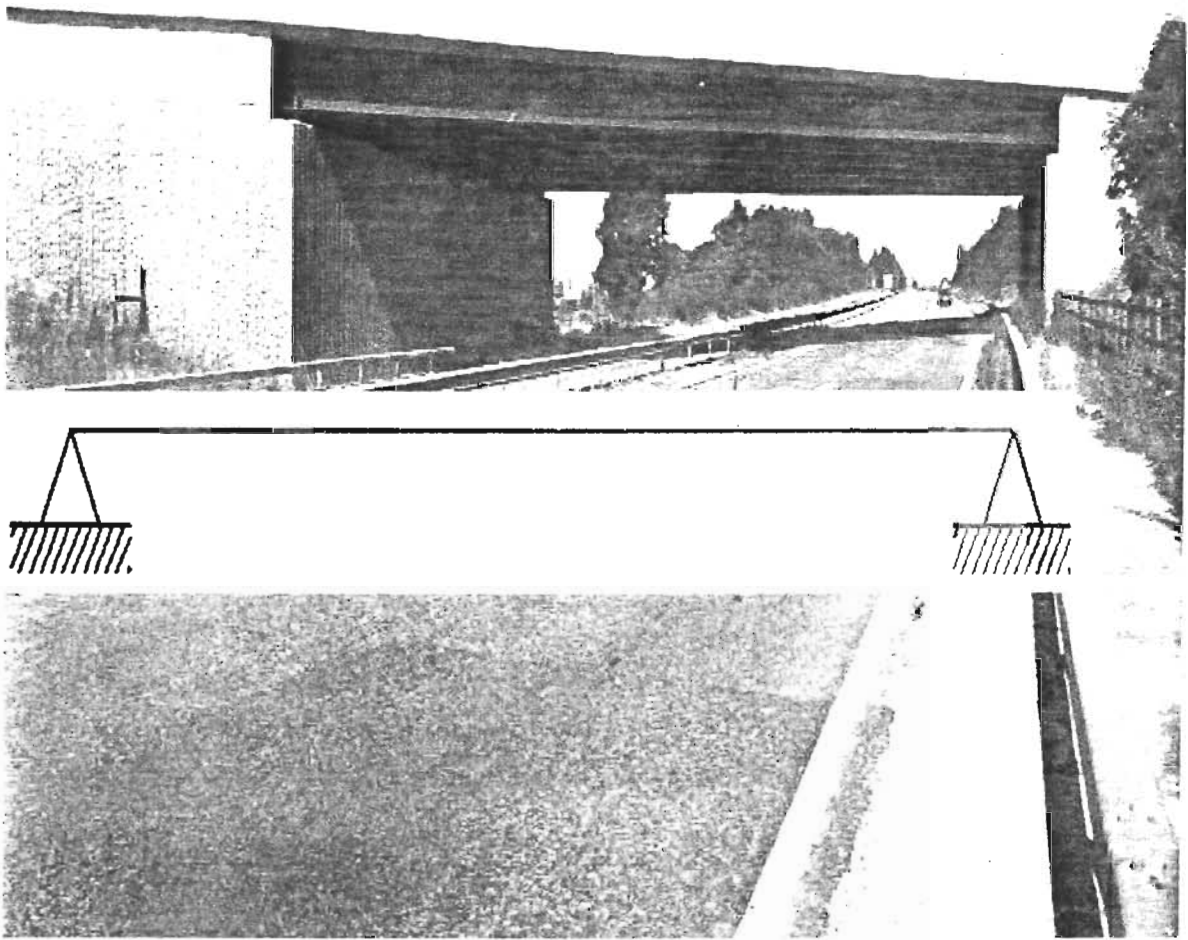
REPRESENTACIÓN DE APOYOS EN EL PLANO DESPLAZAMIENTOS RESTRINGIDOS, REACCIONES

Tipo de apoyo	Representación Gráfica	Desplazamientos			Reacciones		
		Vertical	Horizontal	Angular	Vertical	Horizontal	Angular
Libre		nulo	existe	existe	sí	no	no
Articulación		nulo	nulo	existe	sí	sí	no
Empotramiento		nulo	nulo	nulo	sí	sí	sí
Nudo elástico		nulo	nulo	nulo	sí	sí	sí

REPRESENTACIÓN DE APOYOS EN EL ESPACIO DESPLAZAMIENTOS RESTRINGIDOS, REACCIONES

Tipo de apoyo	Representación Gráfica	Desplazamientos						Reacciones					
		Lineales			Angulares			Fuerzas			Momentos		
		dx	dy	dz	θ_x	θ_y	θ_z	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Libre		existe	nulo	existe	existe	existe	existe	no	sí	no	no	no	no
Rotula		nulo	nulo	nulo	existe	existe	existe	sí	sí	sí	no	no	no
Empotramiento		nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Apoyo continuo o elástico		nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	sí	sí	sí	sí	sí	sí

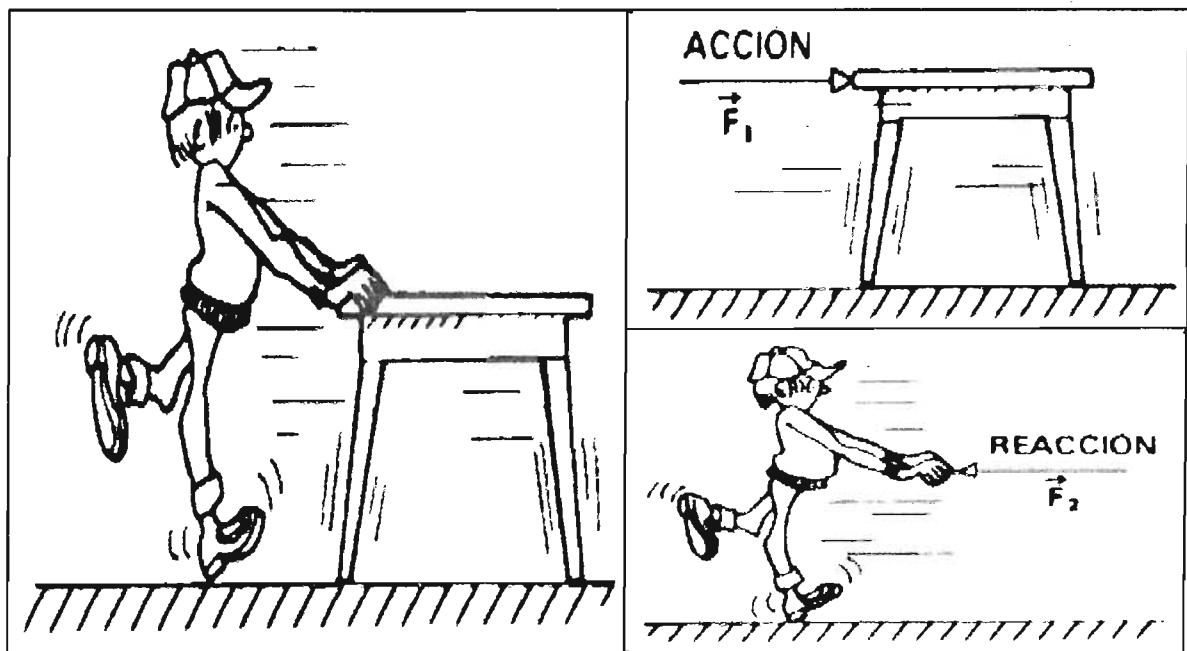
4. DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE



4. DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE

El análisis de todas las estructuras esta basado en el hecho de que las mismas están diseñadas bajo el equilibrio de la acción de las cargas.

La magnitud de las reacciones es igual a las cargas aplicadas, es decir, son exactamente contrarrestadas o resistidas de acuerdo con la tercera ley de Newton, (*siempre que un objeto ejerce una fuerza sobre otro, el segundo objeto ejerce sobre el primero una fuerza igual y en sentido opuesto*).



Definición de diagrama de cuerpo libre:

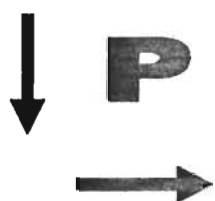
Es un esquema sencillo con el que se idealiza, en forma simplificada, el cuerpo en consideración, así como todas las fuerzas externas que actúan sobre él.

Para elaborar este diagrama se sigue la siguiente secuela:

A) Se elige el cuerpo, separándolo de la base que lo sustenta, así como de cualquier otro cuerpo, para dibujar el croquis de su contorno.

B) Se indican, en los puntos donde se encuentran aplicadas, todas las fuerzas externas que ejerzan su acción sobre el cuerpo incluyendo la de la base de sustentación y las de los sólidos que le han sido separados. Especial cuidado debe tenerse con el peso del cuerpo, ya que constituye la atracción ejercida por la tierra sobre las diversas partículas que lo componen; por esta razón, el trazo que lo represente pasará por el centro de gravedad.

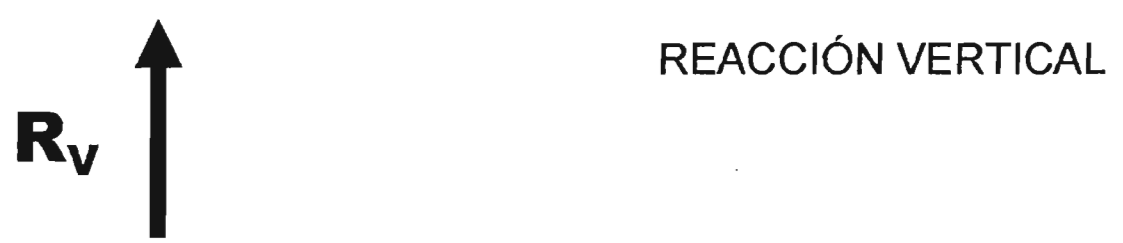
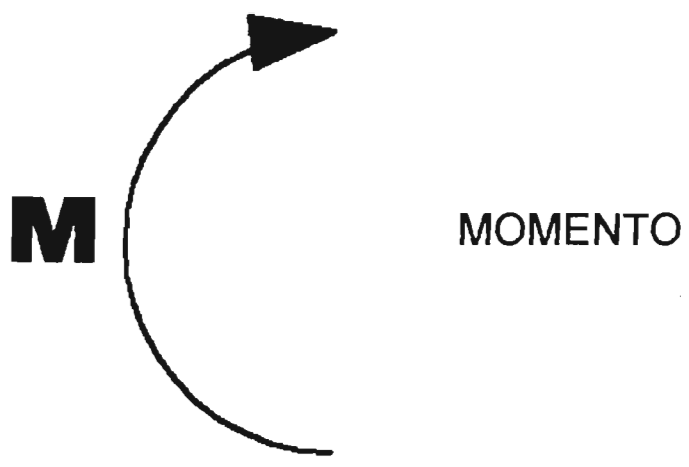
Para los diagramas utilizamos algunos símbolos de forma general, los cuales son la representación de las fuerzas que se presentan en nuestra estructura; a continuación observaremos algunos de ellos:



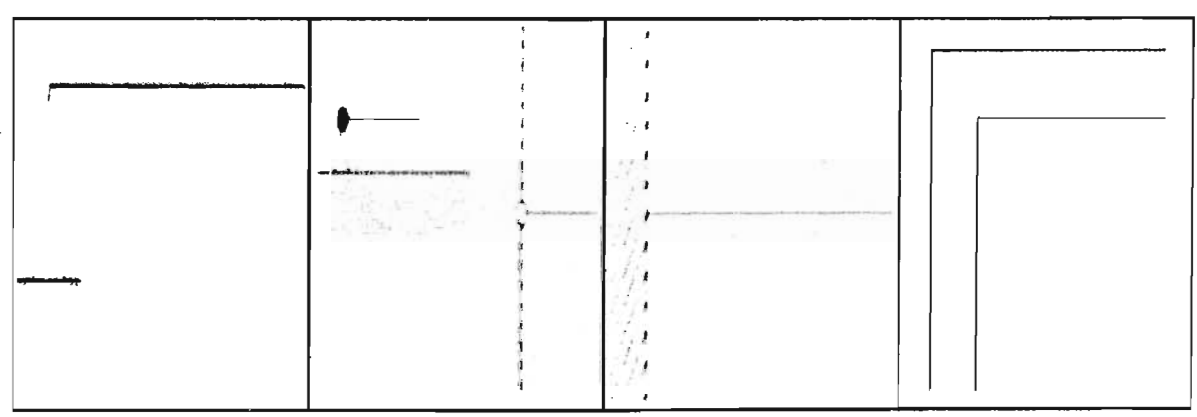
CARGA PUNTUAL



CARGA
UNIFORMEMENTE
REPARTIDA

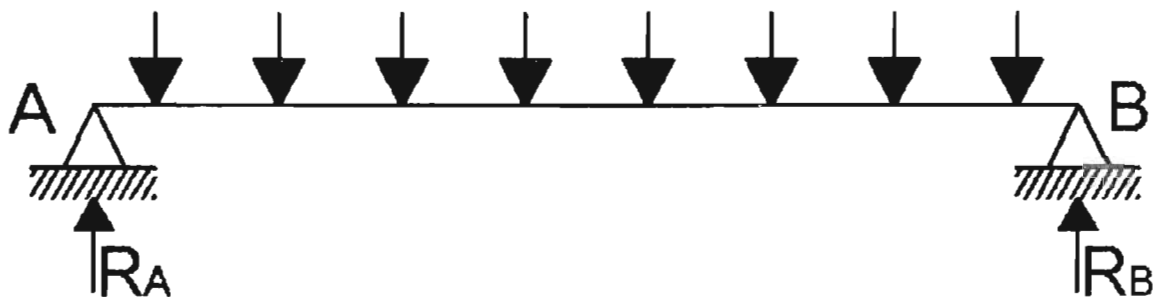
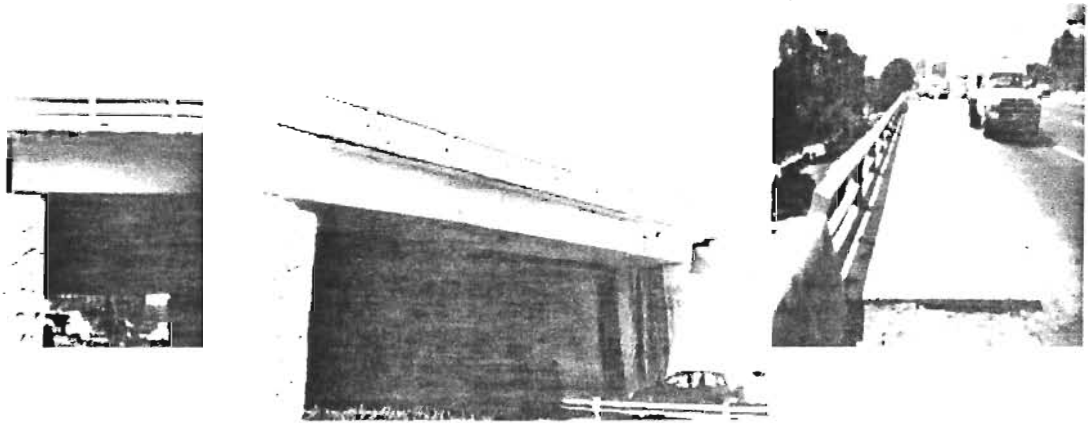


Y los diferentes tipos de apoyo que ya conocemos:

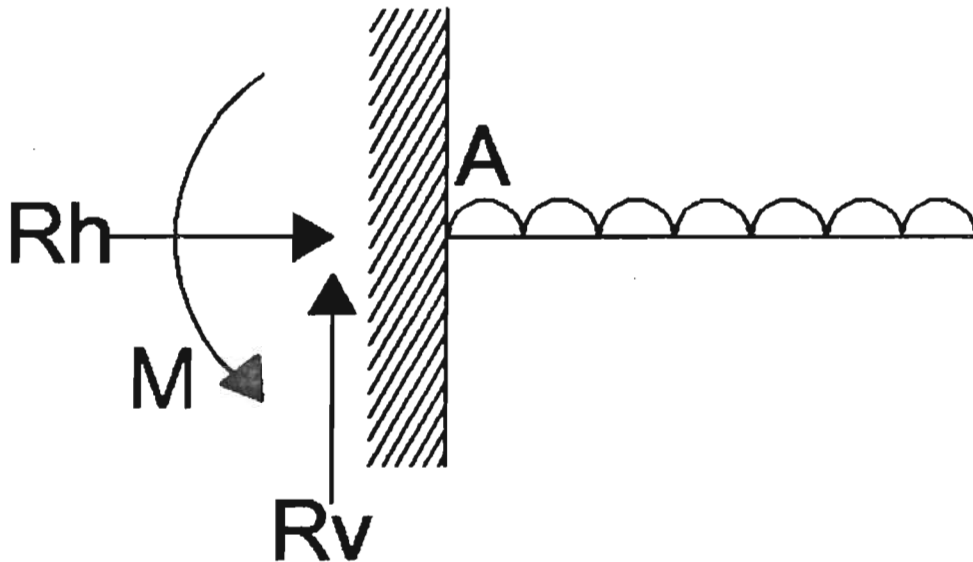
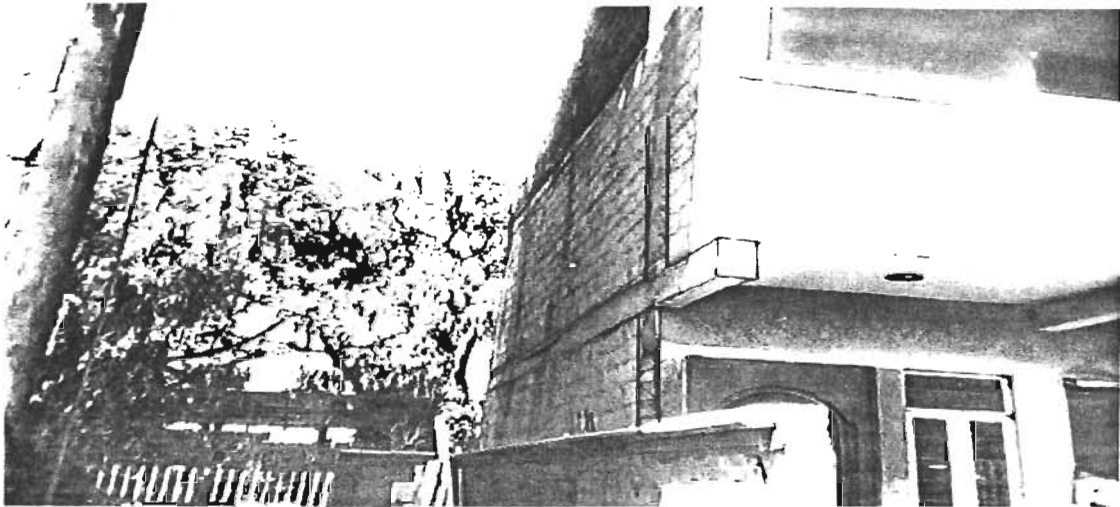


A continuación observaremos algunos ejemplos que se pueden encontrar fácilmente en nuestro entorno:

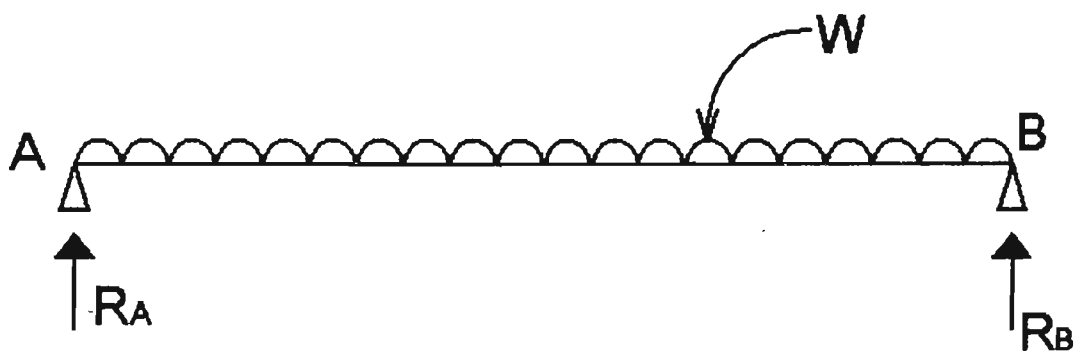
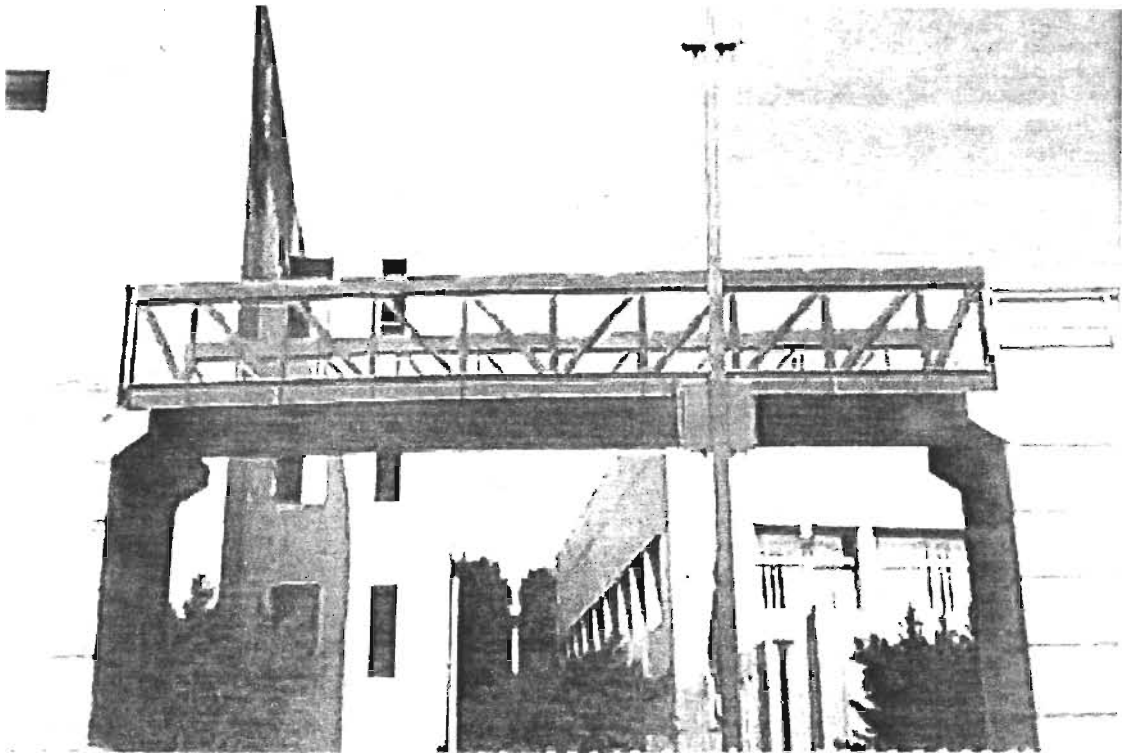
Esta es una viga que forma parte de un puente peatonal y vehicular, se encuentra libremente apoyada, y sobre ella tiene un pasamanos que interpretamos como cargas puntuales y respectivamente en cada apoyo surgen sus reacciones.



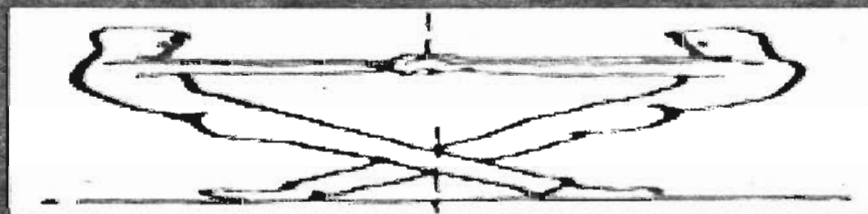
Aquí observamos un balcón, el cual es soportado por algunas vigas empotradas, y sobre la viga hay una pequeña barda, la cual interpretamos como una carga uniformemente distribuida y la viga responde a esta carga con un momento y una reacción vertical y horizontal.



Ahora observamos una sección de un puente peatonal, en la cual existen dos columnas que tienen ménsulas en su parte mas alta, las cuales soportan dos vigas que a su vez sirven de apoyo a una pequeña losa (carga uniforme), y respectivamente en los extremos de cada trabe hay reacciones.



5. ECUACIONES DE EQUILIBRIO

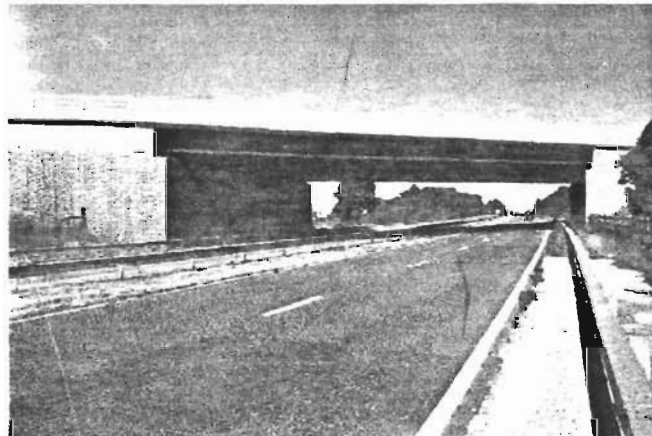


5. ECUACIONES DE EQUILIBRIO

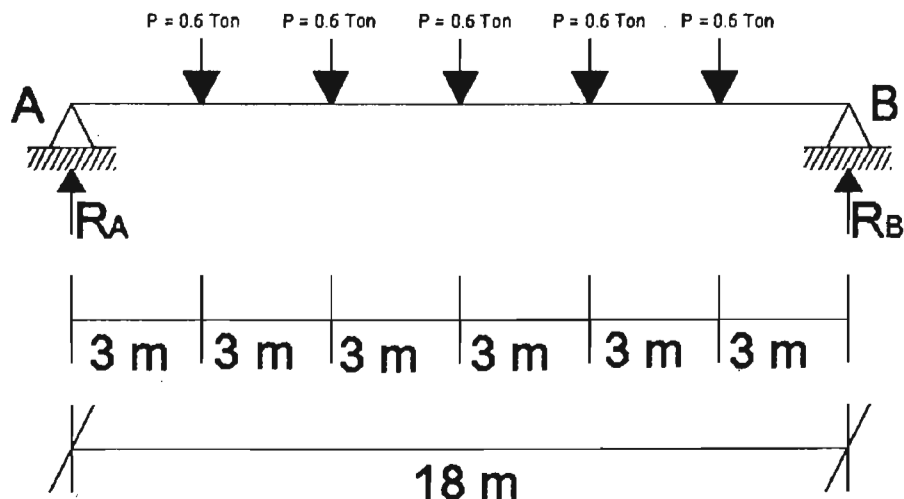
Una vez que hemos realizado nuestros diagramas de cuerpo libre proseguimos a calcular nuestras ecuaciones de equilibrio.

Lo antes mencionado lo aplicaremos en el siguiente ejemplo:

Observamos una viga libremente apoyada la cual, tiene un barandal que interpretamos como cargas puntuales

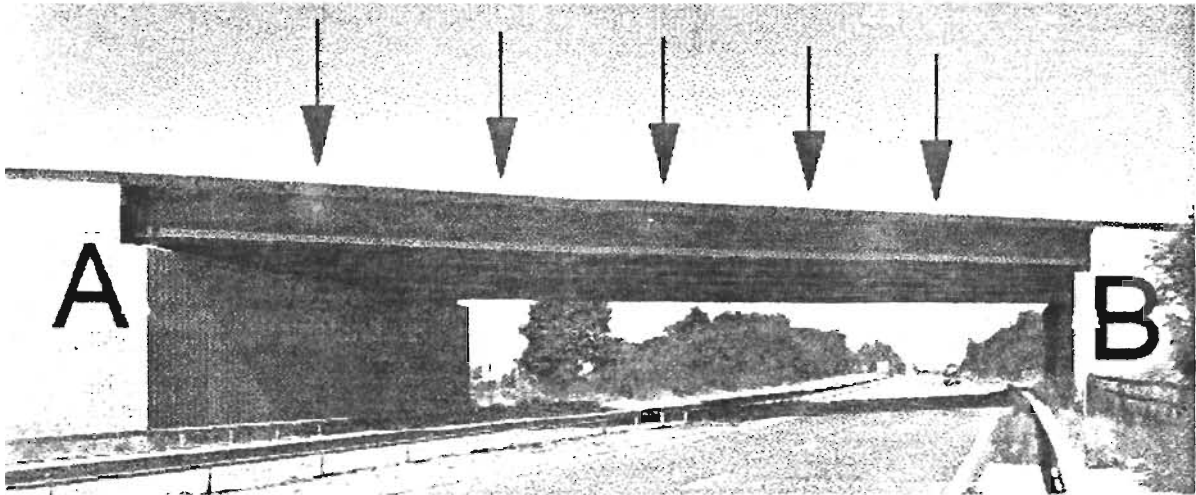


Supondremos algunas dimensiones y pesos para realizar nuestro diagrama de cuerpo libre:



El siguiente paso es realizar nuestras ecuaciones de equilibrio

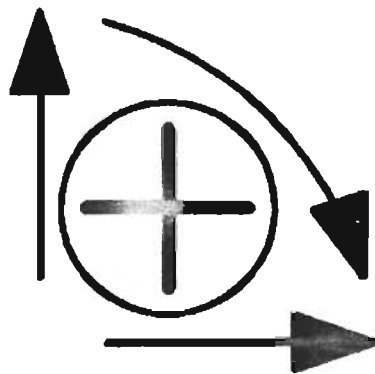
En tanto imaginemos que estamos ubicados en el punto A



Desde ahí observaremos las fuerzas de acción y reacción que se aplican en la estructura, suponiendo que la sumatoria de momentos en el punto A, es igual a cero.

$$\Sigma M_A = 0$$

sumemos las fuerzas de acción y reacción de acuerdo con la siguiente convención de signos:



$$\Sigma M_A = 0$$

$$[- R_B (18m)] + [0.5 \text{ ton}(15m)] + [0.5 \text{ ton}(12m)] + [0.5 \text{ ton}(9m)] + [0.5 \text{ ton}(6m)] + [0.5 \text{ ton}(3m)] = 0$$

$$(18m)R_B = (7.5 \text{ ton/m}) + (6 \text{ ton/m}) + (4.5 \text{ ton/m}) + (3 \text{ ton/m}) + (1.5 \text{ ton/m})$$

$$R_B = \frac{22.5 \text{ ton/m}}{18 \text{ ton/m}}$$

$$R_B = 1.25 \text{ ton.}$$

De la misma forma realizamos el calculo con la sumatoria de momentos en B igual a cero.

$$\Sigma M_B = 0$$

$$[R_A (18m)] + [-0.5 \text{ ton}(15m)] + [-0.5 \text{ ton}(12m)] + [-0.5 \text{ ton}(9m)] + [-0.5 \text{ ton}(6m)] + [-0.5 \text{ ton}(3m)] = 0$$

$$(18m)(-R_A) = (-7.5 \text{ ton/m}) + (-6 \text{ ton/m}) + (-4.5 \text{ ton/m}) + (-3 \text{ ton/m}) + (-1.5 \text{ ton/m})$$

multiplicando todo por (-1) para hacer la ecuación positiva y despejando R_A :

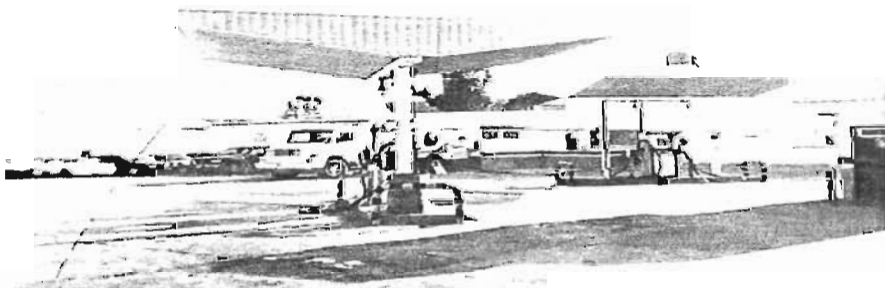
$$R_A = \frac{22.5 \text{ ton/m}}{18 \text{ ton/m}}$$

$$R_A = 1.25 \text{ ton}$$

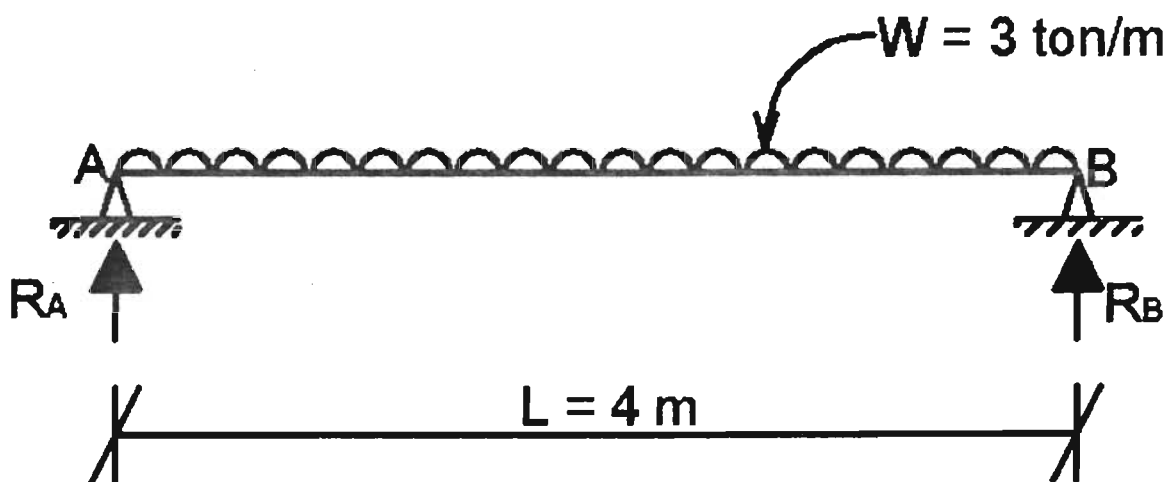
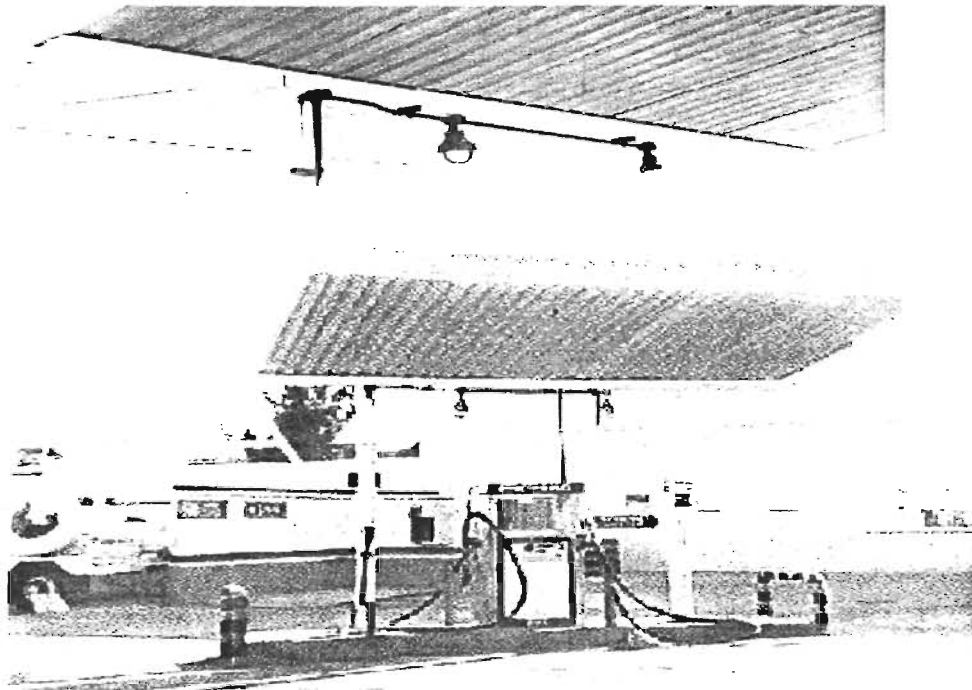
Esta es la forma en que se realiza el cálculo de las ecuaciones de equilibrio, y nos servirán para obtener nuestro diagrama de momentos y cortantes.

Conoceremos el procedimiento completo en la explicación del Principio de Superposición.

Ahora realizaremos otro ejemplo, solo que en este caso utilizaremos la siguiente imagen:



En esta estación de gas las maquinas abastecedoras cuentan con una cubierta, la cual esta sostenido por una trabe, interpretamos la cubierta como una carga uniformemente distribuida, y nuestro diagrama de cuerpo libre sería de la siguiente manera:



Continuamos con nuestras ecuaciones de equilibrio

$$\Sigma M_A = 0$$

$$[- R_B (4m)] + [3 \text{ ton}(4m)(2)] = 0$$

$$(4m)(R_B) = (24 \text{ ton/m})$$

$$R_B = \frac{24 \text{ ton/m}}{4 \text{ m}}$$

$$R_B = 6 \text{ ton.}$$

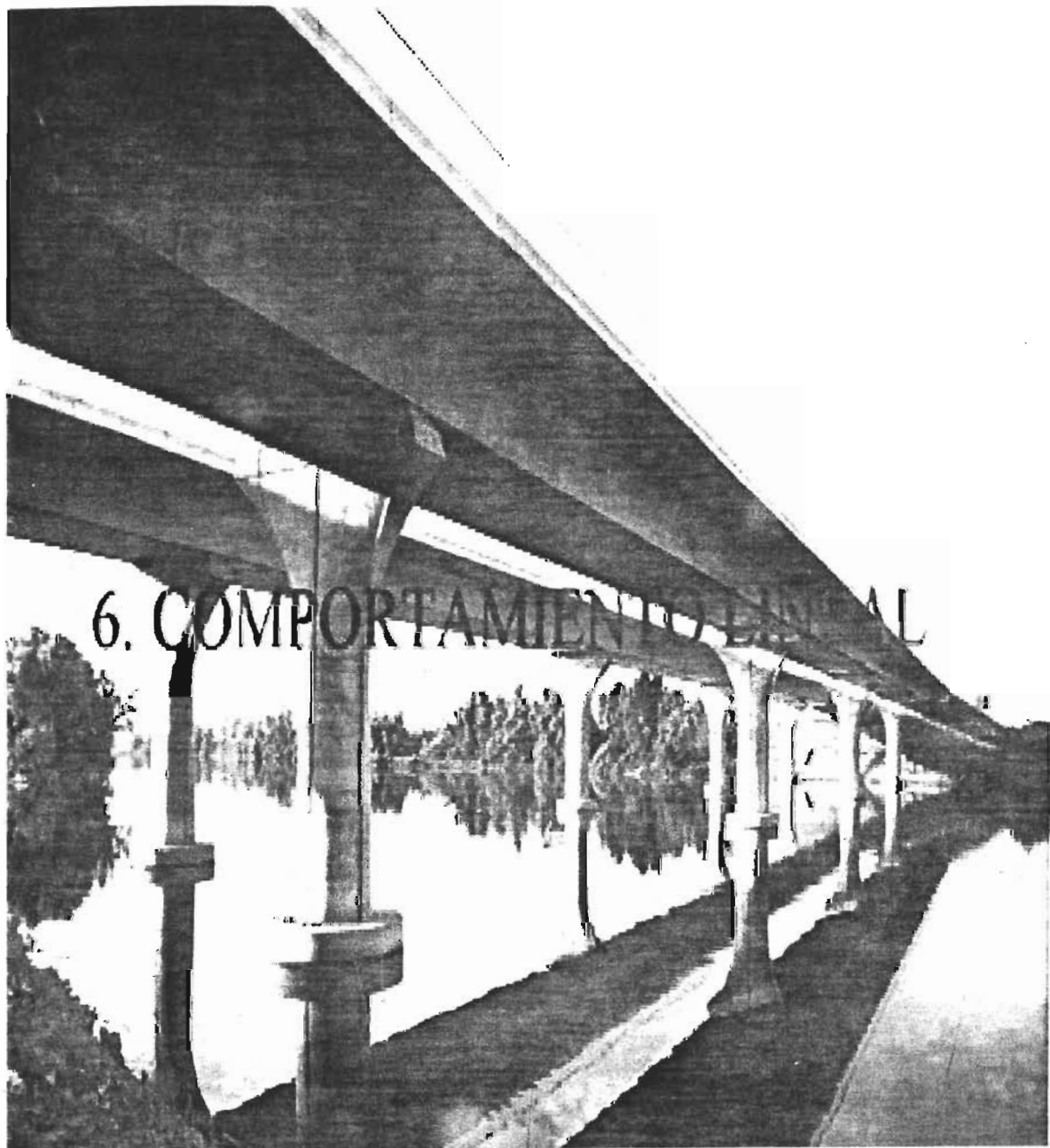
$$\Sigma M_B = 0$$

$$[+ R_A (4m)] + [-3 \text{ ton}(4m)(2)] = 0$$

$$(4m)(R_A) = (24 \text{ ton/m})$$

$$R_A = \frac{24 \text{ ton/m}}{4 \text{ m}}$$

$$R_A = 6 \text{ ton.}$$

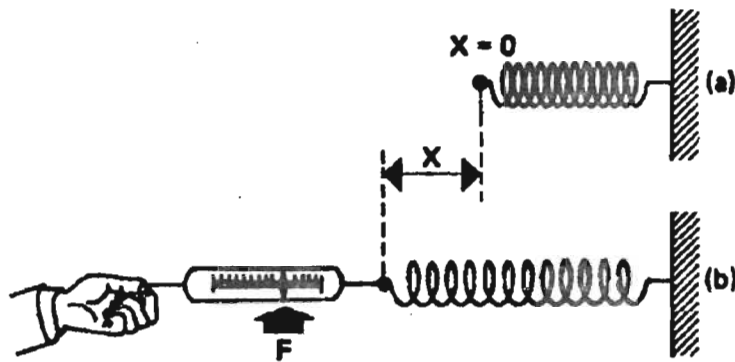


6. COMPORTAMIENTO LINEAL

6. COMPORTAMIENTO LINEAL

Primero explicaremos en que consiste la Ley de Hooke ya que es un principio básico del comportamiento lineal que frecuentemente utilizaremos.

La figura inicial nos muestra un resorte no deformado, y después se presenta el mismo resorte distendido por medio de un dinamómetro, el cual mide la fuerza de tensión F ejercida por el muelle cuando su alargamiento es igual a X (observe que X representa el incremento en la longitud del resorte).



Podemos comprobar experimentalmente que:

Al duplicar el alargamiento (a $2X$), la fuerza se duplica (a $2F$).

Al triplicar el alargamiento (a $3X$), la fuerza se triplica (a $3F$) etc.

Este mismo resultado podría comprobarse comprimiendo el resorte en vez de estirarlo. Por lo tanto, el experimento demuestra que

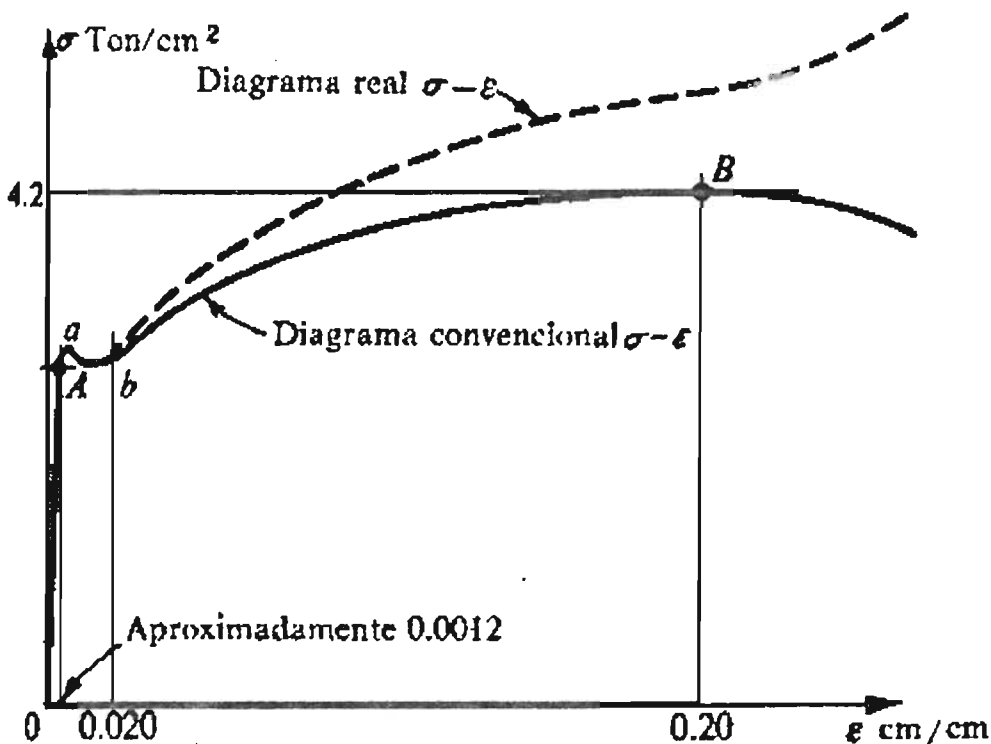
La fuerza ejercida por un resorte es directamente proporcional a su deformación, o sea, $F \propto X$.

Robert Hooke (1635 – 1703), un científico inglés es quien observó por vez primera esta propiedad de los resortes (en realidad, esta ley sólo es verdadera si las deformaciones del resorte no son muy grandes).

Esta es la mayor contribución de Hooke ya que su observación le condujo a que la deformación es proporcional a la carga aplicada.

Nosotros sabemos ahora que la relación real entre el esfuerzo y la deformación puede diferir de la proporcionalidad simple que Hooke observó, pero nosotros encontramos que, para otros materiales de la Ingeniería, una relación lineal está de acuerdo por lo menos con un buen grado de exactitud para los esfuerzos bajos.

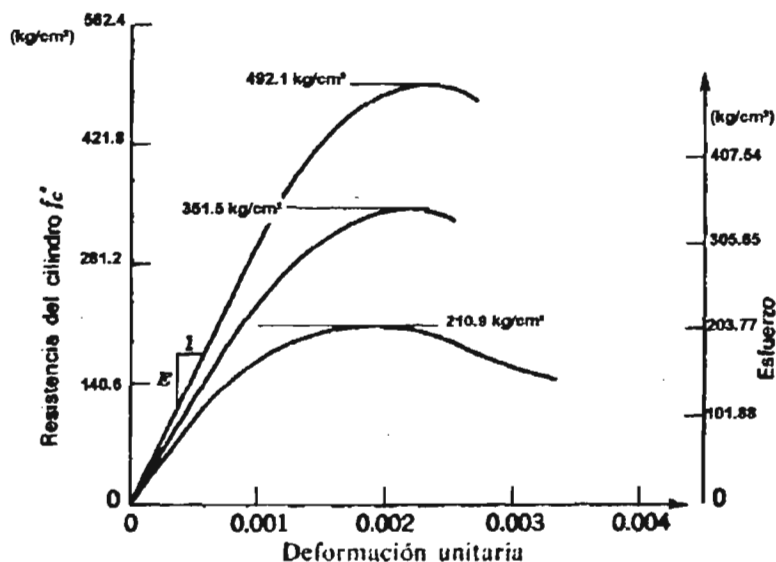
Por ejemplo, un típico espécimen a tensión de acero estructural al carbón, muestra la curva esfuerzo deformación de la siguiente figura:



La inclinación se mantiene en línea hacia arriba hasta el punto de fluencia del material. Claramente la ley de Hooke se aplica aquí. Porque este comportamiento es simple de analizar y modelar matemáticamente, y porque esto proporciona una excelente aproximación para mas materiales en rangos usuales de esfuerzos, nosotros frecuentemente asumimos para propósitos de análisis que nuestro material sigue la ley de Hooke, y nosotros llamamos al resultado *comportamiento lineal*. La constante de proporcionalidad (pendiente de la curva esfuerzo – deformación) es llamada Modulo de Young o el Modulo de elasticidad y es generalmente simbolizado por E.

Un material lineal es un caso especial de las condiciones mas generales llamadas *comportamiento elástico*. Un material es elástico cuando su curva “esfuerzo – deformación” en descarga continua la misma curva de carga. En el caso lineal, esta es satisfecha automáticamente desde la descarga, es usualmente lineal, pero los materiales comunes tal como el plástico son no lineales mientras no obstante son elásticos.

El concreto es un material no lineal. Como podemos apreciar en la curva esfuerzo-deformación de una prueba de un cilindro a compresión:



Asumir la linealidad puede ser bastante erróneo en muchos materiales y estructuras, sobre todo cuando los esfuerzos son grandes, el ingeniero debe ser consciente de tal aceptación.

Nosotros podemos generalizar la asunción de linealidad en un estructura entera. Cuando los desplazamientos en un sistema de componentes estructurales son funciones lineales de cargas aplicadas o esfuerzos, entonces tendremos una estructura lineal. O una estructura que exhibe el comportamiento lineal. Tales estructuras son mucho más simples de analizar que las no lineales, así que es sumamente importante para nosotros aprender a identificar tal acción.

La identificación del comportamiento estructural lineal esta basado en dos condiciones.

La primera de ellas es que los materiales son lineales por consiguiente son elásticos. Los materiales inelásticos siempre llevarán al comportamiento no lineal.

La segunda condición, más difícil de verificar, es que los desplazamientos de todas partes de la estructura bajo las cargas aplicadas son pequeños. Los desplazamientos son pequeños cuando la geometría inicial y final es la misma para propósitos prácticos.

7. PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN



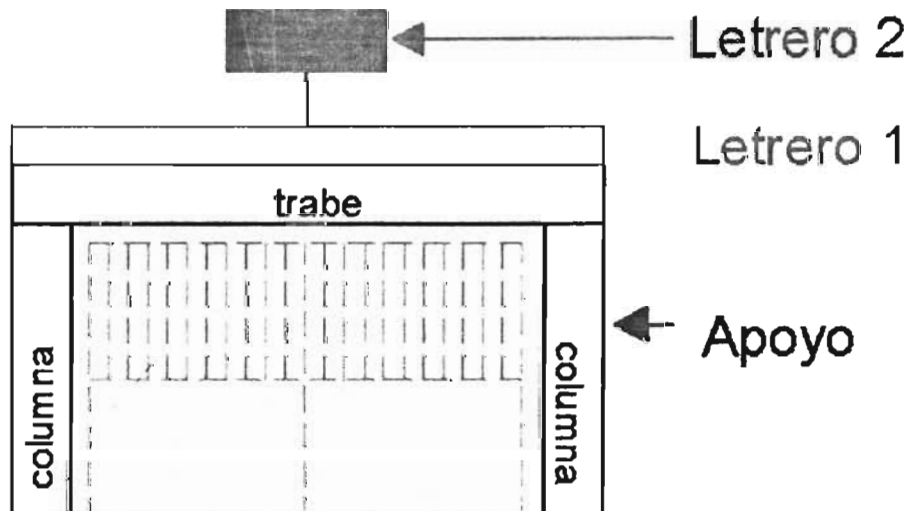
7. PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN

Utilizaremos la siguiente imagen para explicar el Principio de Superposición:

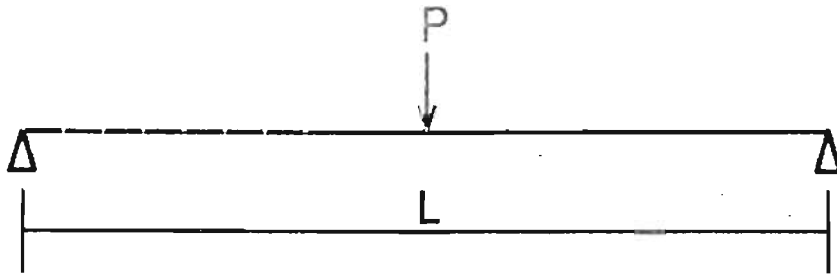


Observamos la entrada de un taller automotriz, en la cual existe una viga libremente apoyada por dos columnas; sobre la trabe hay un letrero que se encuentra a lo largo de la viga y además hay un poste central que soporta otro letrero pequeño.

Lo observaremos en un esquema para comprender como es la estructura.



Ahora realizaremos el diagrama de cuerpo libre de la trabe que soporta la carga distribuida uniforme (letrero 1) y la carga puntual (poste y letrero 2) tenemos:

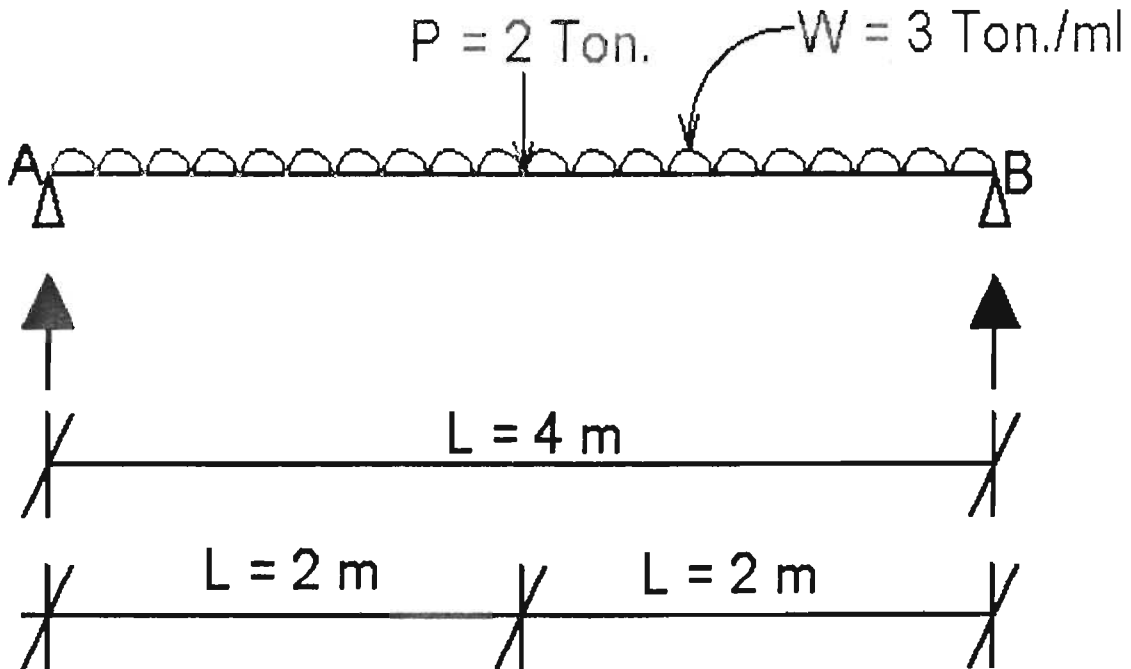


L = Longitud

P = Carga puntual

W = Carga uniformemente distribuida

Enseguida propondremos algunas dimensiones y pesos para el diagrama de cuerpo libre (*las dimensiones y pesos, no corresponden con la realidad y solo se utilizan con el fin de hacer más claro el cálculo*):



Y ahora realizaremos las ecuaciones de equilibrio

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_B(4) + (2)(2) + (3)(4) \left(\frac{4}{2}\right) = 0$$

$$R_B = \left(\frac{28}{4}\right)$$

$$\underline{R_B = 7 \text{ Ton}}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$+R_A(4) + (-2)(2) + (-3)(4) \left(\frac{4}{2}\right) = 0$$

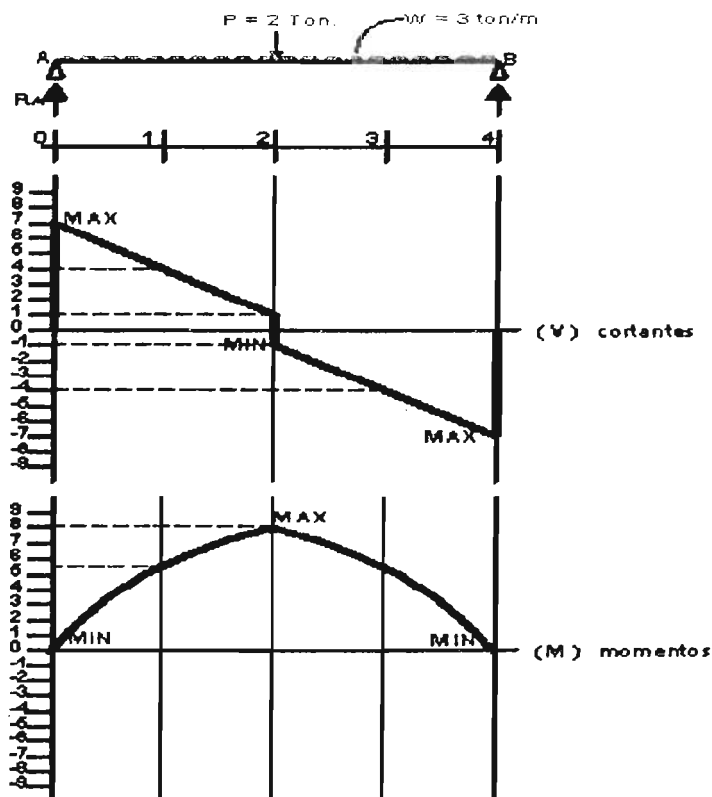
$$R_A = \left(\frac{28}{4}\right)$$

$$\underline{R_A = 7 \text{ Ton}}$$

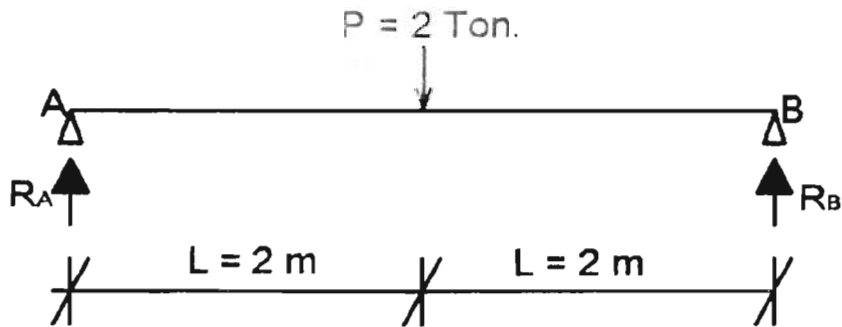
Y se calculan los cortantes y momentos:

X	CORTANTES	V
0	7	7
1	7 - (3)(1)	4
2	7 - (3)(2)	1
2	7 - (3)(2) - 2	-1
3	7 - (3)(3) - 2	-4
4	7 - (3)(4) - 2	-7

X	MOMENTOS	M
0	7(0)	0
1	7(1) - 3(1)(1/2)	5.5
2	7(2) - 3(2)(1) - 2(0)	8
3	7(3) - 3(3)(1.5) - 2(1)	5.5
4	7(4) - 3(4)(2) - 2(2)	0



Separaremos las cargas en el diagrama de cuerpo libre y realizaremos sus respectivas ecuaciones de equilibrio:



$$\Sigma M_A = 0$$

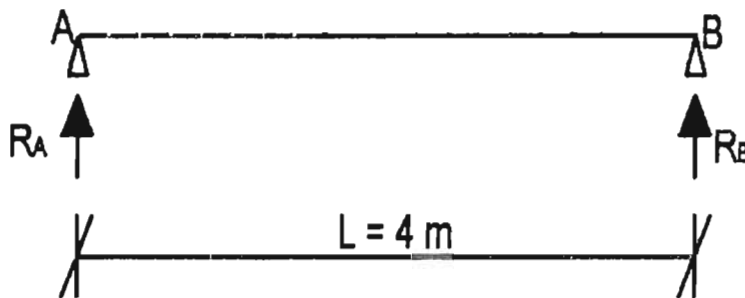
$$- R_B(4) + (2)(2) = 0$$

$$\underline{R_B = 1 \text{ Ton}}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$+ R_A(4) + (-2\text{ton})(2\text{m}) = 0$$

$$\underline{R_A = 1 \text{ Ton}}$$



$$\Sigma M_A = 0$$

$$- R_B(4) + (3)(4)\left(\frac{4}{2}\right) = 0$$

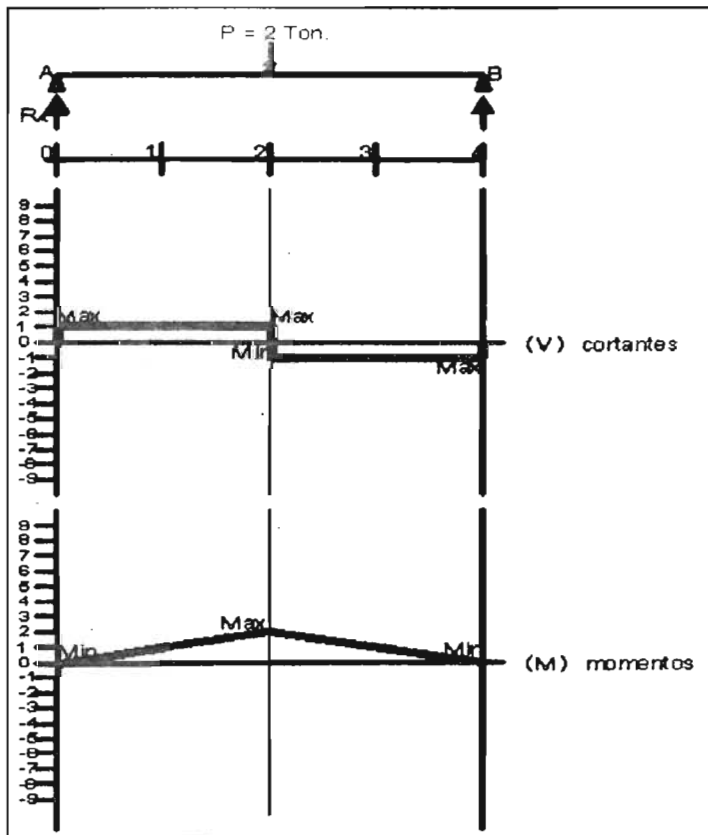
$$\underline{R_B = 6 \text{ Ton}}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

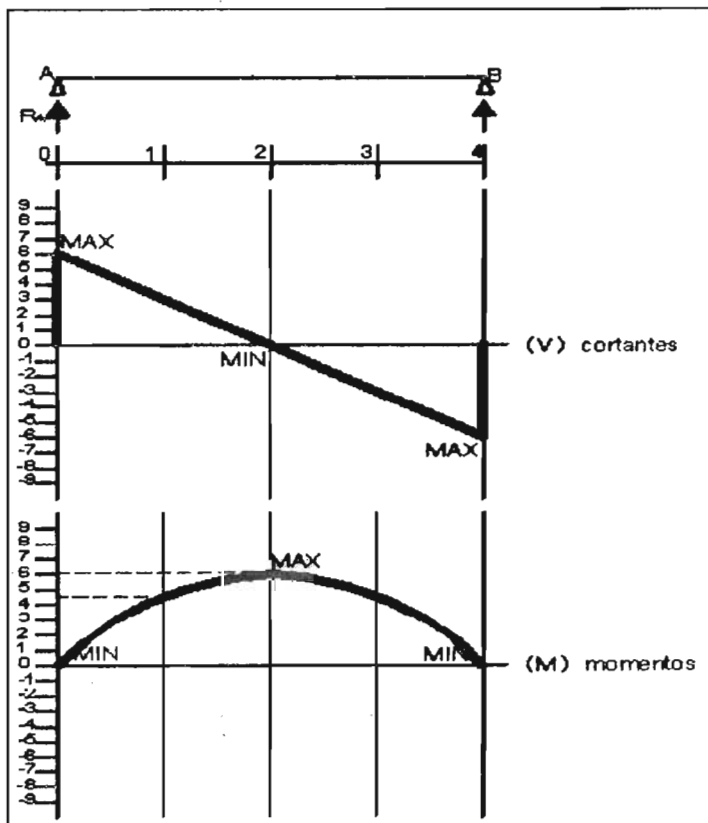
$$R_A(4) + (-3)(4)\left(\frac{4}{2}\right) = 0$$

$$\underline{R_A = 6 \text{ Ton}}$$

Ahora realizaremos nuestros diagramas de momentos y cortantes:



CARGA PUNTUAL		
X	CORTANTES	V
0	1	1
1	1	1
2	1	1
2	(1) - (2)	-1
3	(1) - (2)	-1
4	(1) - (2)	-1
X	MOMENTOS	M
0	1(0)	0
1	1(1)	1
2	1(2) - (2)(0)	2
3	1(3) - (2)(1)	1
4	1(4) - (2)(2)	0



CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA		
X	CORTANTES	V
0	6	6
1	6 - 3(1)	3
2	6 - 3(2)	0
3	6 - 3(3)	-3
4	6 - 3(4)	-6
X	MOMENTOS	M
0	6(0)	0
1	6(1) - 3(1)(1/2)	4.5
2	6(2) - 3(2)(1)	6
3	6(3) - 3(3)(3/2)	4.5
4	6(4) - 3(4)(4/2)	0

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

Efectuaremos la suma de los momentos y cortantes obtenidos

CARGA PUNTUAL		
X	MOMENTOS	M
0	1(0)	0
1	1(1)	1
2	1(2) - (2)(0)	2
3	1(3) - (2)(1)	1
4	1(4) - (2)(2)	0

+

CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA		
X	MOMENTOS	M
0	6(0)	0
1	6(1) - 3(1)(1/2)	4.5
2	6(2) - 3(2)(1)	6
3	6(3) - 3(3)(3/2)	4.5
4	6(4) - 3(4)(4/2)	0

=

X	M
0	0
1	5.5
2	8
3	5.5
4	0

CARGA PUNTUAL		
X	CORTANTES	V
0	1	1
1	1	1
2	1	1
2	(1) - (2)	-1
3	(1) - (2)	-1
4	(1) - (2)	-1

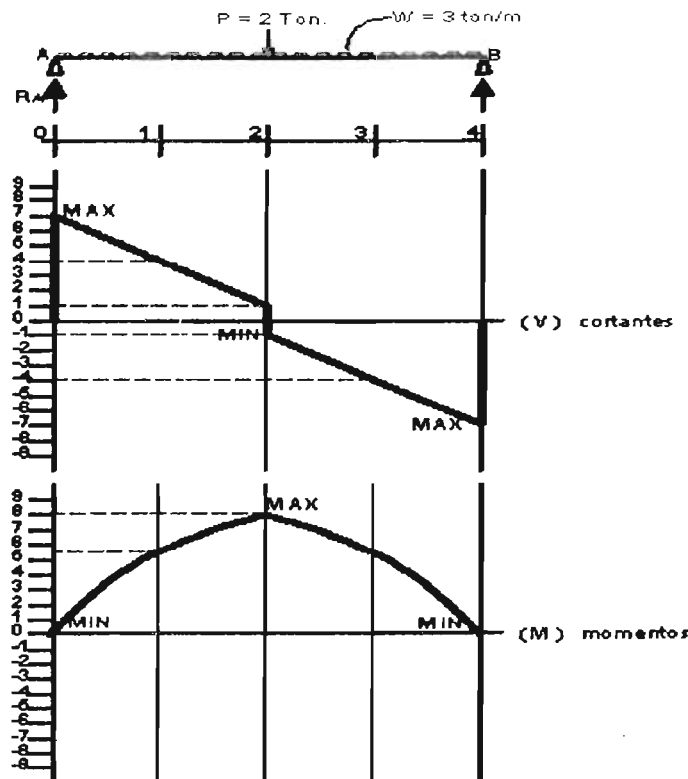
+

CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA		
X	CORTANTES	V
0	6	6
1	6 - 3(1)	3
2	6 - 3(2)	0
3	6 - 3(3)	-3
4	6 - 3(4)	-6

=

X	V
0	7
1	4
2	1
2	-1
3	-4
4	-7

A continuación se trazan los diagramas de cortantes y momentos con estos nuevos valores.



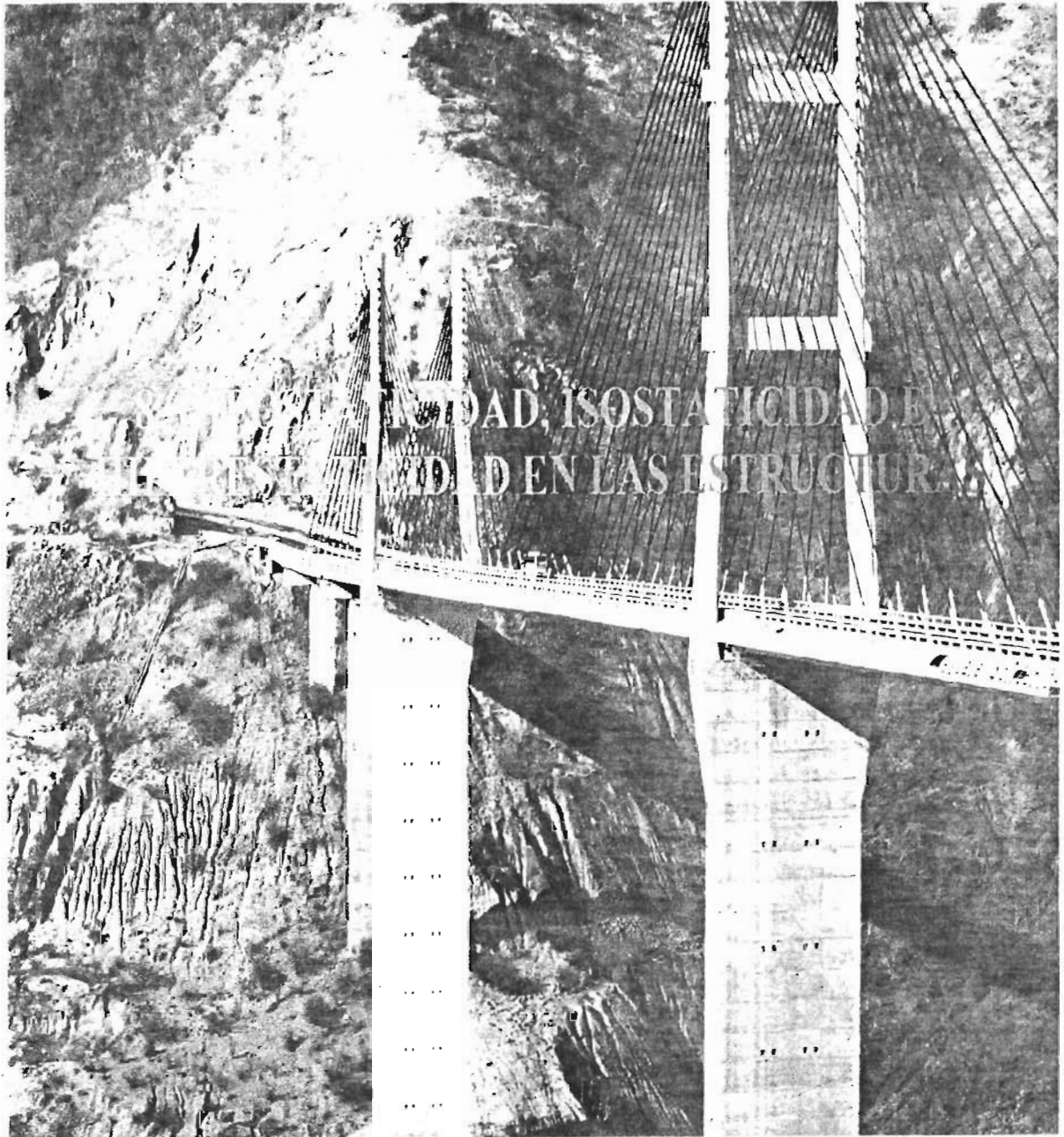
Se puede observar claramente que los resultados obtenidos de los cortantes y momentos, del cálculo con todas las fuerzas y separando las fuerzas, son los mismos (sombreados).

Con lo antes visto podemos deducir que:

Una de las principales razones por las cuales requerimos que se presente el comportamiento lineal en las estructuras, es para poder utilizar el Principio de Superposición.

Este principio quiere decir que los momentos y cortantes se pueden obtener por medio de la separación de fuerzas, seguidamente de la adición de los resultados de cada una para obtener un resultado final.

La superposición se aplica igualmente para fuerzas, cargas, tensiones, momentos y cortantes, de los resultados de cada una para obtener un resultado final.



8. HIPOSTATICIDAD, ISOSTATICIDAD E HIPERESTATICIDAD EN LAS ESTRUCTURAS

ISOSTATICIDAD

Cuando en una estructura se cuenta con un **número igual de incógnitas que las ecuaciones** estáticas de que se dispone, decimos que la estructura es **isostática** y podrá resolverse haciendo uso únicamente de las ecuaciones de equilibrio de estática

$$I = E$$

HIPERESTATICIDAD

Cuando una estructura tiene un **número mayor de incógnitas que de ecuaciones** estáticas, decimos que la estructura es **hiperestática** y no podrá resolverse, si no se cuenta con conocimientos de resistencia de materiales que permitan fijar una geometría de las deformación, es decir:

$$I > E$$

En este caso, a la diferencia $I - E$ se le conoce como grado de hiperestaticidad.

HIPOSTATICIDAD

Cuando para una estructura se cuenta con un **número menor de incógnitas que de ecuaciones** de la estática, decimos que la estructura es **hipostática** y no tiene solución. Son mecanismos, es decir, presentan inestabilidad.

Tenemos que

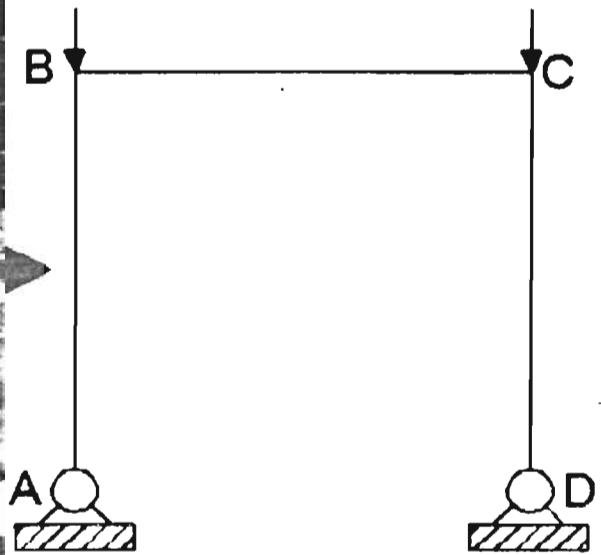
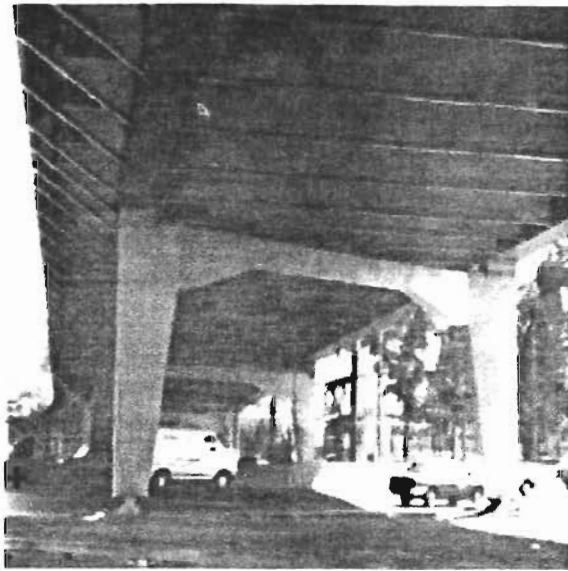
$$I < E$$

en este caso a la diferencia $E - I$ se le conoce como grado de hipostaticidad.

Para determinar el número de ecuaciones de un sistema estructural debemos considerar que existen tres ecuaciones de equilibrio estático y una por cada articulación.

Para determinar el número de incógnitas o reacciones se deberá tomar en cuenta el número y tipo de apoyos.

Enseguida presentaremos un ejemplo de cada estructura.



Obtención del número de ecuaciones:

Se tienen tres ecuaciones de equilibrio estático

∴ 3 ECUACIONES

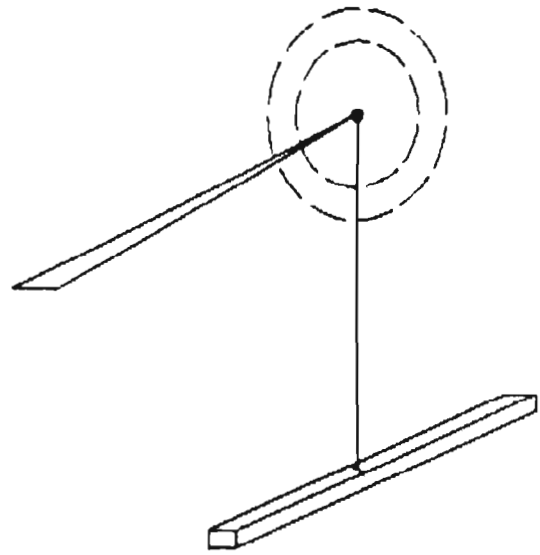
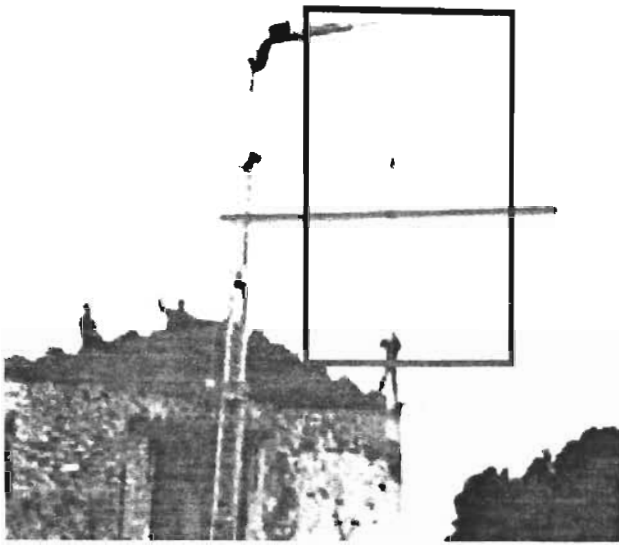
Obtención del número de incógnitas:

Tiene dos apoyos articulados
(dos reacciones de cada uno)

∴ 4 INCÓGNITAS

**TENEMOS MAYOR NÚMERO DE ECUACIONES QUE
INCÓGNITAS;**

$I > E =$ ESTRUCTURA HIPERESTÁTICA



Obtención del número de ecuaciones:

Se tienen tres ecuaciones de equilibrio estático

∴ 3 ECUACIONES

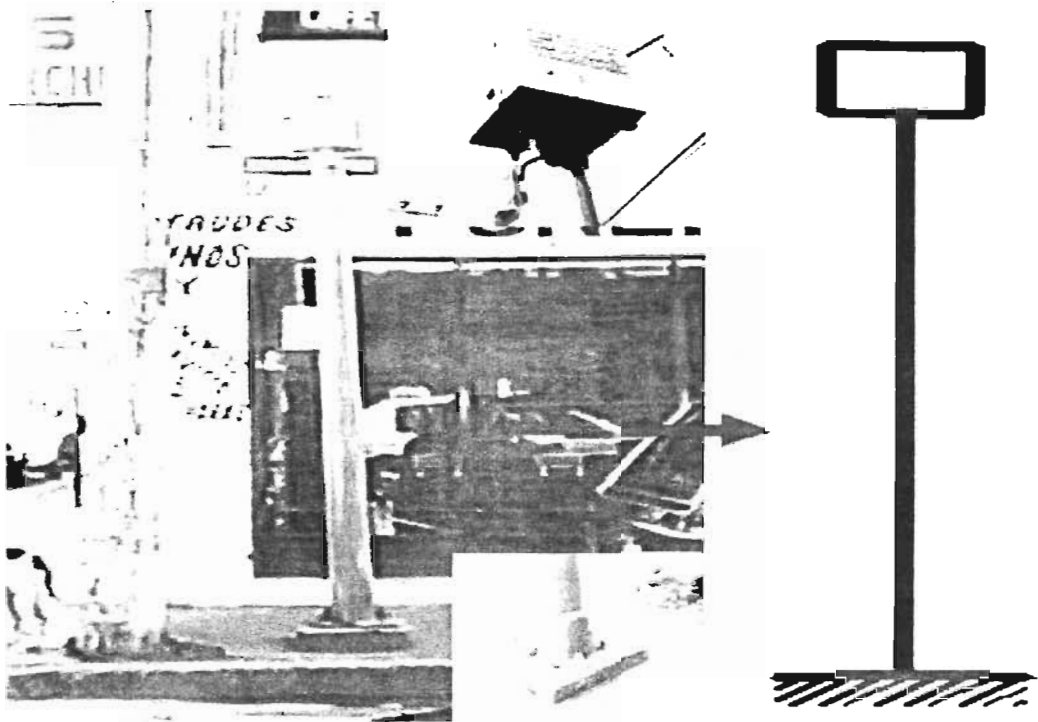
Obtención del número de incógnitas:

Ya que solo se tiene una reacción
(reacción por el peso de la viga)

∴ 1 INCÓGNITA

**TENEMOS MAYOR NÚMERO DE ECUACIONES QUE
INCÓGNITAS;**

$I < E =$ ESTRUCTURA HIPOSTÁTICA



Obtención del número de ecuaciones:

Se tienen tres ecuaciones de equilibrio estático

$\therefore 3$ ECUACIONES

Obtención del número de incógnitas:

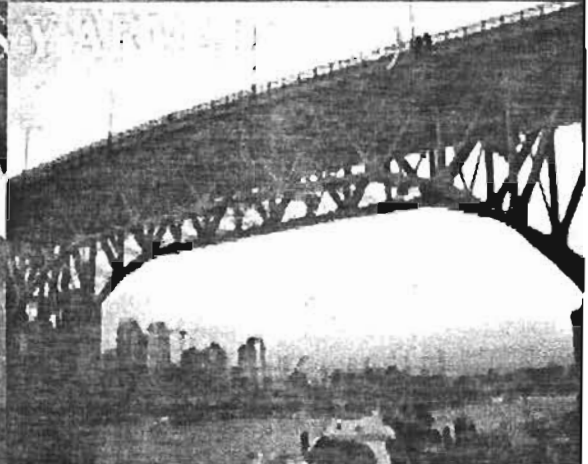
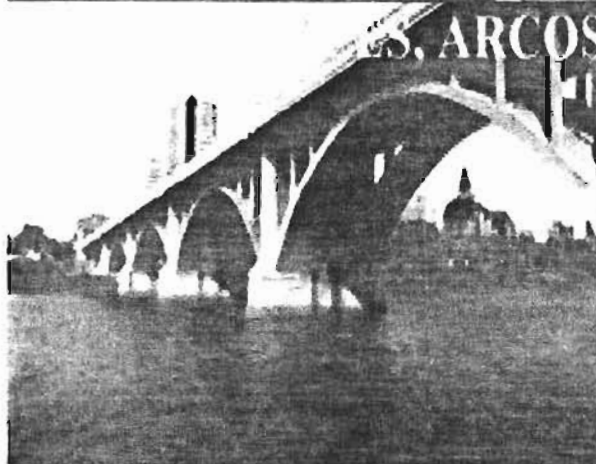
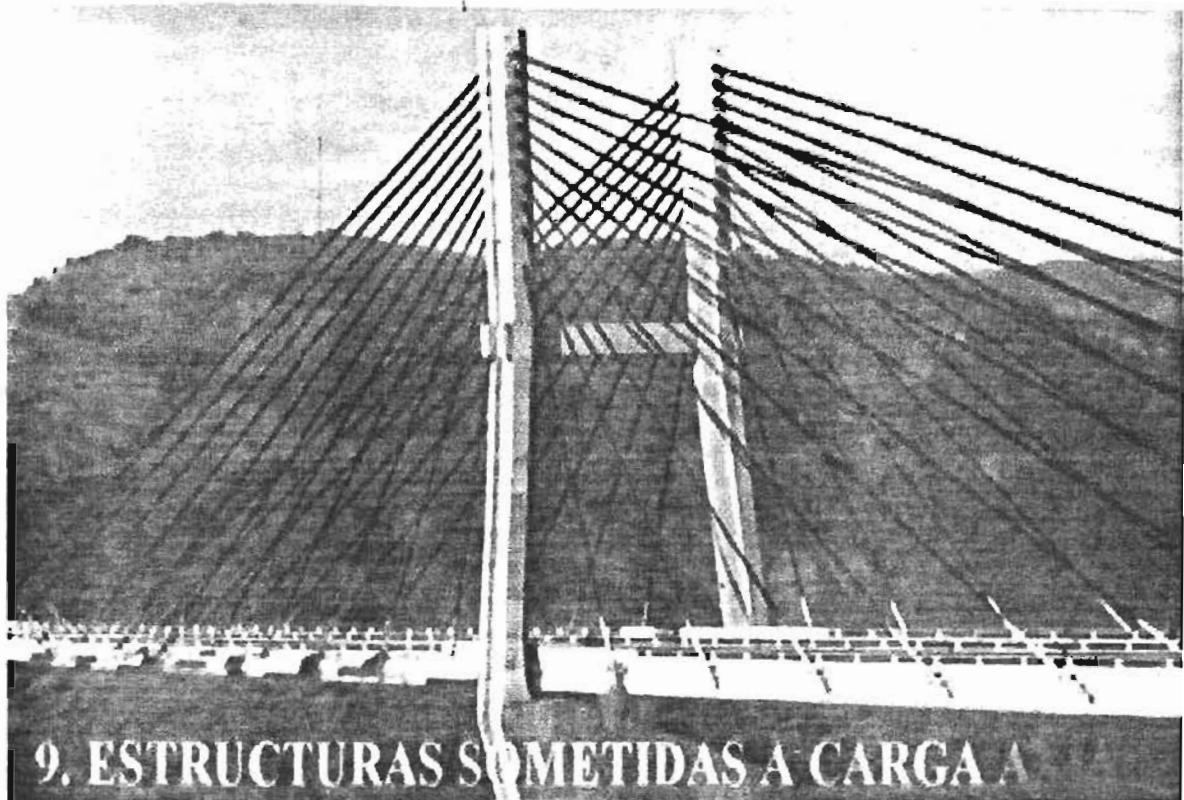
El apoyo es un empotramiento
(tres reacciones)

$\therefore 3$ INCÓGNITAS

Finalmente tenemos

IGUAL NUMERO DE ECUACIONES Y DE INCÓGNITAS;

$I = E \therefore$ ESTRUCTURA ISOSTÁTICA



9. ESTRUCTURAS SOMETIDAS A CARGA AXIAL (CABLES, ARCOS Y ARMADURAS)

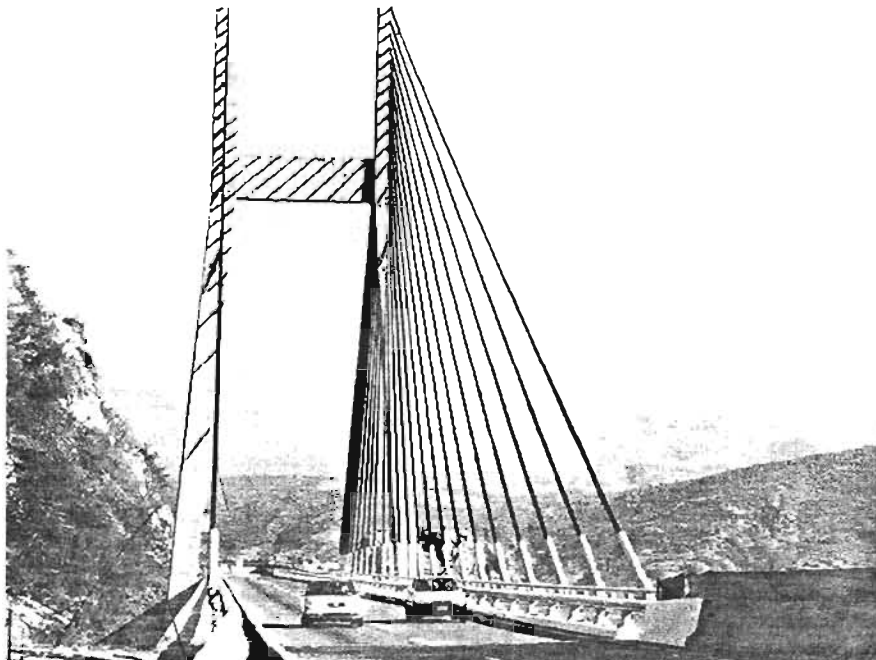
CABLES

Definición de cable

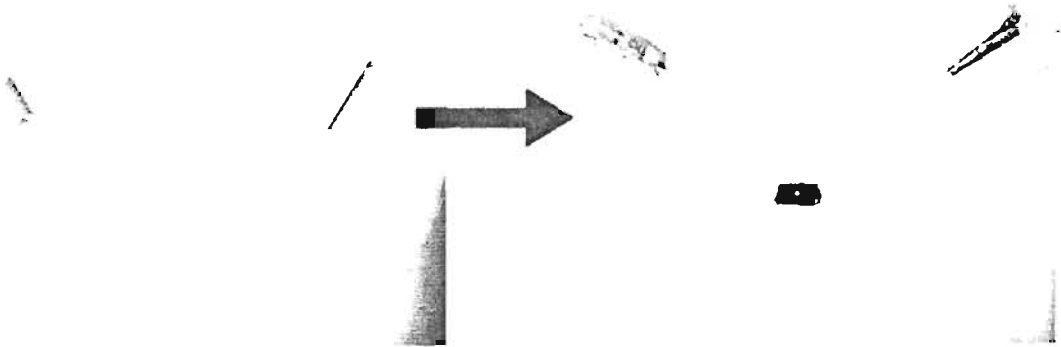
Es una estructura flexible que sólo soporta fuerzas de tensión.

La elevada resistencia a la tracción del acero, combinada con la eficiencia de la tracción simple, hace del cable de acero el elemento ideal en las estructuras para cubrir grandes distancias.

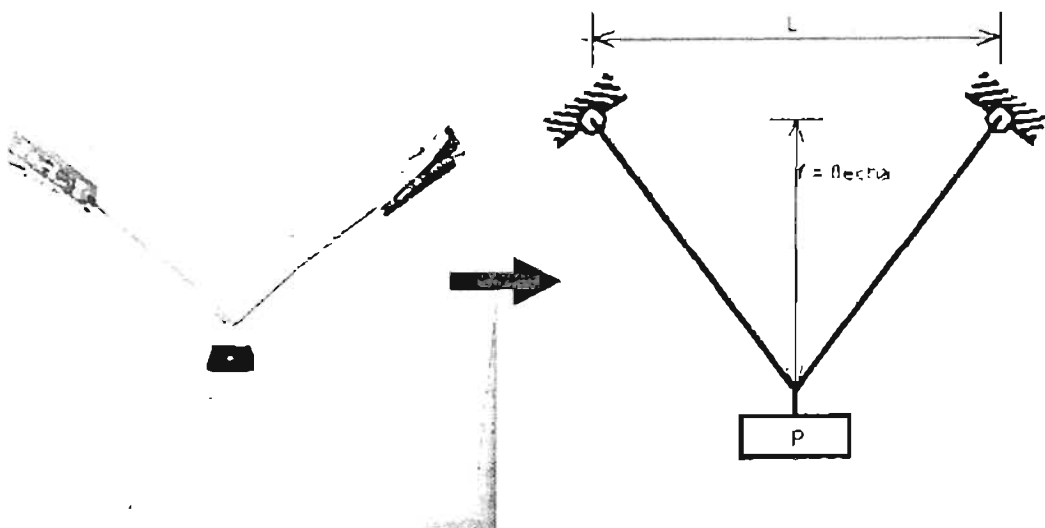
Para salvar un claro sobre un río se utilizan los puentes; existen diferentes alternativas para diseñarlos, pero una de ellas es proyectar un puente colgante. Para ello se requiere el conocimiento de los cables. Los cables se usan también para sostener techumbres o en la construcción de líneas de conducción eléctrica.



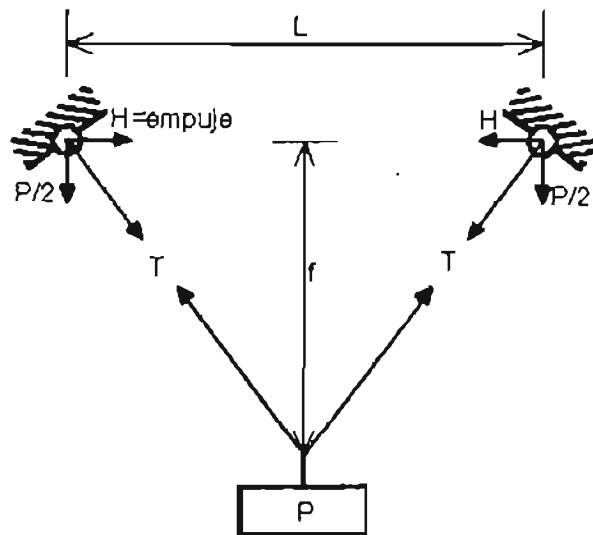
Para comprender el mecanismo por medio del cual un cable sostiene cargas verticales, debemos considerar primero un cable estirado entre dos puntos fijos, con una sola carga aplicada en su punto medio. Bajo la acción de la carga, el cable adopta una forma simétrica, triangular y a cada apoyo llega la mitad de la carga, por tracción simple a lo largo de ambas mitades del cable.



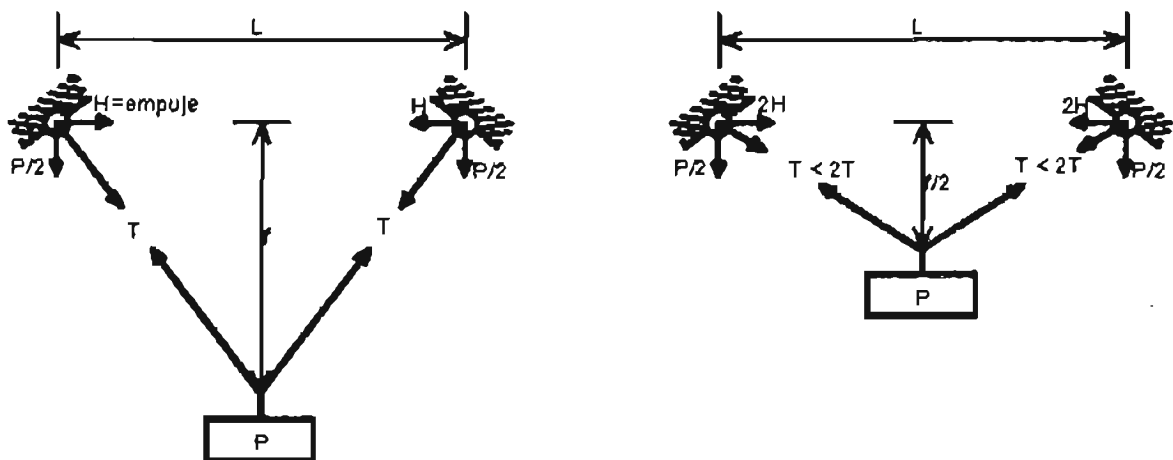
La forma triangular adoptada por el cable se caracteriza por la flecha, distancia vertical entre los soportes y el punto más bajo del cable. Sin flecha, el cable no podría sostener la carga, pues las fuerzas de tracción serían horizontales y ninguna fuerza horizontal puede equilibrar cargas verticales.



En los apoyos, el tiro oblicuo del cable puede descomponerse en dos: una fuerza vertical igual a la mitad de la carga y otra horizontal dirigida hacia el otro soporte, o empuje.

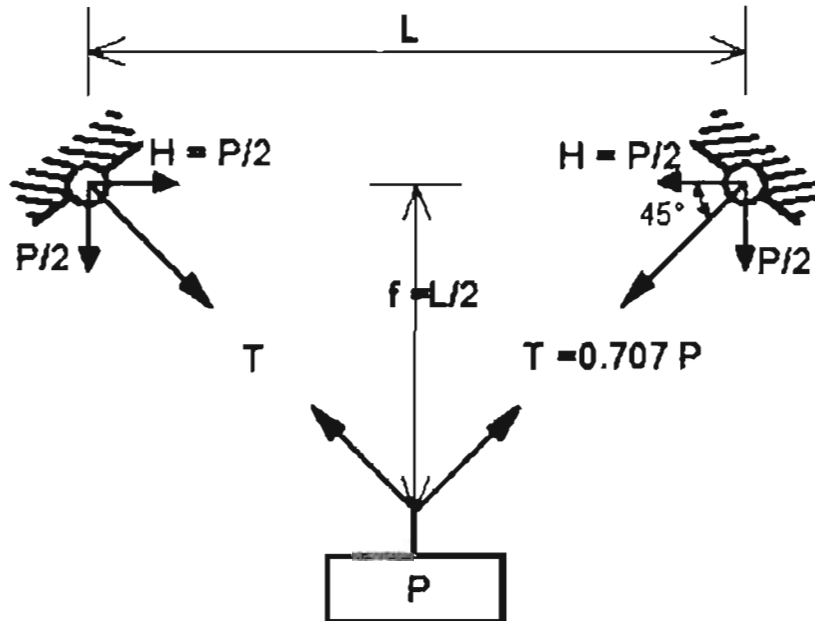


Si los apoyos no estuvieran fijos y asegurados contra desplazamientos horizontales, se moverían por acción del empuje y las dos mitades del cable se colocarían en posición vertical.

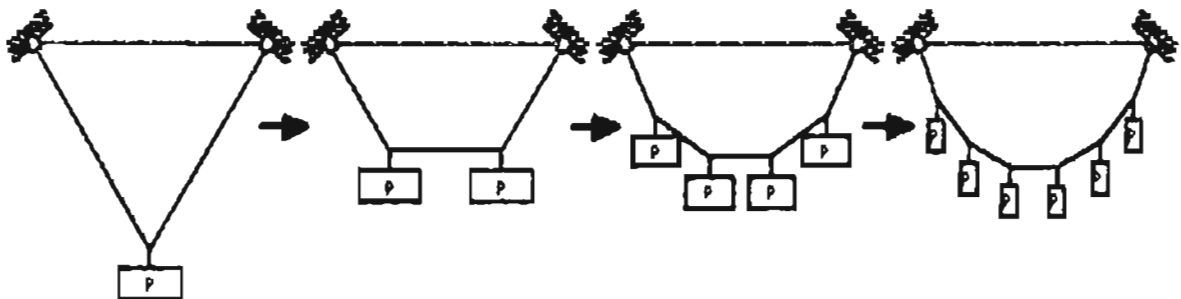


En el cable las tensiones de tracción son inversamente proporcionales a la flecha: si ésta disminuye a la mitad, la tensión del cable se duplica y, en consecuencia, se duplica el empuje transversal en los soportes.

La "flecha más económica" o "flecha óptima" para una distancia horizontal dada entre soportes, es igual la mitad de esa distancia y corresponde a una configuración simétrica, con un ángulo de 45 grados en el punto de aplicación de la carga y empuje igual a la mitad de ésta.

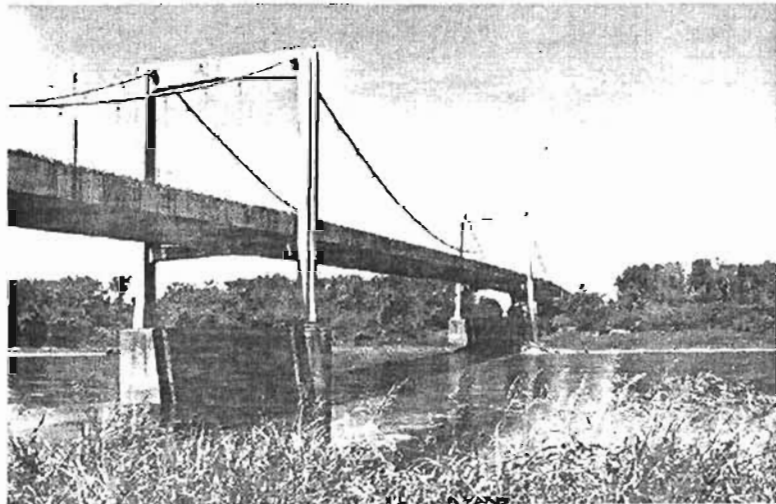


A medida que aumenta el número de cargas la forma triangular toma una nueva configuración:



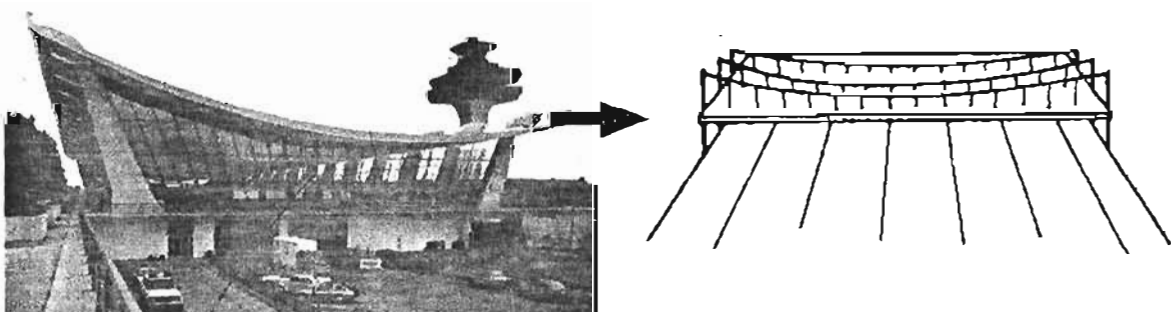
El cable adopta una forma llamada polígono funicular (del vocablo latino *funis*: cuerda, y el griego *gonia*: ángulo); es la forma natural necesaria para soportar cargas por tracción.

Y dicho polígono toma un número creciente de lados más pequeños y se aproxima a una curva uniforme llamada "curva funicular". Así por ejemplo, el polígono funicular correspondiente a un gran número de cargas iguales separadas horizontalmente a distancias iguales, se aproxima a una conocida curva geométrica, la parábola. La flecha óptima para un cable parabólico es igual a una tercera parte de su luz.

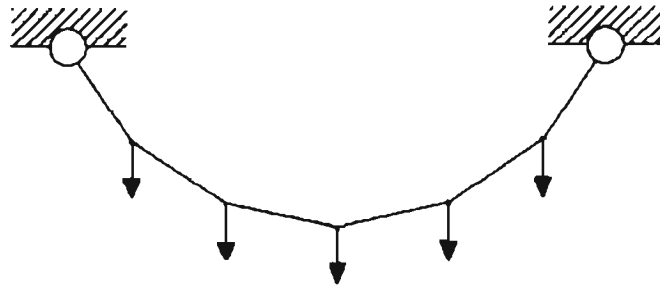


Los cables se clasifican, de acuerdo con las solicitaciones que soportan, de la siguiente manera:

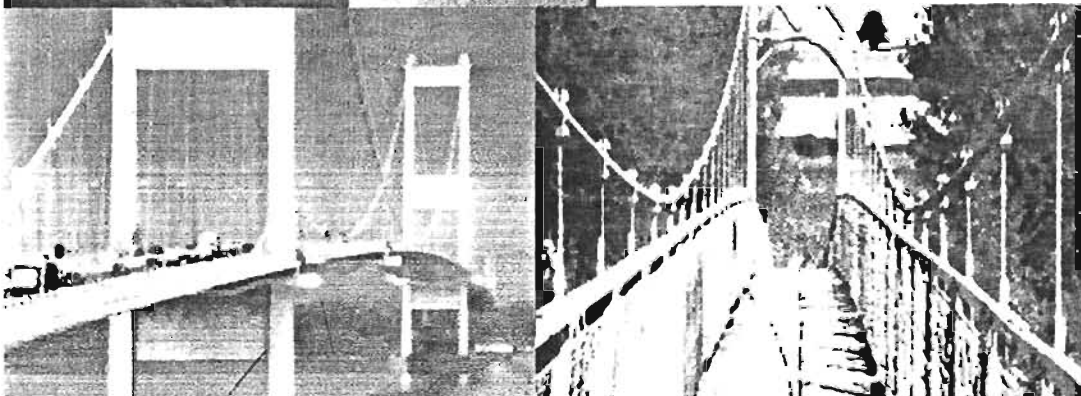
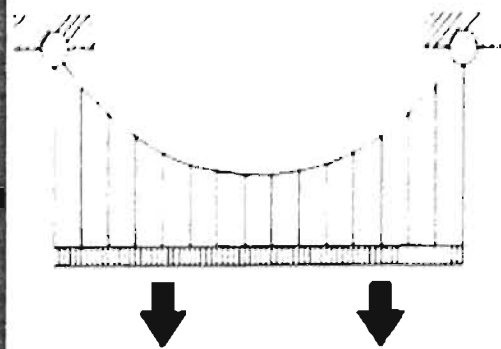
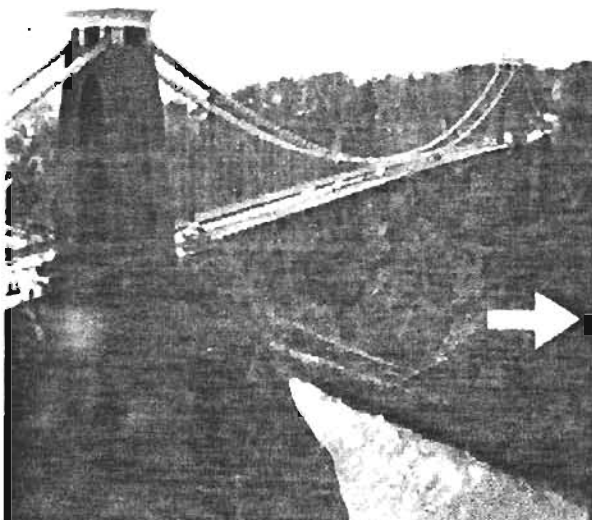
Cables de elementos rectilíneos: este tipo de cables mantiene cargas verticales concentradas en puntos llamados nodos, y por ello la conformación geométrica del mismo es de tipo recto o poligonal.



Este tipo de cables se utiliza comúnmente para colocar techumbres que abarquen claros grandes, sin tener columnas intermedias, se recurre a cables de tal forma que soporten cargas concentradas.

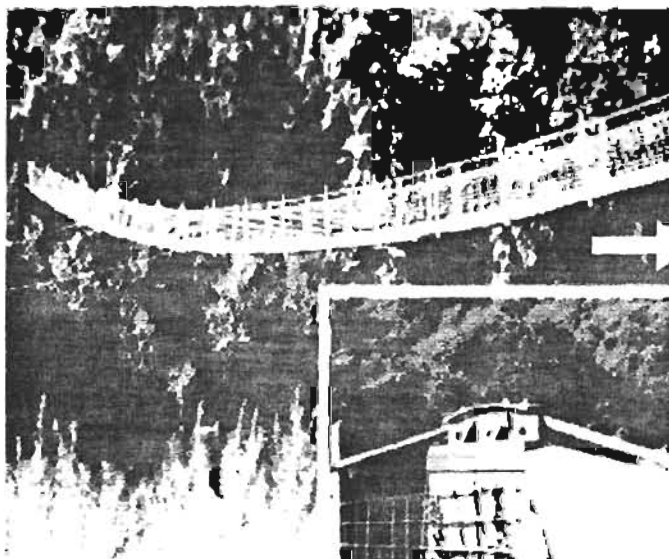


Cables parabólicos: Es un cable que soporta carga uniformemente distribuida en forma horizontal, por lo que su geometría es la de una parábola.

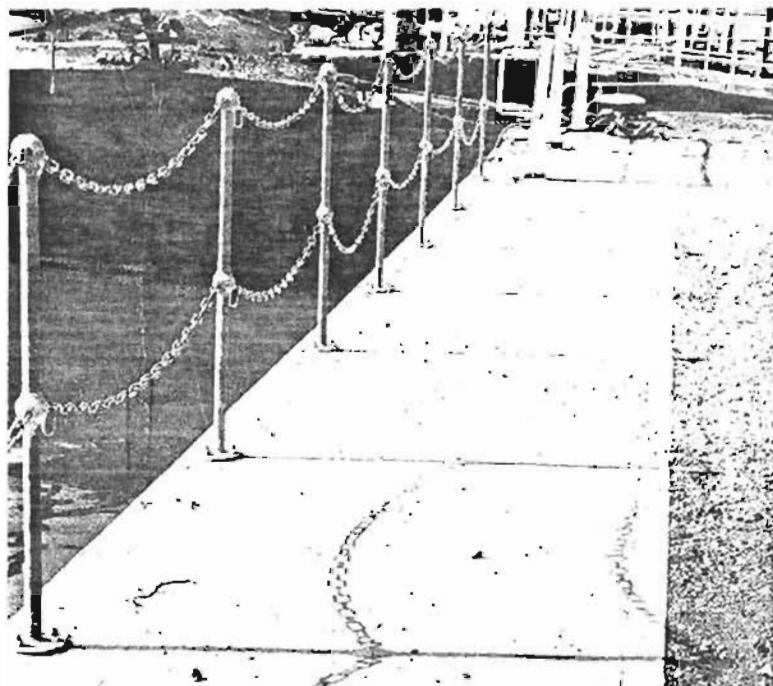


PUENTES COLGANTES

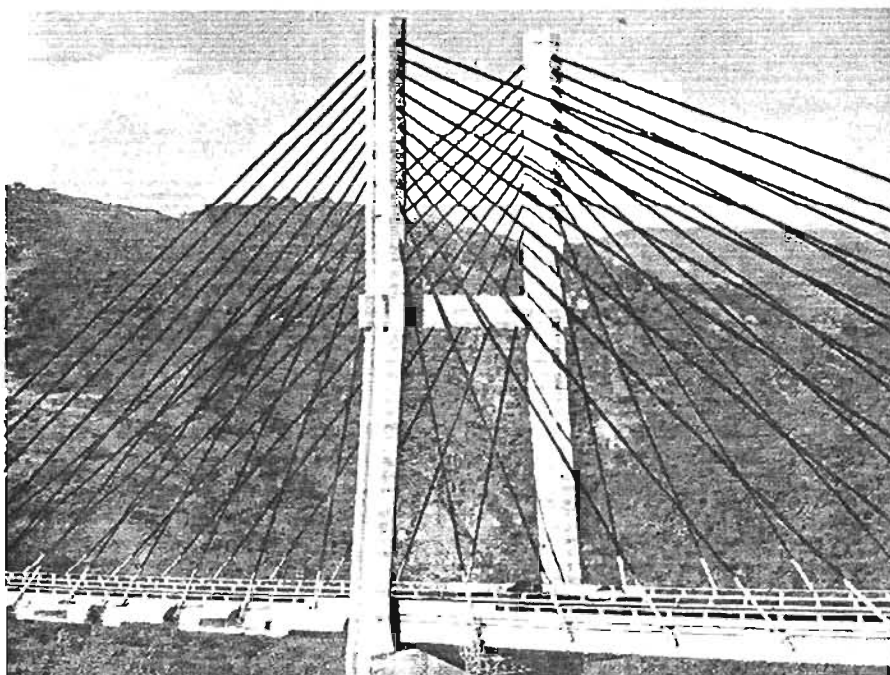
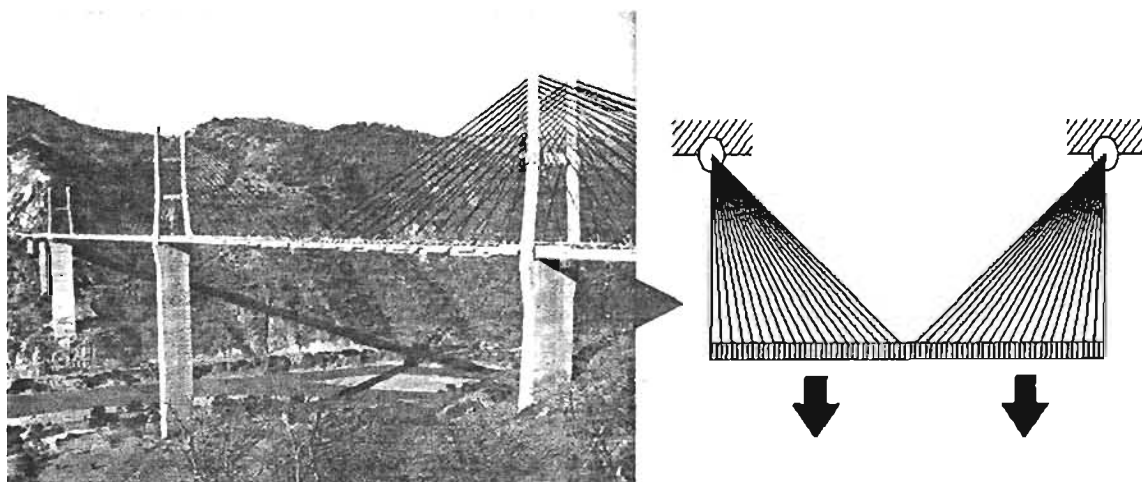
Cables catenarios: el cable que mantiene su propio peso de manera uniformemente distribuida,



según su eje va adquiriendo una forma tipo cadena, de donde toma su nombre.

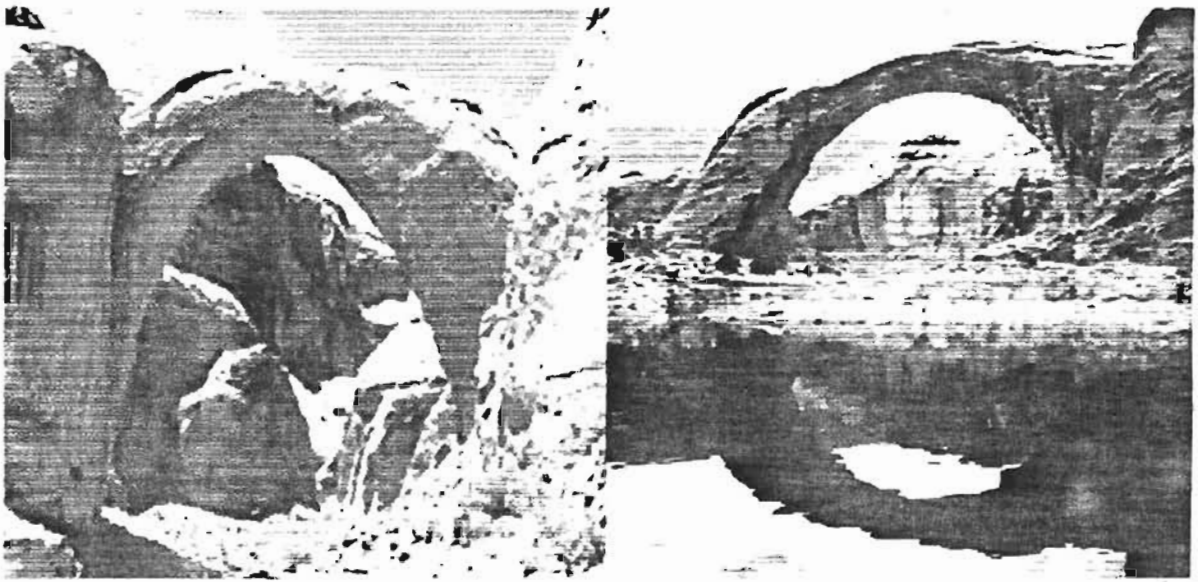


Tirantes: Se utilizan cuando un cable esta sometido a su peso propio y a una carga uniformemente distribuida en dirección horizontal, toman una forma diagonal. Tal es la forma de los cables en el tramo central de un puente en permanencia, sometidos a su propio peso y a la viga de reticulado sobre la cual se construye el camino. Este tipo de estructura se utiliza en lugares donde se deben cubrir grandes distancias, usando una o varias torres que sostienen los cables.



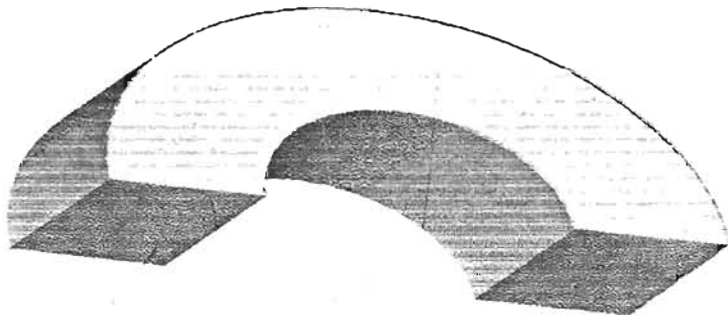
ARCOS

Este tipo de estructuras han sido creadas por la naturaleza, ya que grandes masas de roca en ocasiones sufren un proceso de erosión y se forman estas maravillosas formas.



Definición de arco

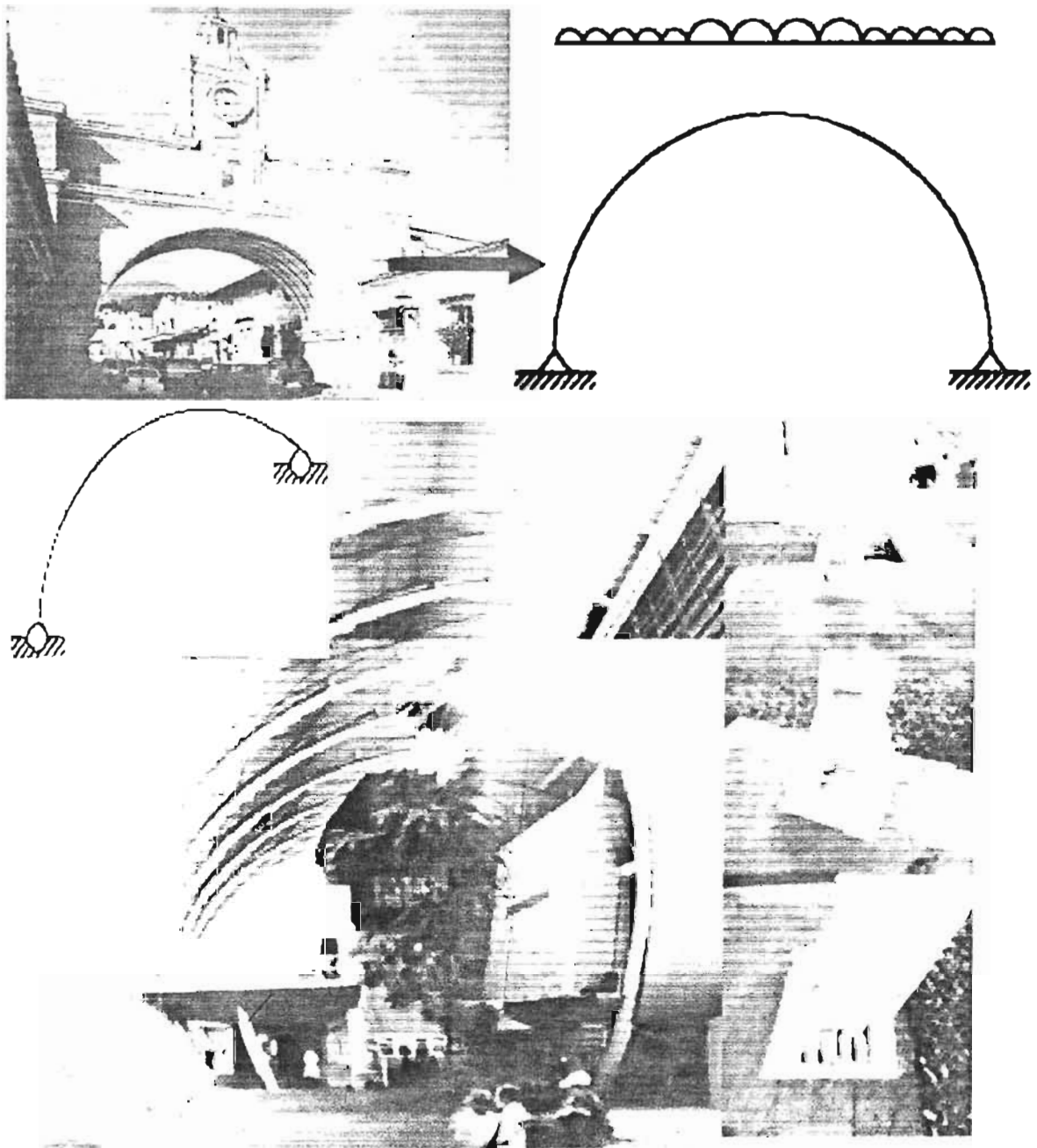
Son barras de eje curvo, las cuales están sometidas a cargas axiales. Y han sido, a través de la historia, las estructuras que mas han contribuido al ornato de las edificaciones.



Tipos de arco

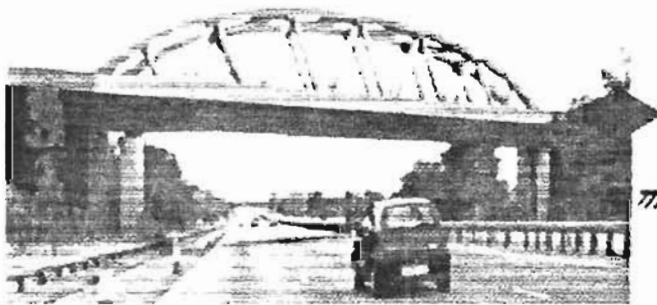
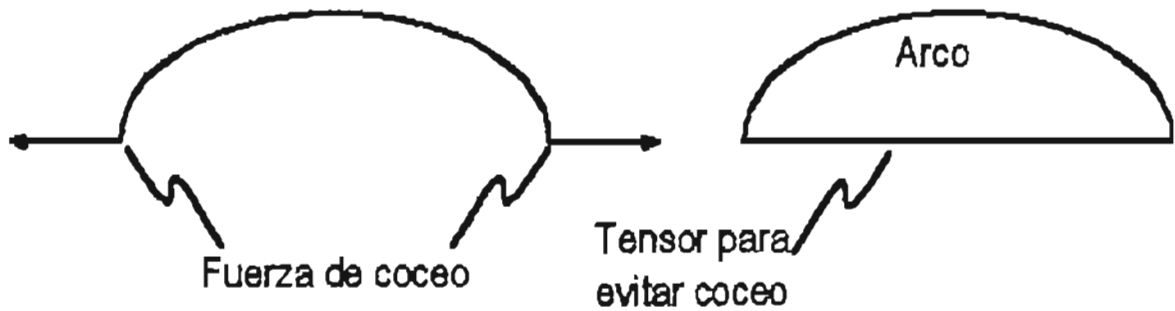
Arco circular

Los romanos construyeron muchos puentes y acueductos donde usaban comúnmente el arco de medio punto (*arco circular*)

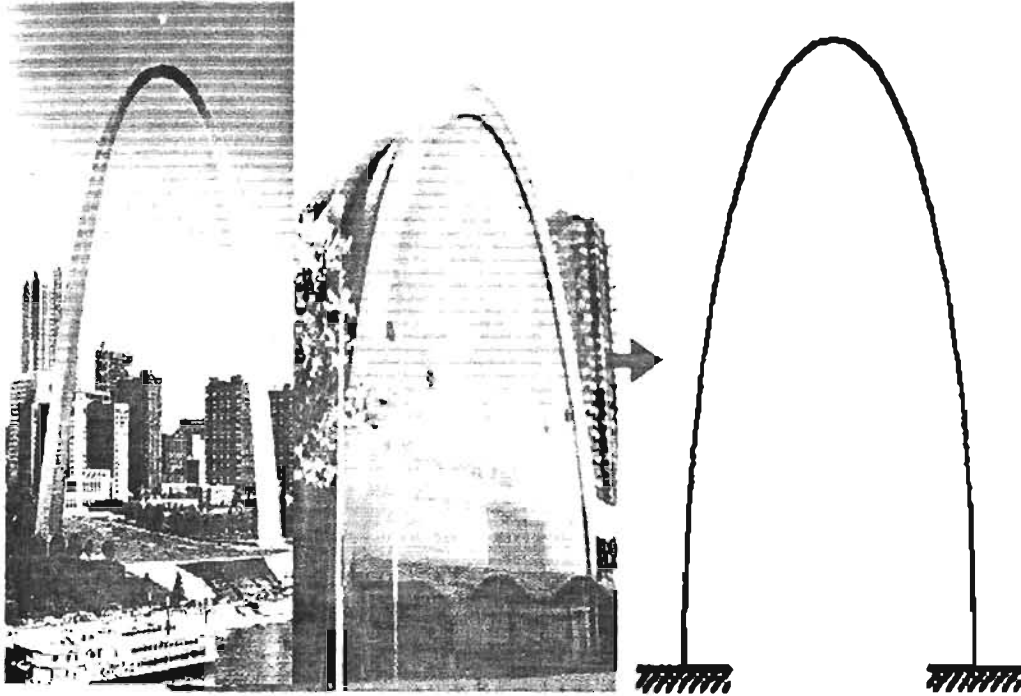


Arcos elípticos

Con este tipo de arco se evita el fenómeno de "coceo" es decir, la tendencia que un arco presenta de abrirse hacia los lados.

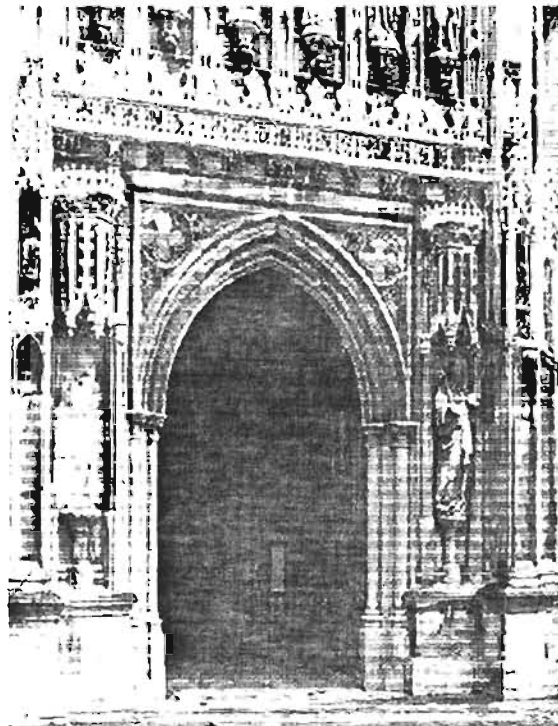


Arco parabólico

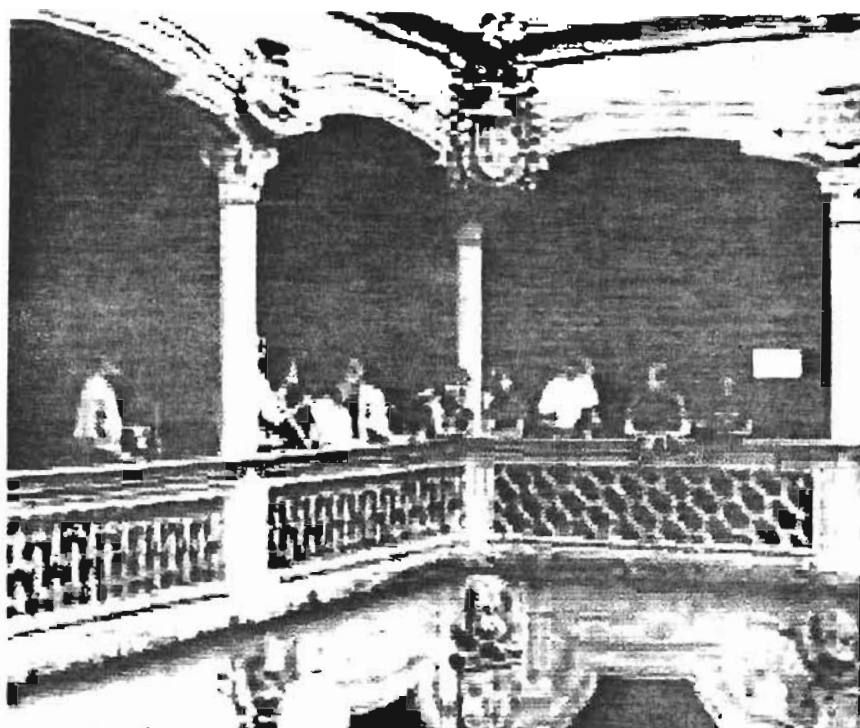


Existen más variaciones de arco, los cuales se utilizan para estilizar o adornar algunas edificaciones.

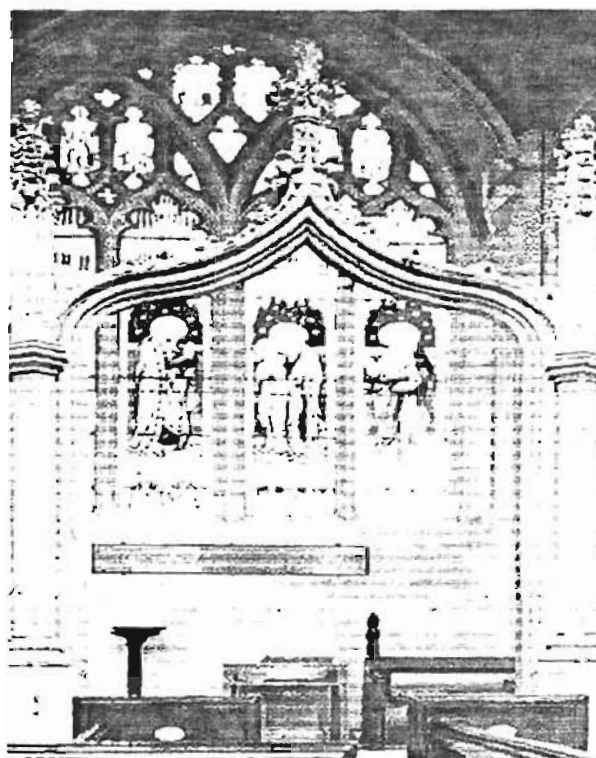
Arco equilátero o gótico



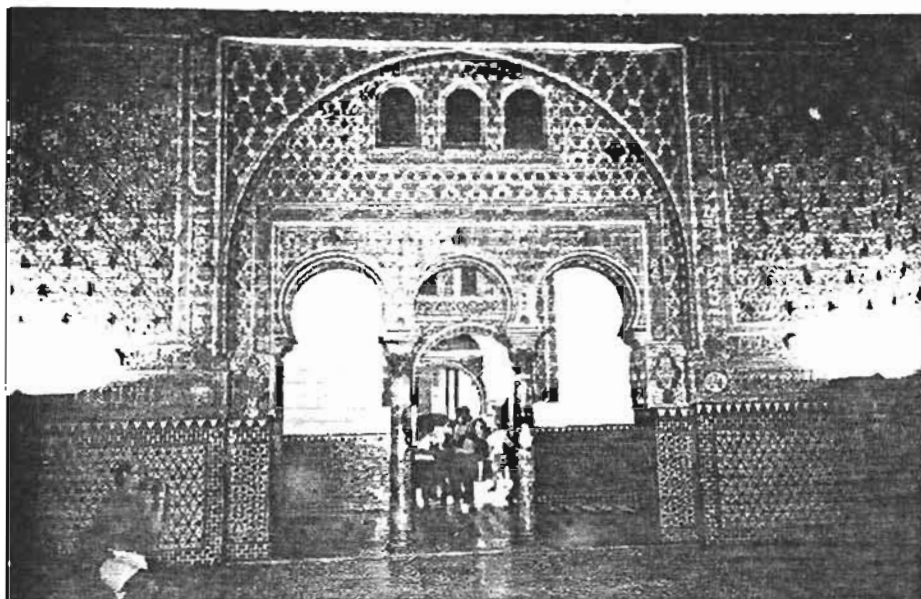
Arco escarzado



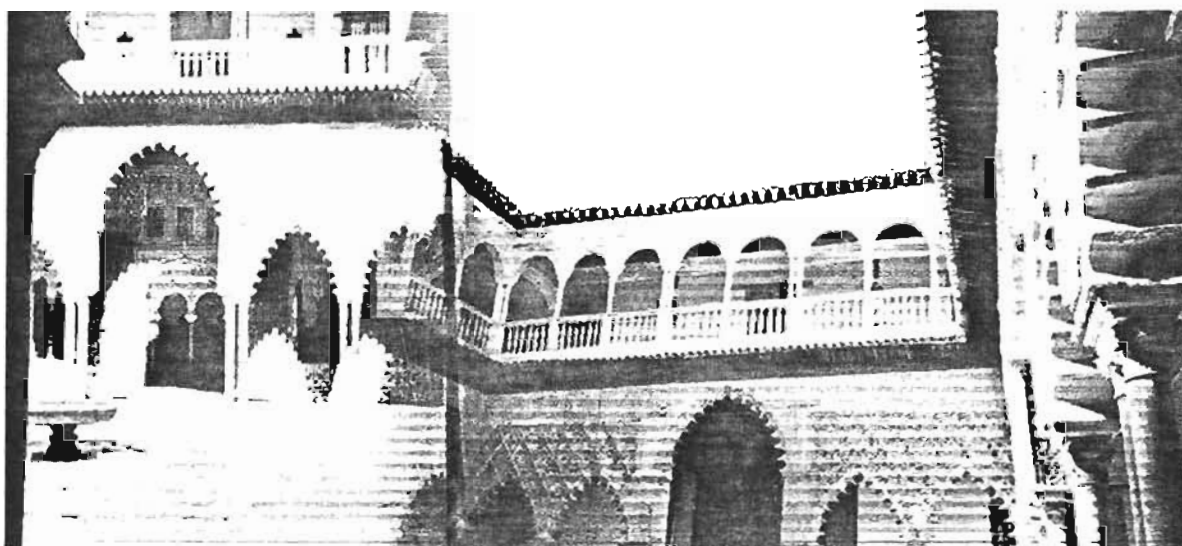
Arco conopial



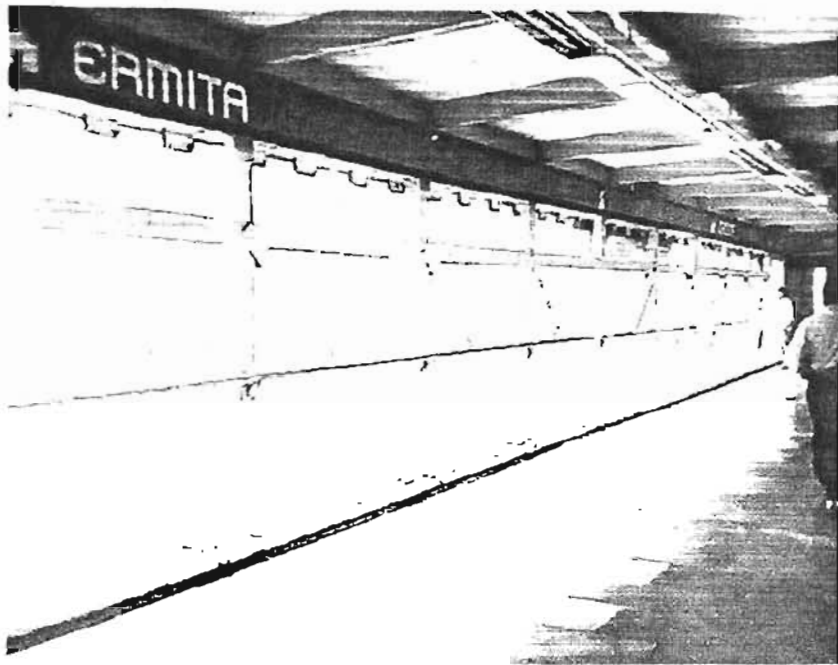
Arco de herradura o árabe



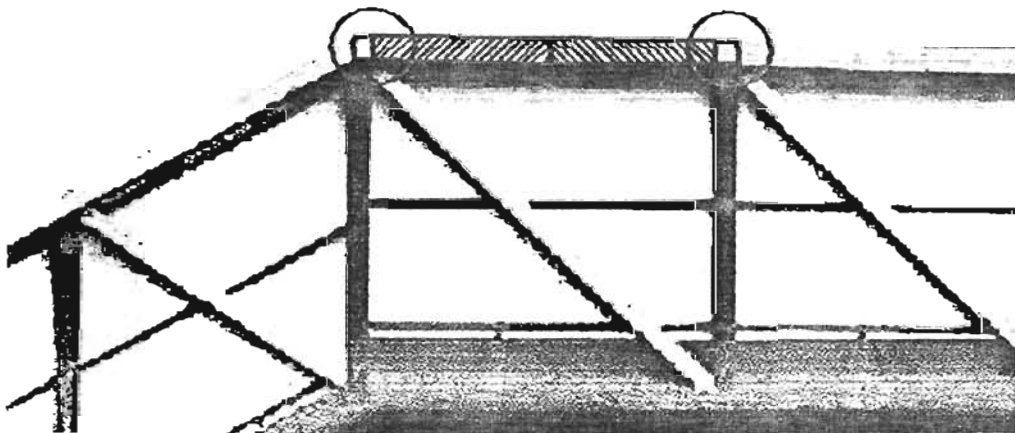
Arco poliobulado



ARMADURAS

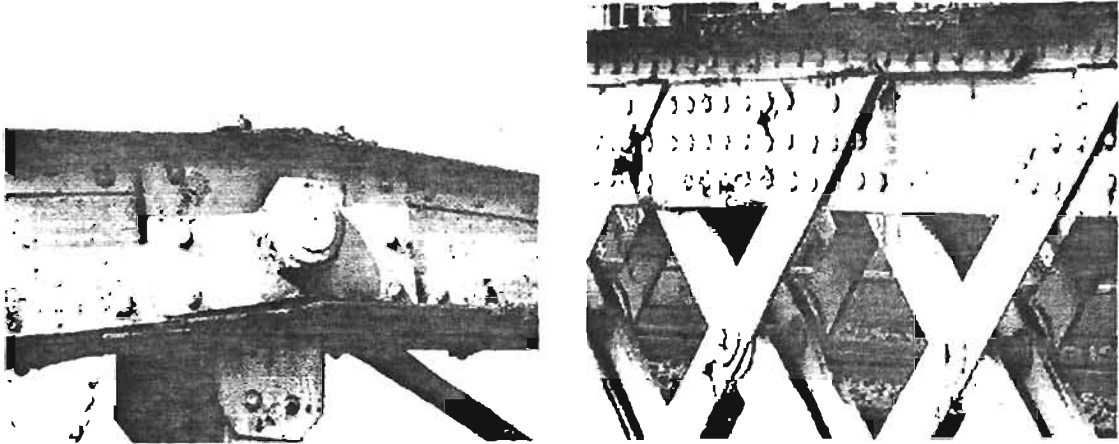


Es una estructura plana constituida por un conjunto de barras articuladas en forma triangulada, cuyo sistema de carga está integrado por fuerzas concentradas que actúan en las articulaciones, llamadas también nodos, y que se ubican en el mismo plano de la armadura. En estas condiciones las barras de una armadura sólo resisten fuerzas axiales.

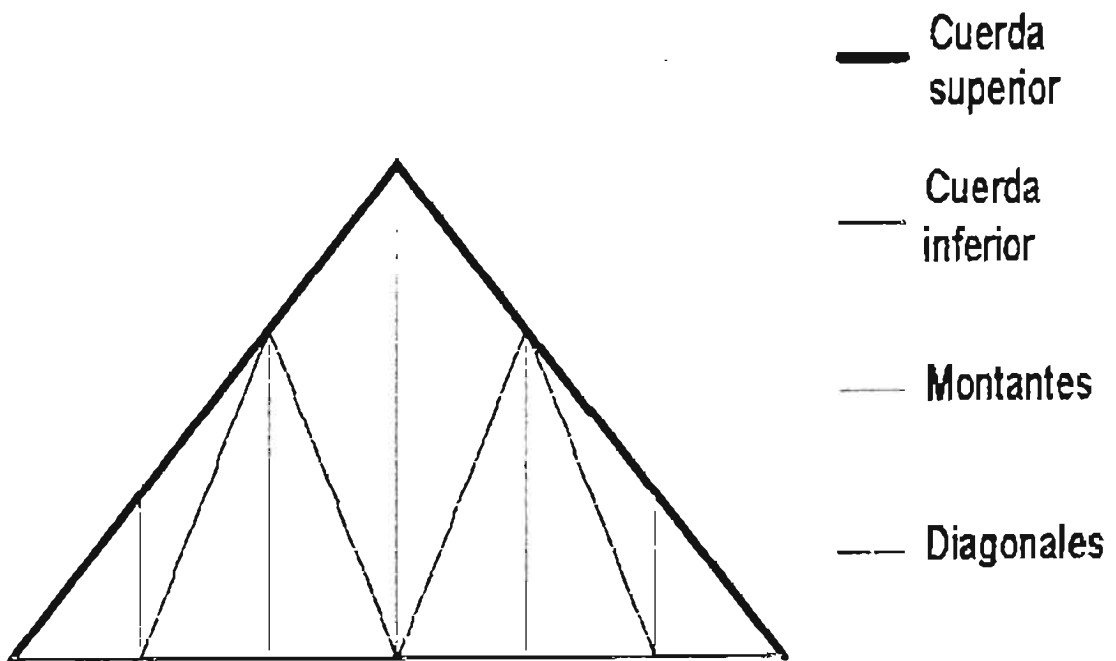


Al suponer que las cargas actúan en los nodos, el peso de cada una de las barras de la armadura debe repartirse, por mitad, en cada uno de sus nodos extremos.

Igualmente, al considerar que las barras están articuladas, la soldadura o los remaches deben ubicarse lo más cercanos al nodo a fin de evitar que se presenten fuerzas internas que provoquen momentos flexionantes.



En una armadura debemos distinguir cuatro tipos de barras como son:

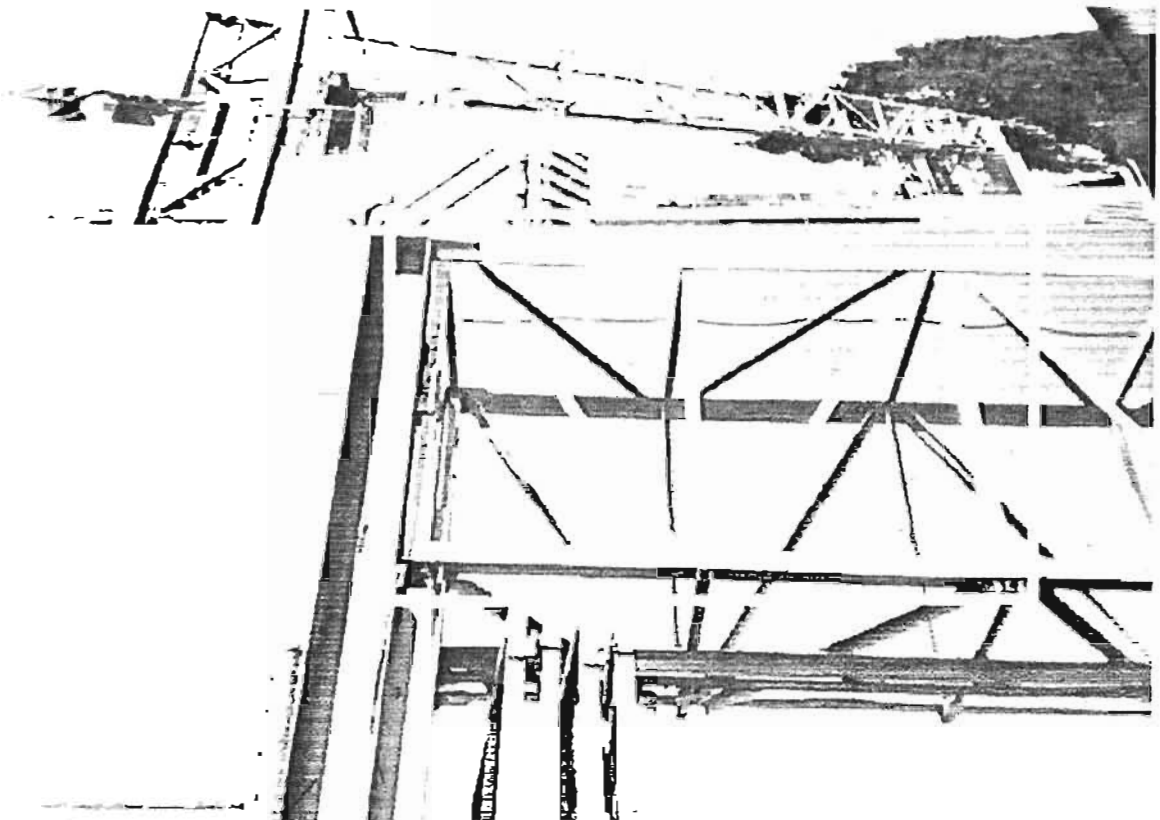


a) **Cuerda superior** : Es el conjunto de barras que conforman la parte más elevada de la estructura. Para solicitaciones de tipo gravitacional, normalmente son piezas que trabajan a compresión.

b) **Cuerda inferior** : Es el conjunto de barras que forman la parte más baja de la estructura. Para solicitaciones gravitacionales generalmente trabajan a tensión.

c) **Montantes**: Denominamos así a las barras verticales de una barra.

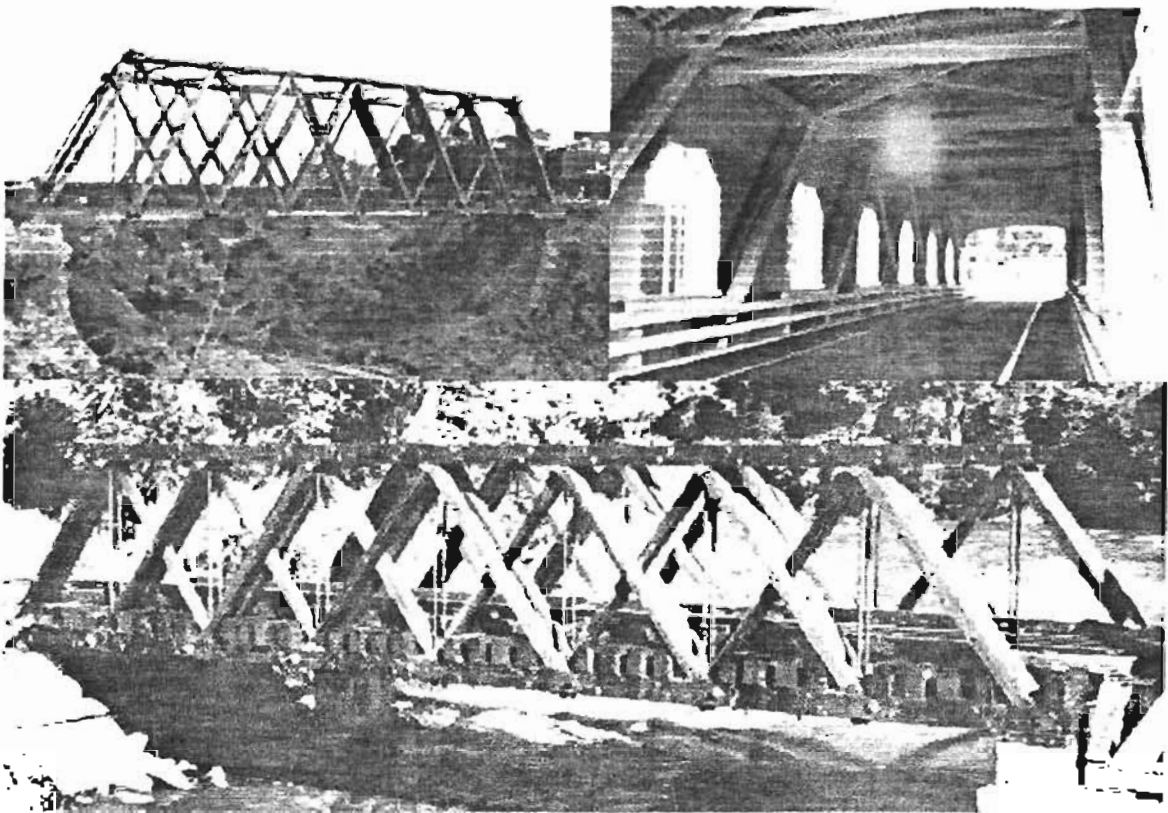
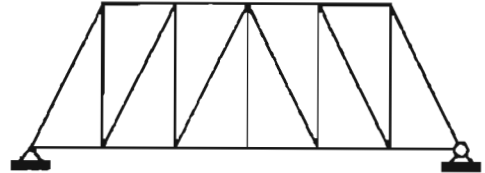
d) **Diagonales** : Son piezas que, como su nombre lo indica, tiene posición inclinada.



Tipos de armadura:

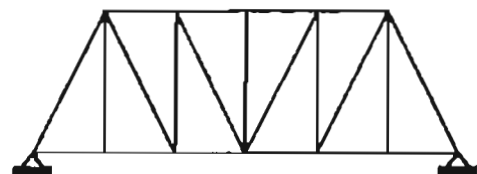
Armaduras Howe

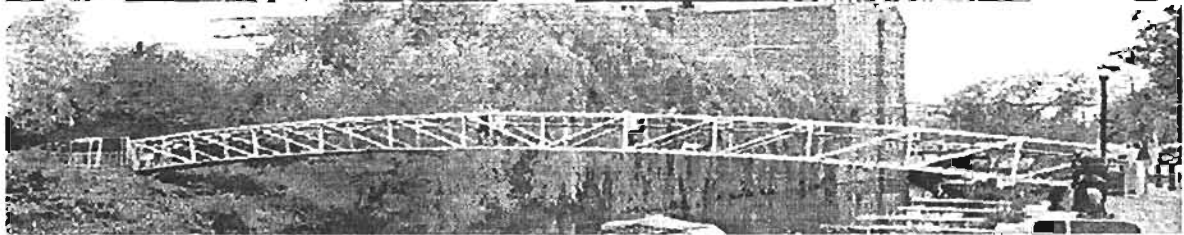
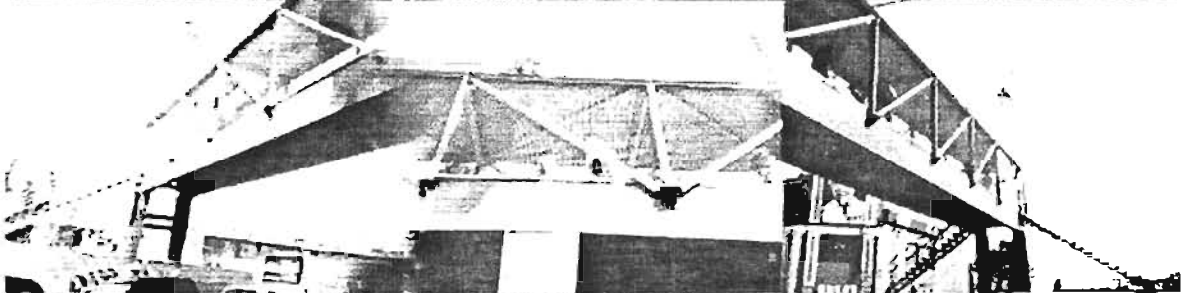
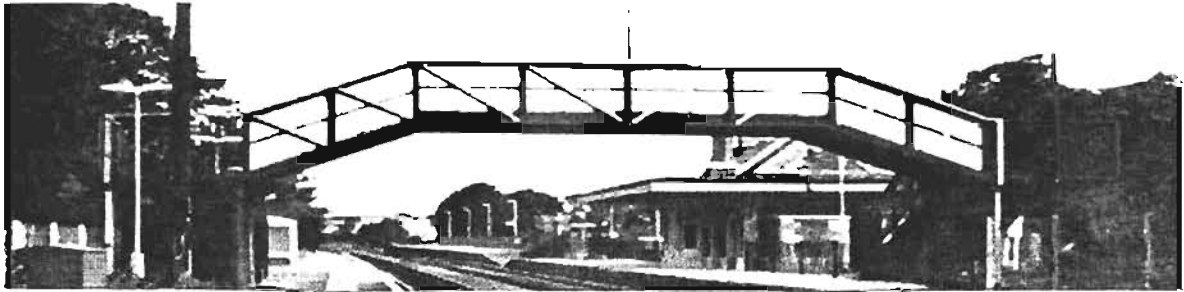
Son aquellas que se caracterizan porque sus diagonales trabajan a compresión y los montantes lo hacen a tensión.



Armaduras Pratt

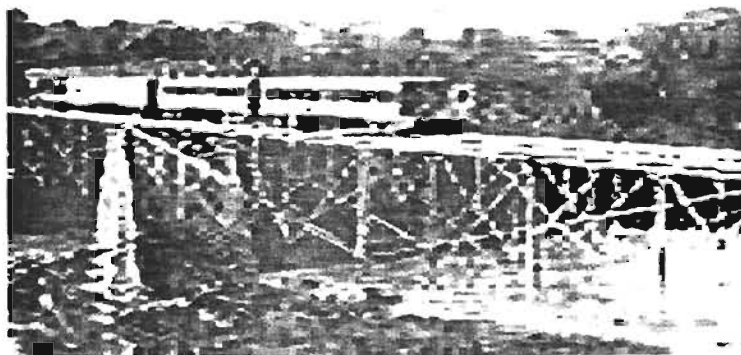
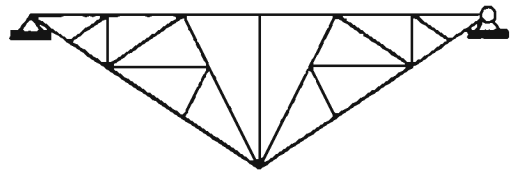
Las armaduras tipo Pratt tienen sus montantes con fuerzas de compresión, mientras que las diagonales trabajan a tensión.





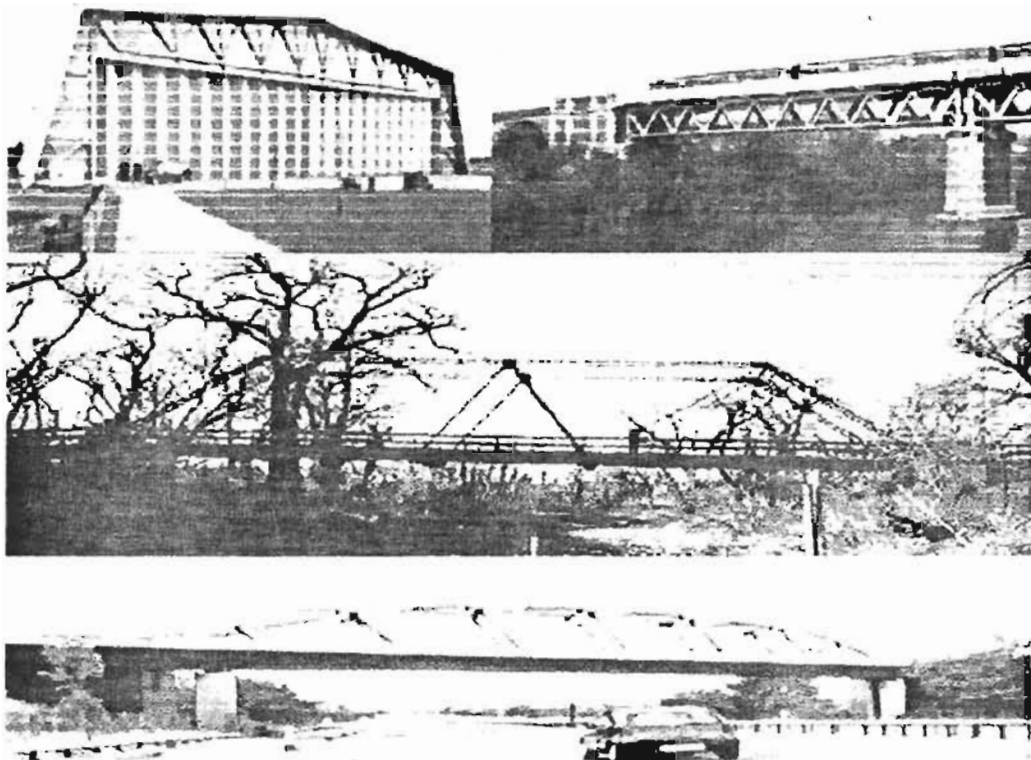
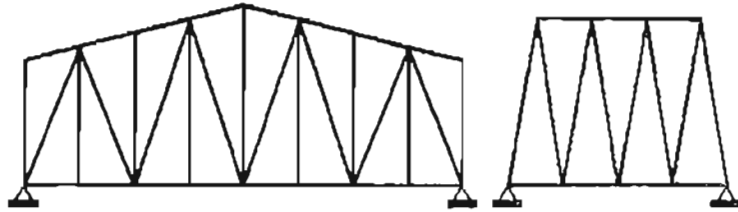
Armaduras Fink

Cuando se necesita cubrir claros más o menos pequeños es ideal el tipo Fink, que contiene una serie de barras cortas que trabajan a compresión.



Armaduras Warren

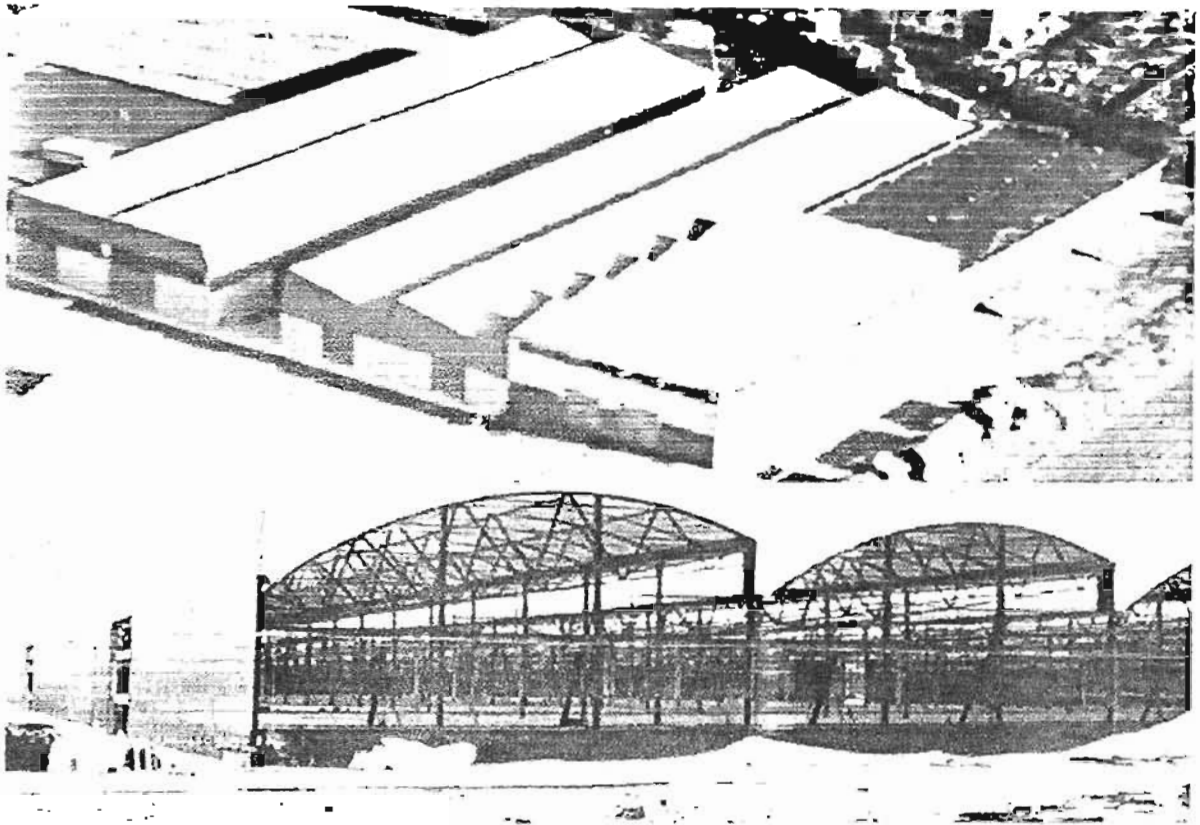
Si el sistema de cargas es móvil y por ello las barras pueden trabajar tanto a tensión como a compresión, las armaduras tipo Warren son las más adecuadas.



Armadura diente de sierra

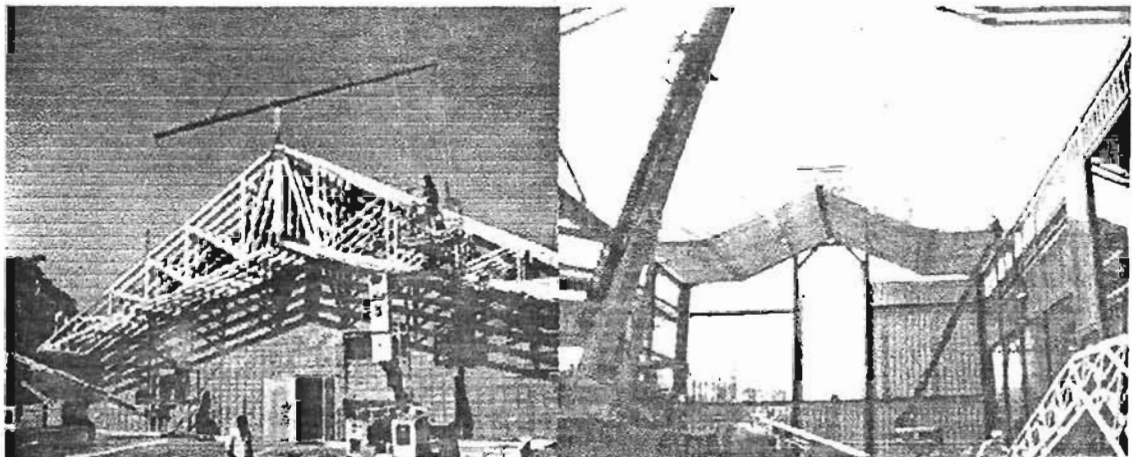
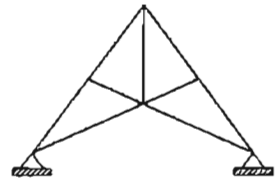
En el caso que se haga necesario el paso de la luz a través de la estructura de techo, como es usual en las industrias, lo más común es el uso de las armaduras diente de sierra.



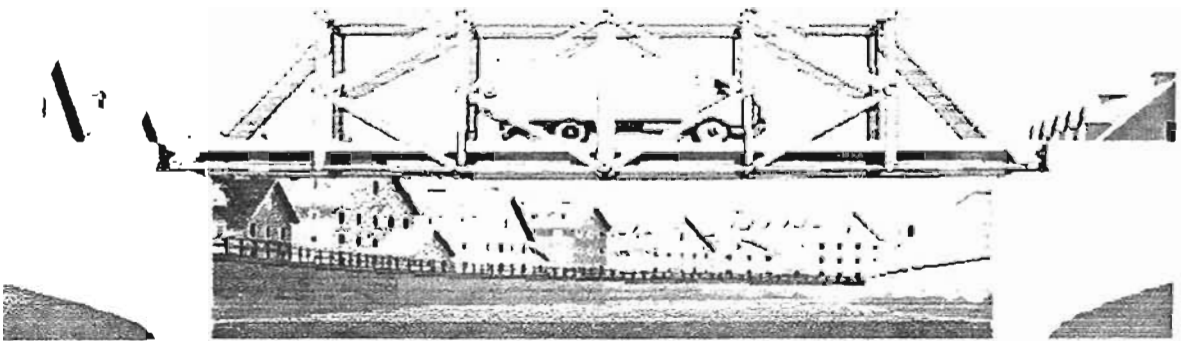
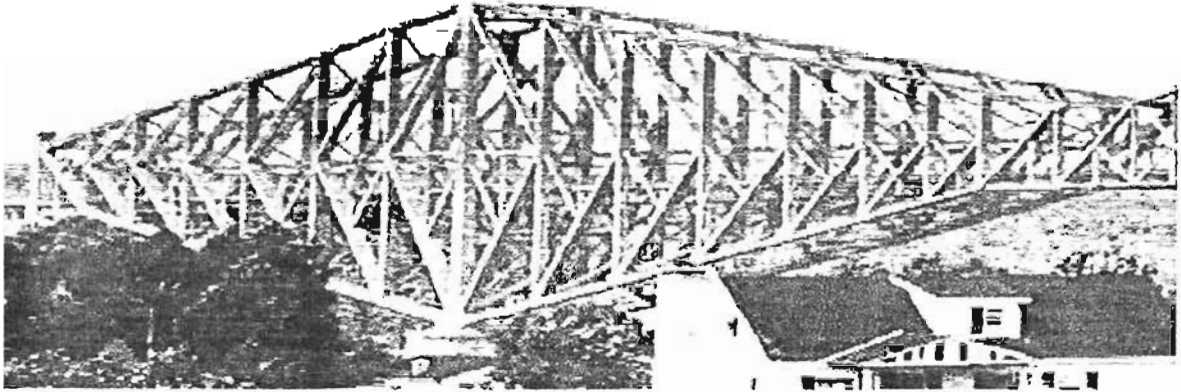
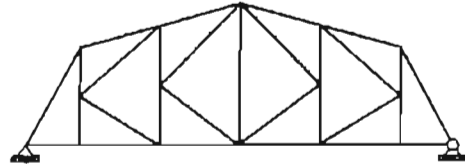


Armadura tijera

Se utilizan usualmente en los techos de pequeñas bodegas o grandes naves industriales.



Armadura tipo K



Para resolver las armaduras existen los siguientes métodos:

Método de los nodos

Método de las secciones

Método de conservación de proyecciones

Método de la fuerza ficticia



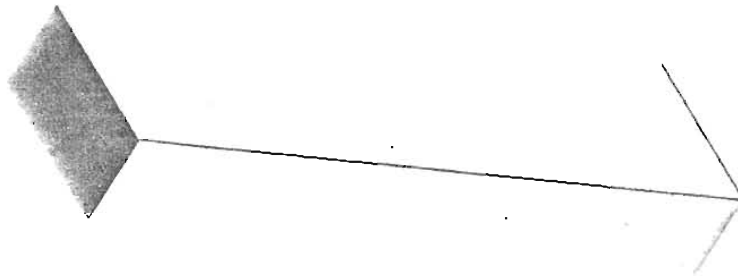
**D. ESTRUCTURAS SOMETIDAS A FLEXION
(VIGAS Y MARCOS)**

10. ESTRUCTURAS SOMETIDAS A FLEXIÓN (VIGAS Y MARCOS)

VIGAS

Definición de viga

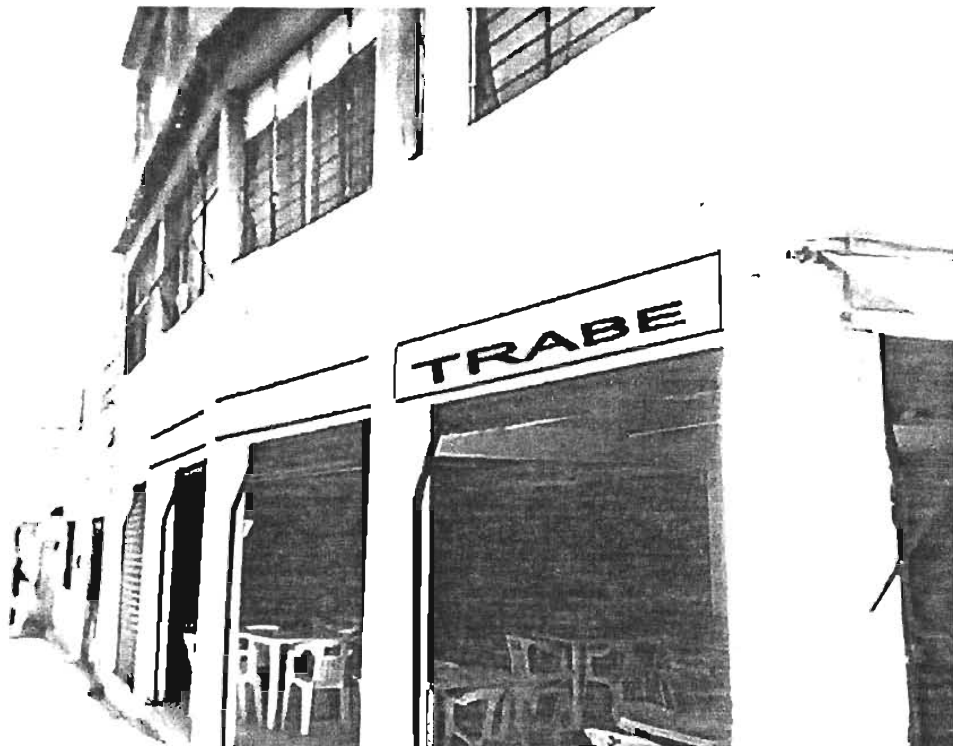
Primero definiremos lo que es una BARRA, es un cuerpo en el cual una de las dimensiones es mucho mayor que las otras dos.



Entonces podemos concluir que una columna es una barra ya que su altura es mucho mayor que el ancho y largo,

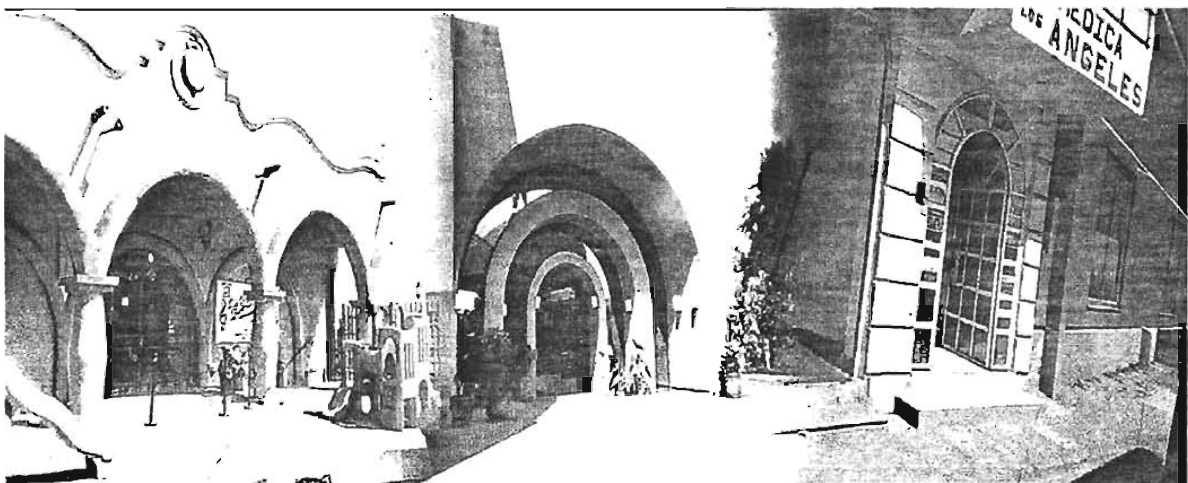


por otra parte en una trabe tenemos algo similar ya que su largo es mucho mayor que el ancho y alto.



Las barras forman parte de la mayoría de los sistemas estructurales. Éstas pueden ser de eje recto o de eje curvo.

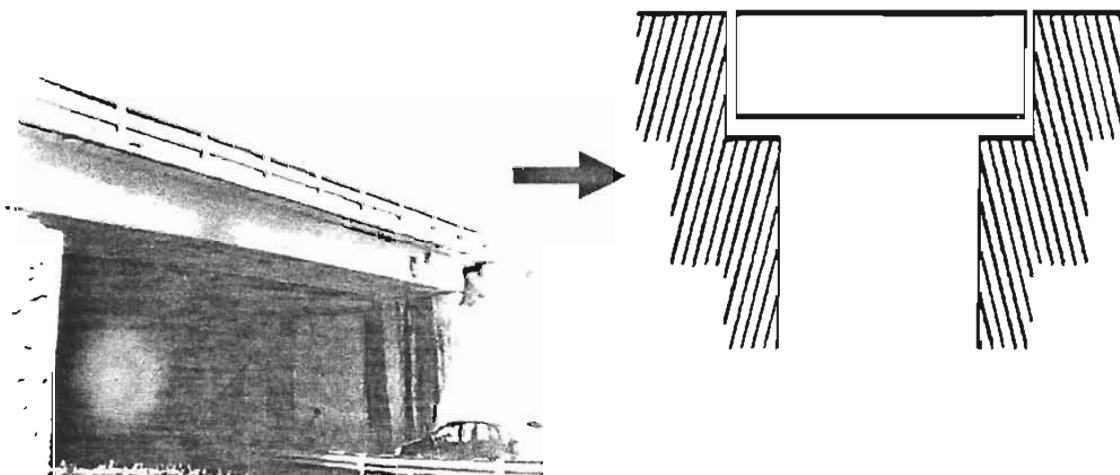
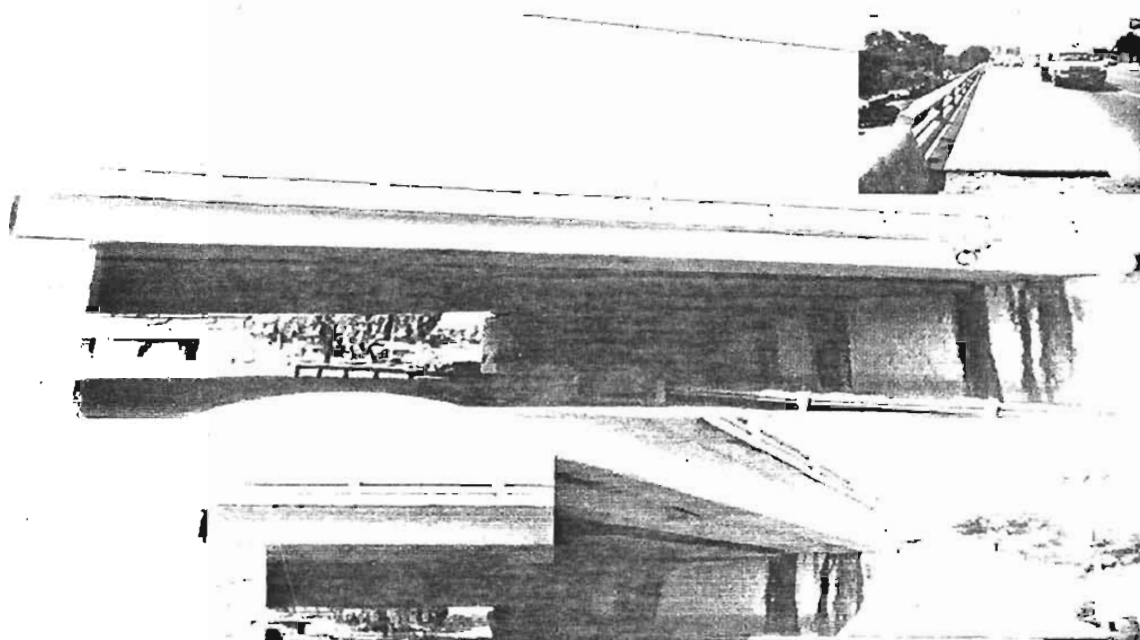
A las barras que tienen ejes curvos se les denominan ARCOS, y pueden ser circulares, parabólicos, elípticos, etc.

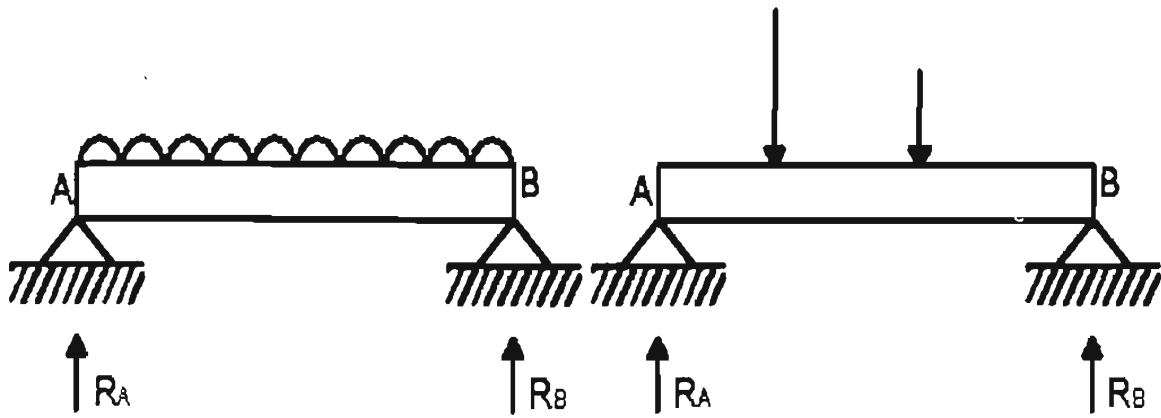


Concluimos así que las barras de eje recto se definen como VIGAS y están sometidas a flexión.

Tipo de vigas

Viga Librementemente apoyada:

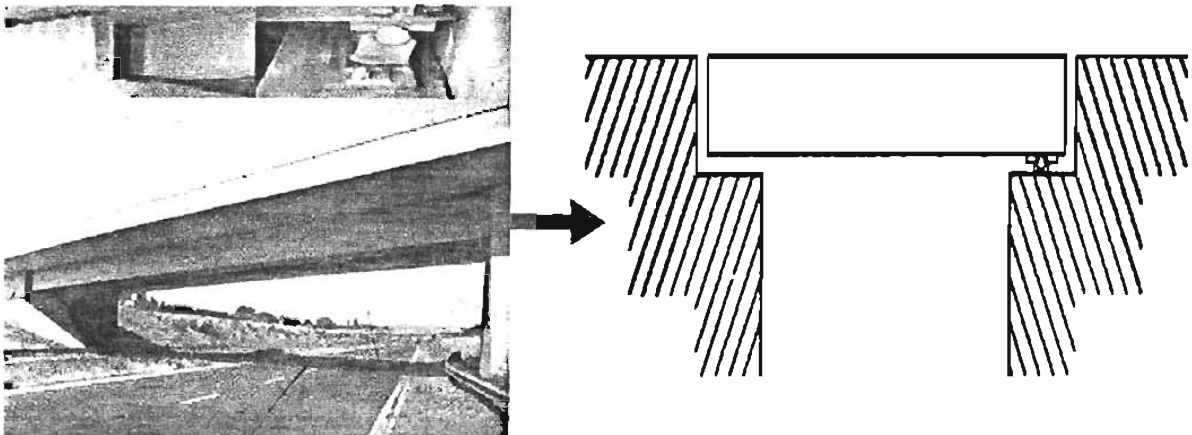


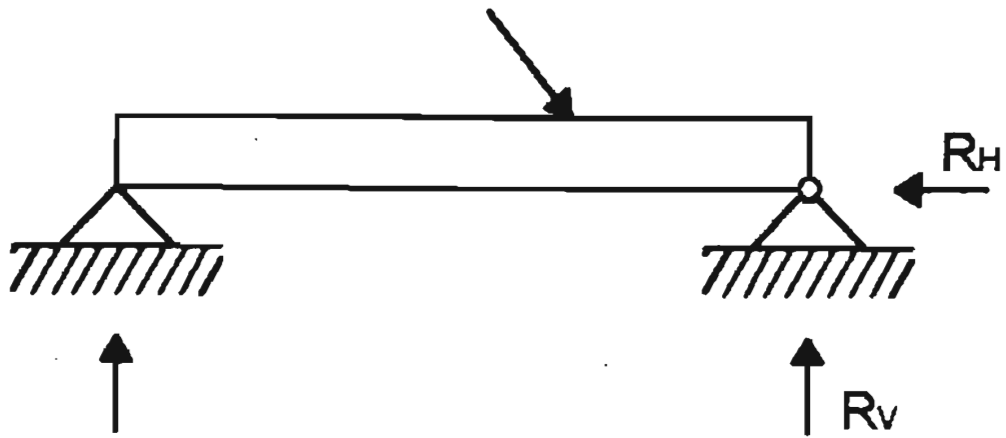


Una *viga libremente apoyada* es aquella que descansa libremente sobre sus apoyos y éstos impiden el desplazamiento vertical de la viga, respondiendo con reacciones verticales. Estas vigas pueden soportar cargas uniformemente distribuidas o puntuales, siempre y cuando sean verticales.

Viga libremente apoyada en un extremo y apoyada en el otro:

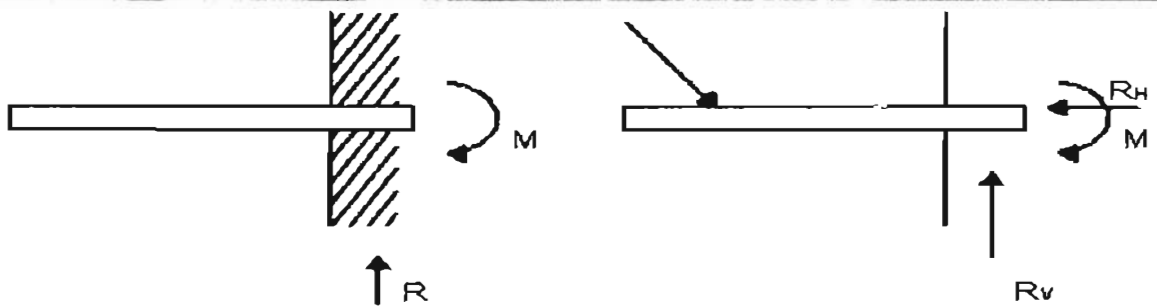
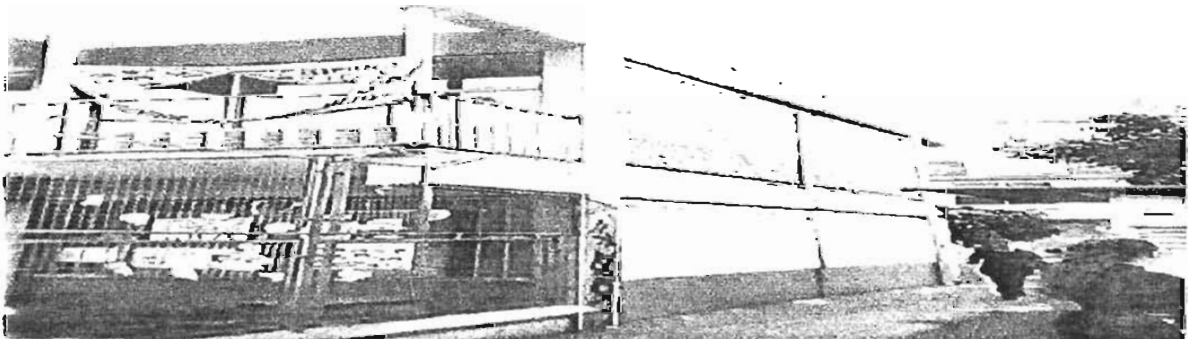
Este tipo de viga se utiliza si existe una carga inclinada u horizontal, en dicho caso uno de los apoyos debe ser una articulación, para impedir el desplazamiento de la viga en forma horizontal.





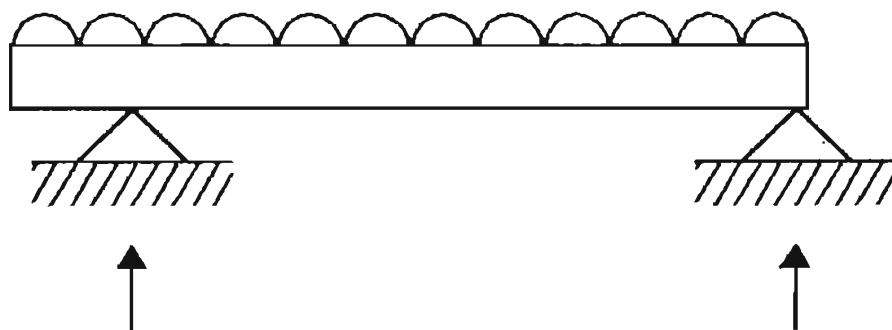
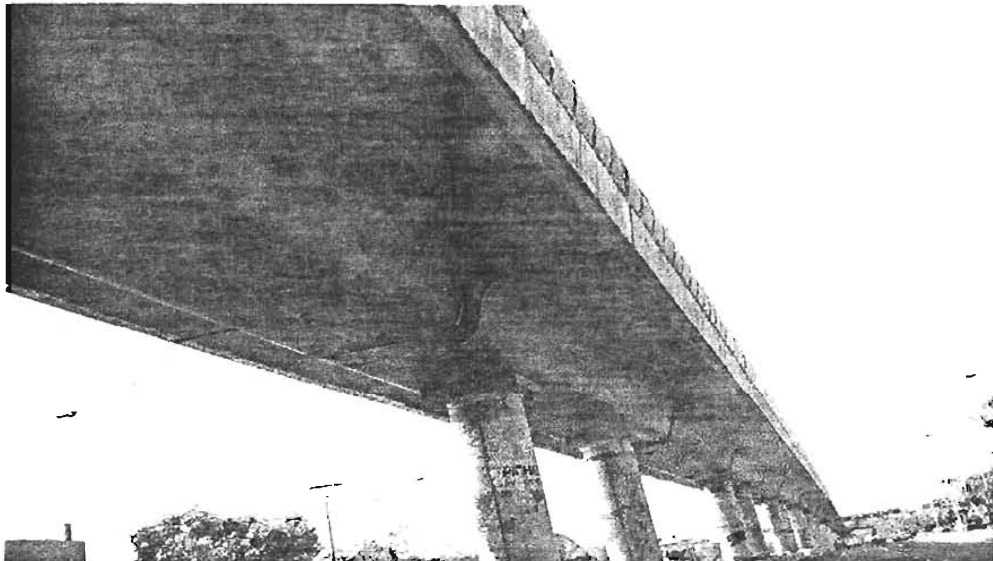
Viga empotrada:

Se consideran *vigas empotradas* cuando sólo se apoya en uno de sus extremos, y dicho apoyo debe restringir tanto los desplazamientos lineales como el angular que puede producir cualquier carga que actúe sobre la viga. Para lograr esto, el empotramiento responde con una reacción vertical y un momento para cargas verticales. Para cargas inclinadas además existe una reacción horizontal.



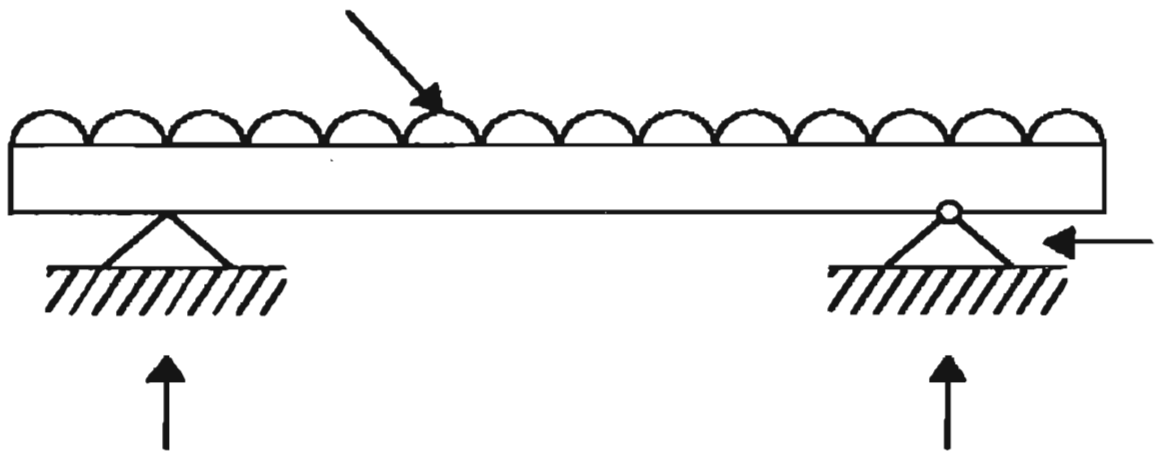
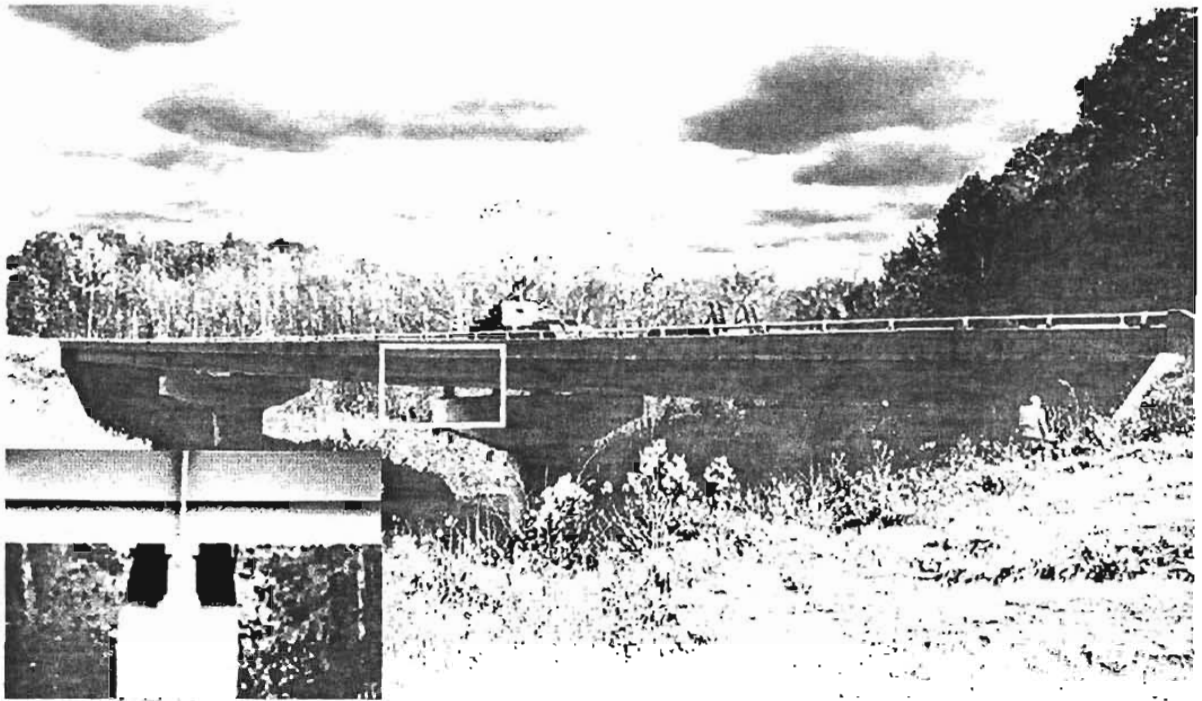
Viga libremente apoyada con voladizo:

Cuando una viga libremente apoyada no tiene los apoyos en sus extremos, sino que se presentan en el interior de su claro, los extremos de la viga se comportan como vigas empotradas. Éstas son las *vigas libremente apoyadas con voladizo*. Los momentos flexionantes que se presentan en los apoyos se deben a la continuidad de la estructura.



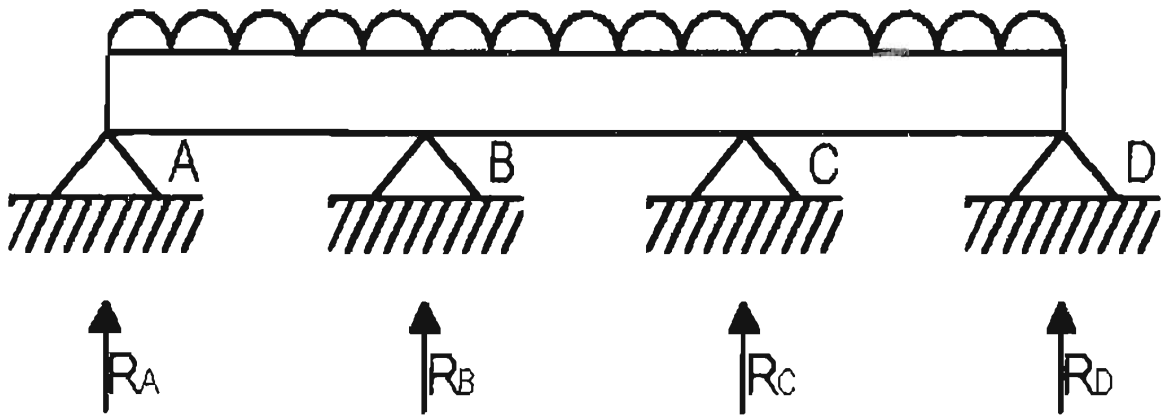
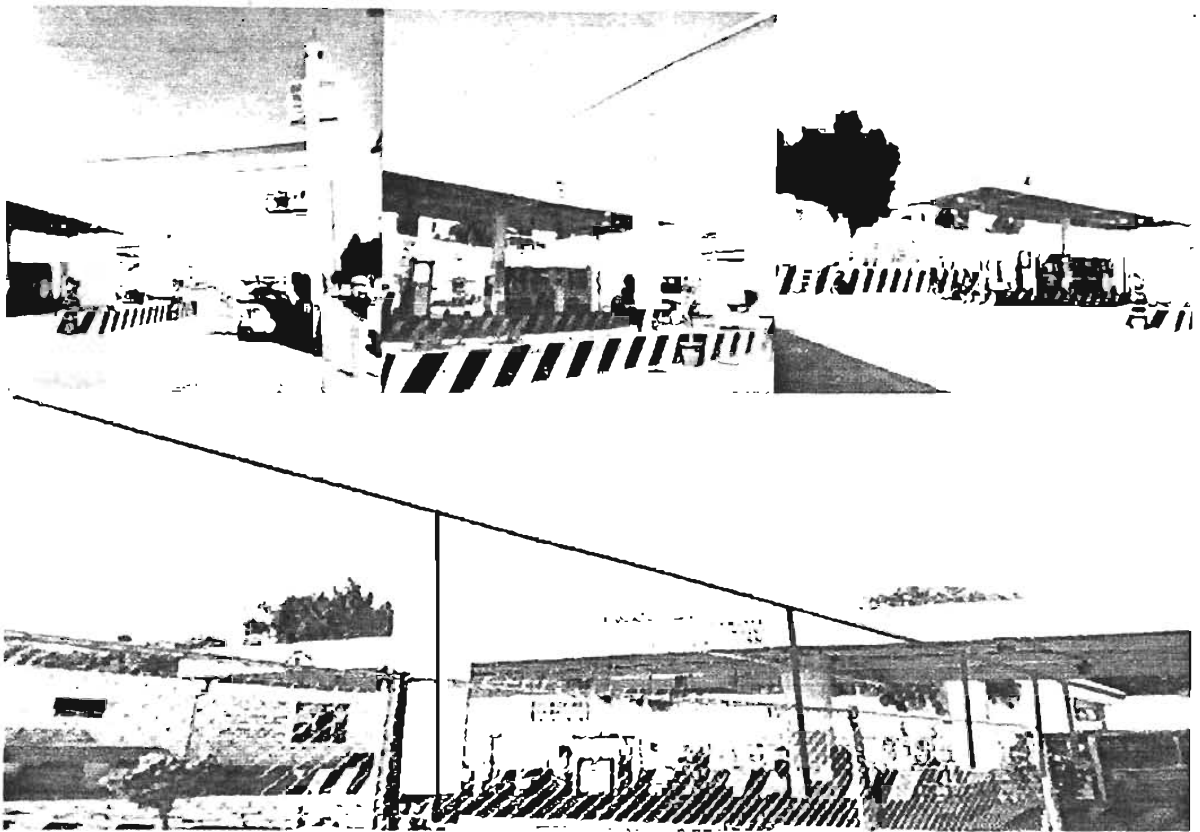
Viga libremente apoyada con dos voladizos:

En caso de que la viga libremente apoyada con voladizo reciba únicamente cargas verticales, se pueden tener apoyos libres; pero si existe una carga horizontal o inclinada, un apoyo debe ser articulado para impedir el desplazamiento horizontal que provoca dicha fuerza.



Vigas continuas:

Las *vigas continuas* son en las que se tiene más de dos apoyos. En este tipo de vigas no pueden ser calculadas sus reacciones por medio de la estática. Cada apoyo adicional a dos hace que la viga tenga un grado más de hiperestaticidad.



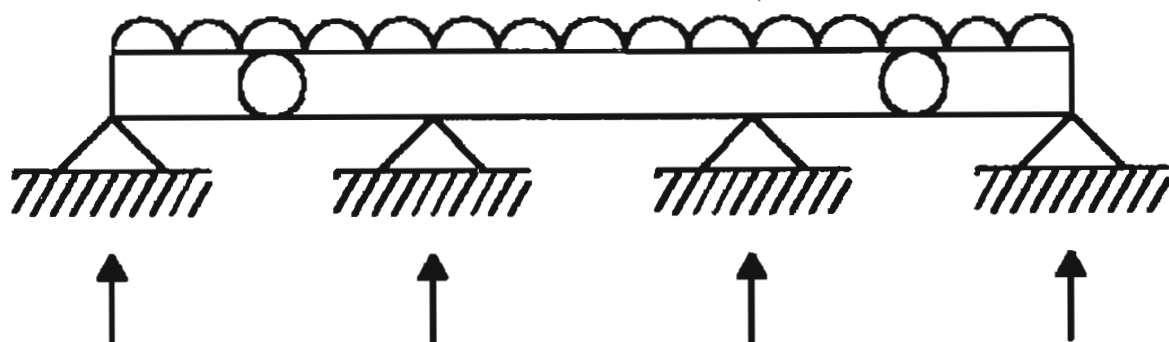
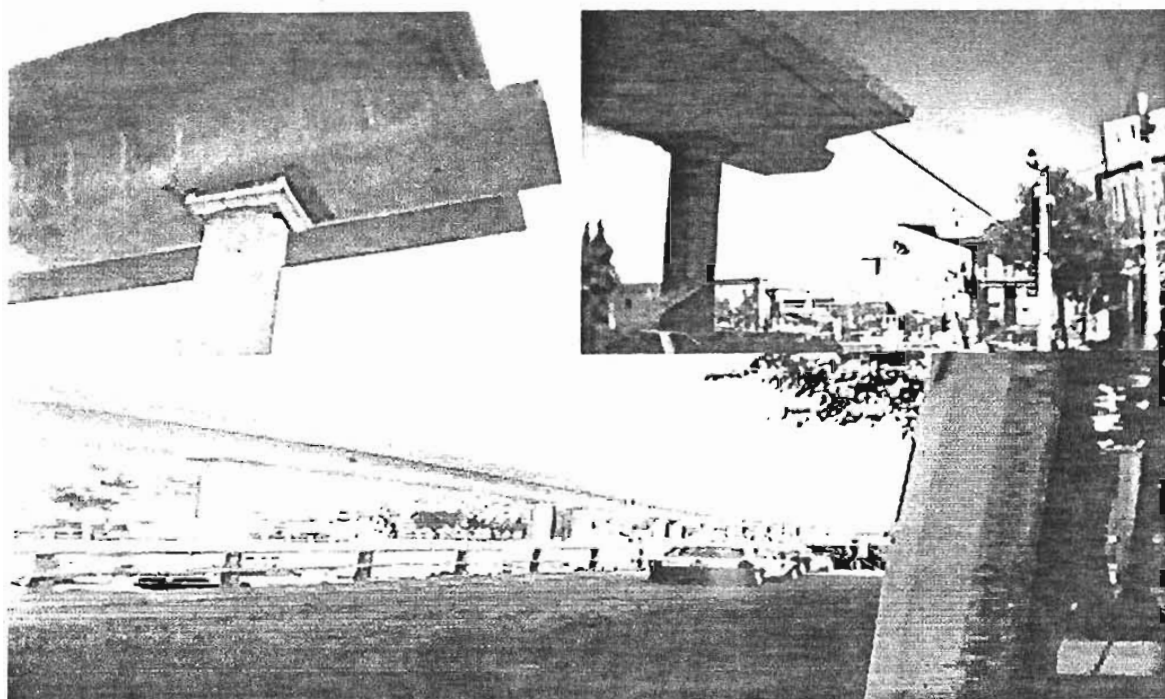
Vigas Gerber:

Para romper la hiperestaticidad de una viga continua y convertirla en una viga estáticamente determinada, podemos sustituir algunos de sus nudos elásticos por articulaciones.

Como la articulación restringe un desplazamiento menos que el nudo elástico, quita un grado de hiperestaticidad a la viga continua.

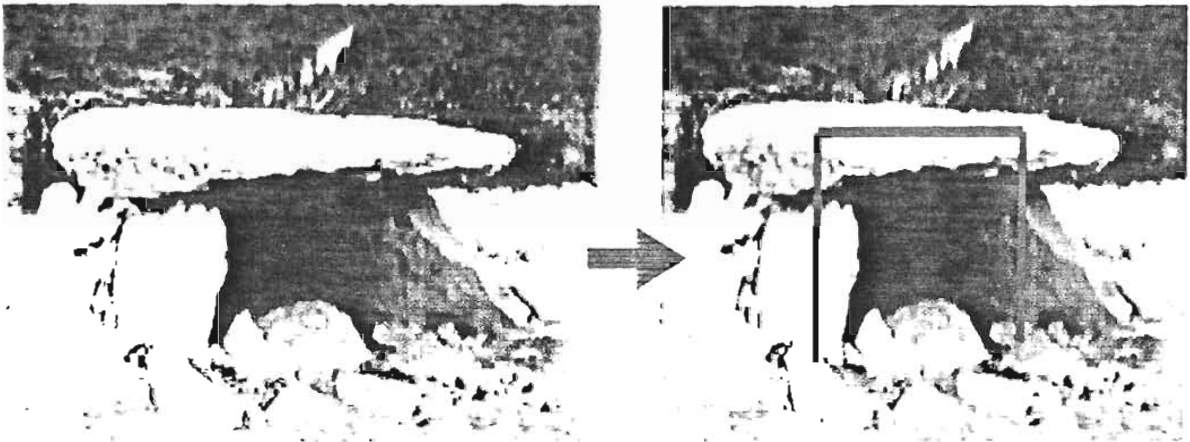
De tal suerte, podemos incluir en una viga continua tantas articulaciones como apoyos libres adicionales tenga, y quede convertida en una estructura isostática.

A este tipo especial de vigas isostáticas lo denominamos *Vigas Gerber*.



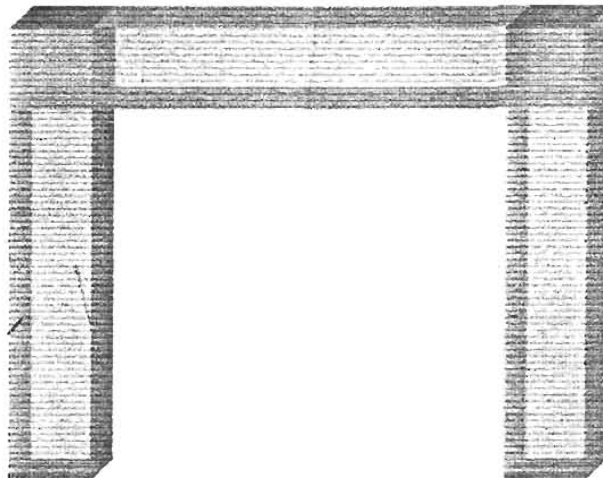
MARCOS

Desde la prehistoria, el problema de proteger a los seres humanos de las inclemencias atmosféricas se ha resuelto por medio de un cerramiento de paredes, coronado por un techo. En aquella época, los muros y el techo se construían de piedra, y esto nos conduce a los marcos que utilizamos en la actualidad.

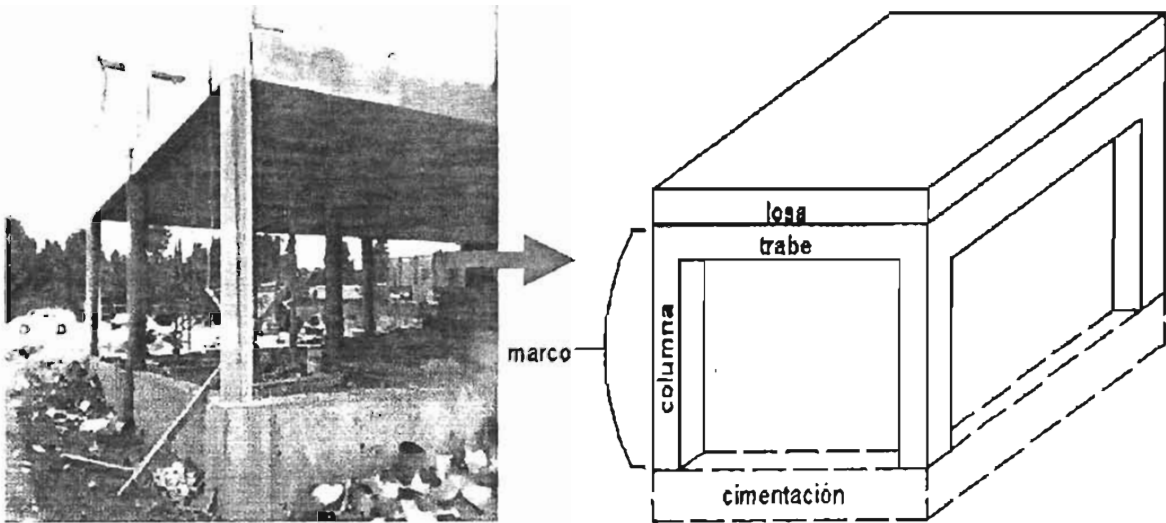


Definición de marco

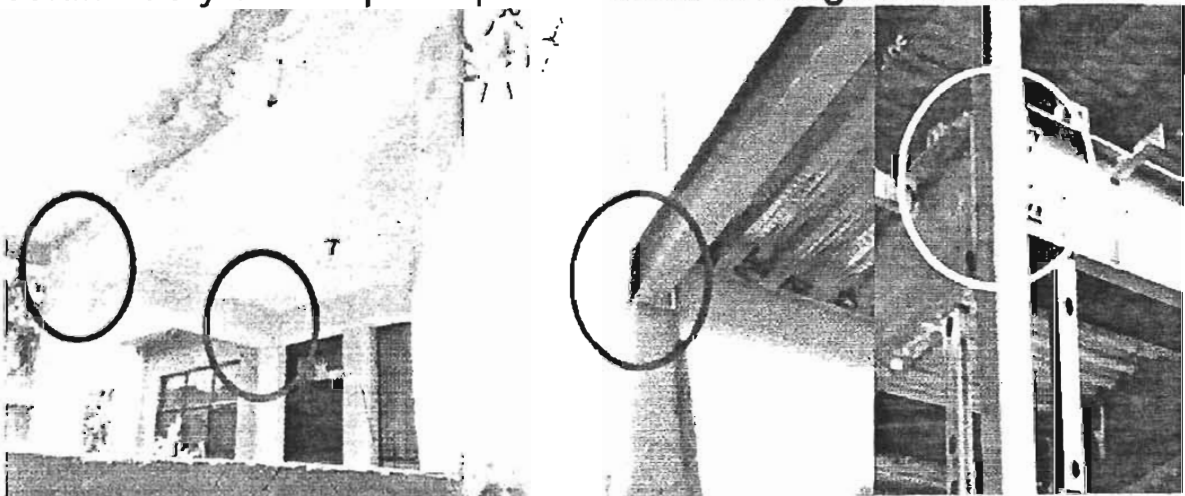
Es una estructura formada por varias barras de eje recto (columnas y trabes) unidas entre sí por nudos elásticos o por articulaciones.



En el caso más ideal de un marco consideremos una trabe apoyada sobre las columnas, y estas a su vez soportan la carga del techo. Las columnas son barras de eje recto en posición vertical que se encuentran sometidas a compresión, además deben resistir ciertas cargas horizontales como el viento; esta resistencia proviene de cierta capacidad para la flexión en el caso de las que sean fabricados de concreto reforzado, acero o madera.

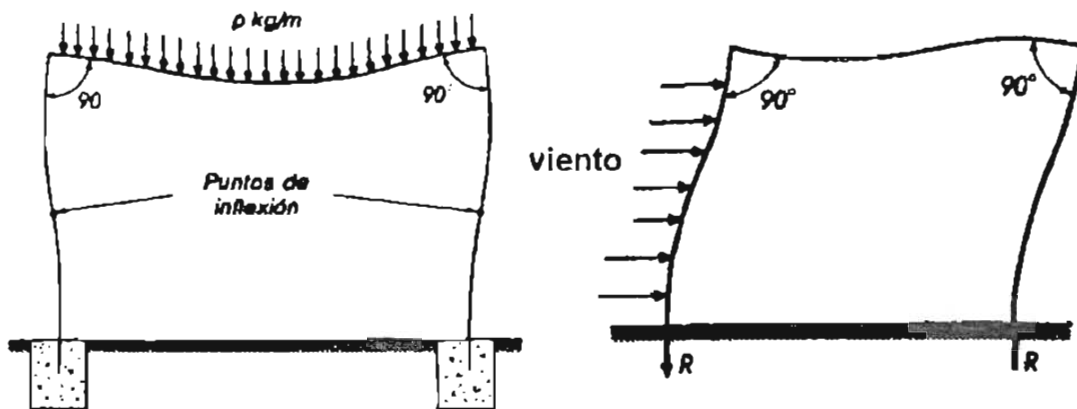


Es necesario establecer también alguna conexión entre columnas y traveses para que el viento no haga volar el techo.

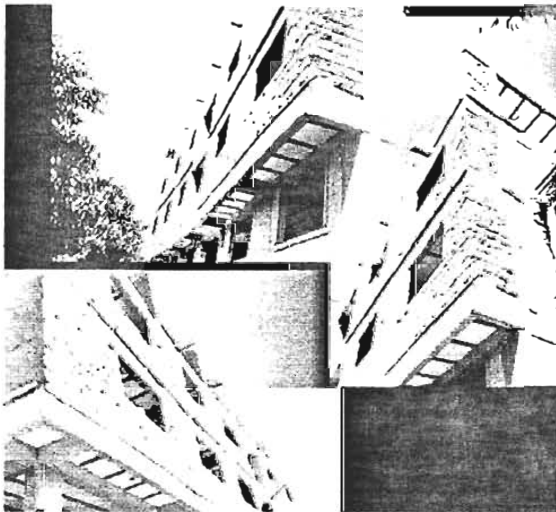


Los cimientos de la estructura resisten las cargas del techo, traveses y columnas, estas últimas transmiten a la cimentación las cargas que a su vez se distribuyen en el suelo y garantizan deformaciones limitadas al suelo.

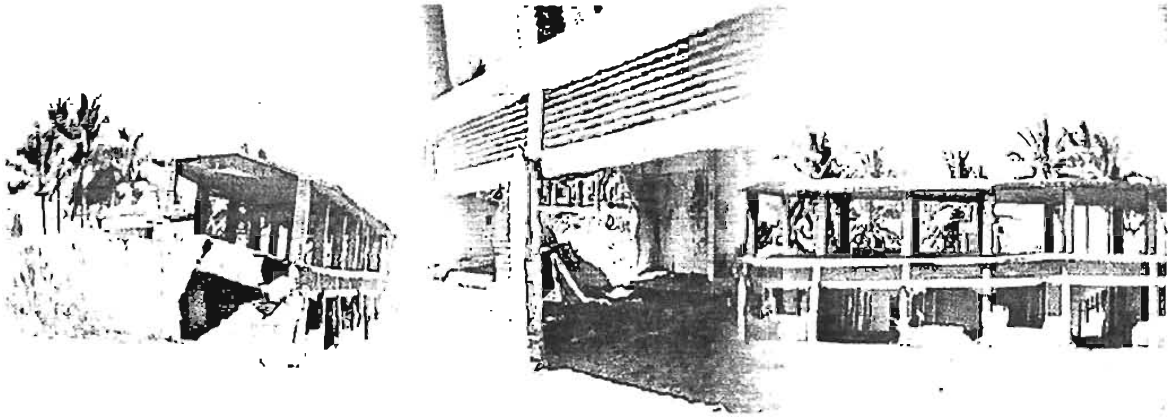
A continuación mostramos como se comporta el marco, con ciertas cargas:



Los sistemas de marcos pueden construirse uno sobre otro para levantar edificios de numerosos pisos. Pero se deben utilizar materiales que soporten las cargas de viento y sismo.



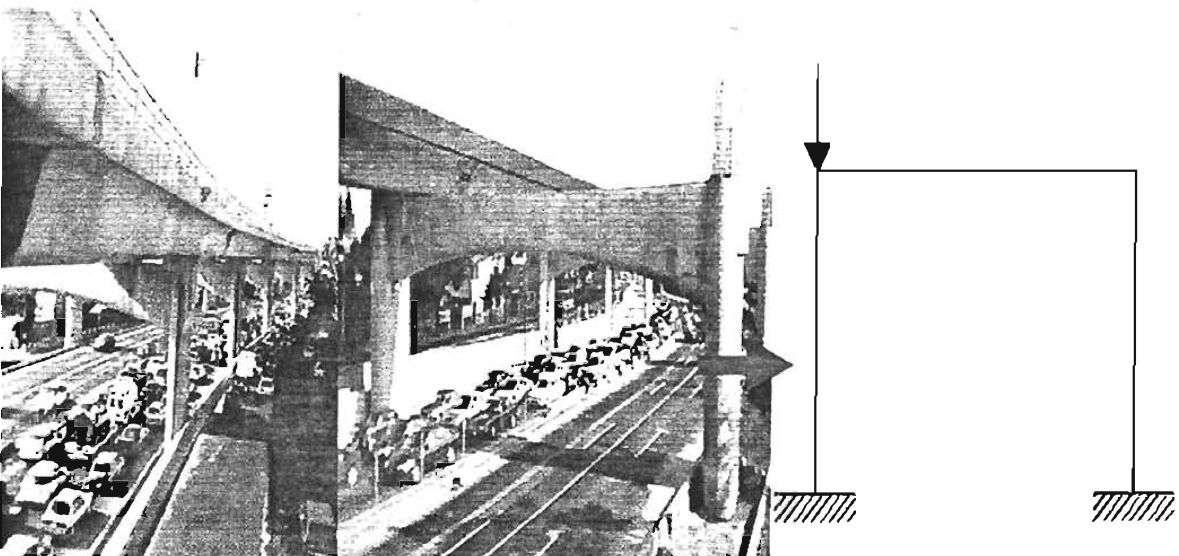
Además de que pueden surgir fallas por no elegir la correcta cimentación para el tipo de suelo, baja calidad de los materiales utilizados en la construcción o factores que se presenten del entorno en que se construya la estructura:

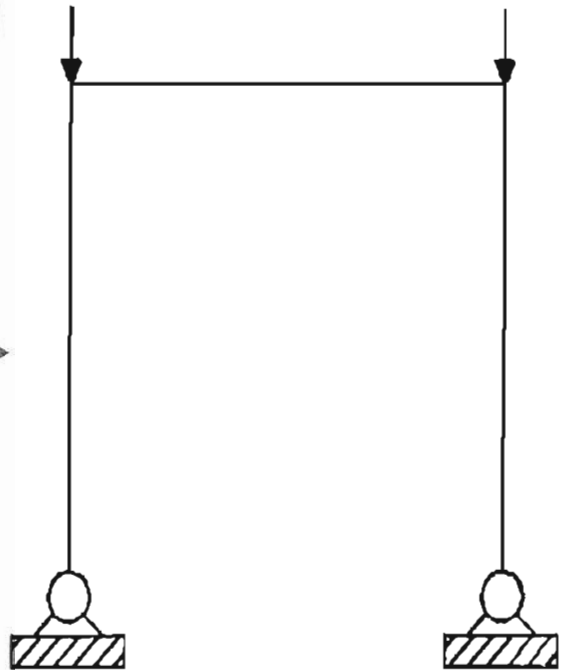


Tipos de marcos

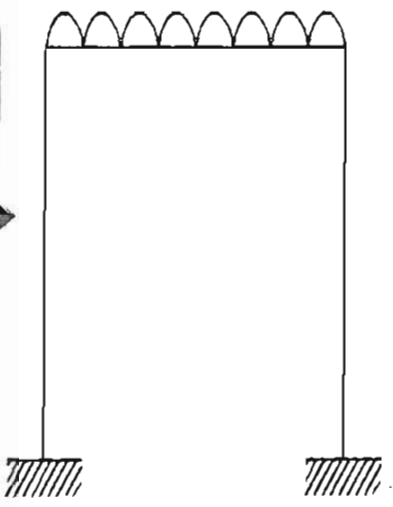
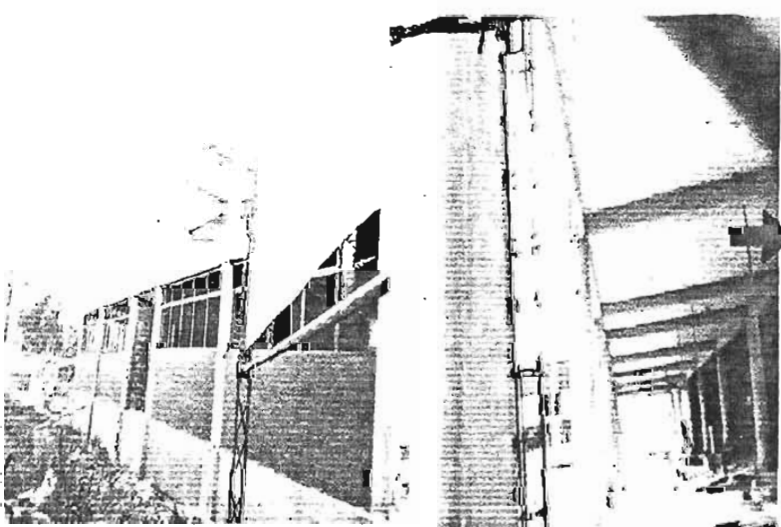
Ahora observaremos marcos que podemos encontrar en nuestro entorno, a los cuales se les dan diferentes usos.

En los puentes podemos encontrar los siguientes tipos:

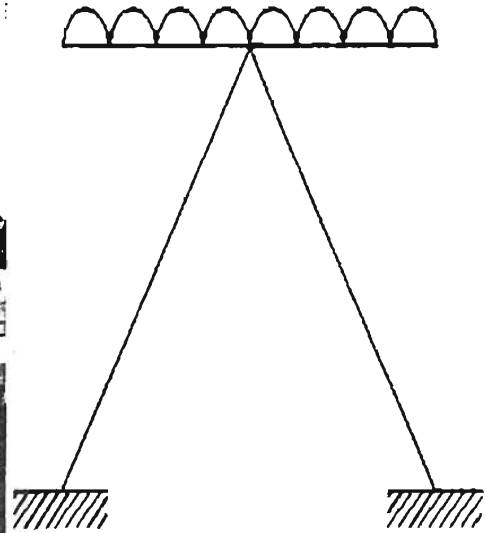
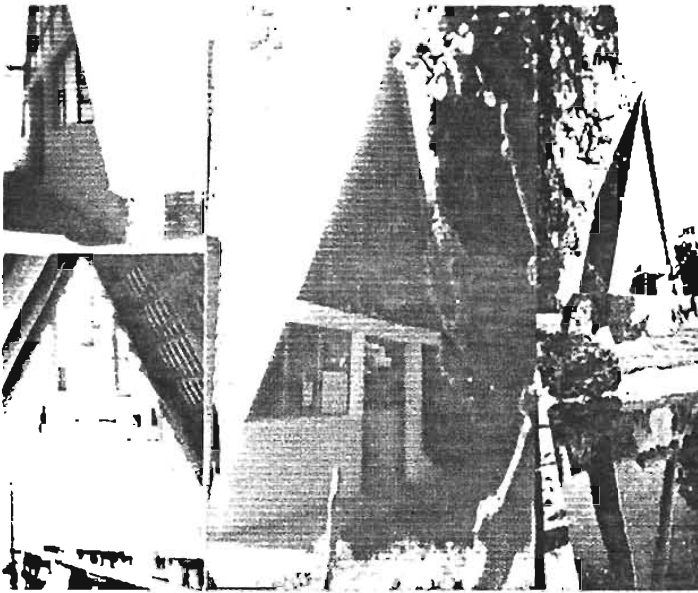




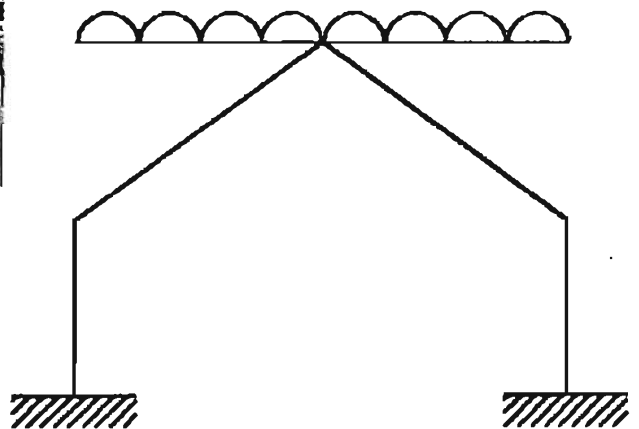
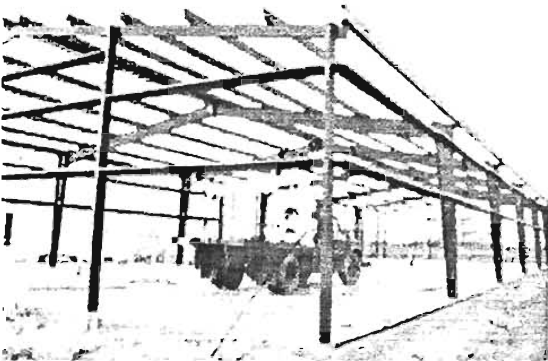
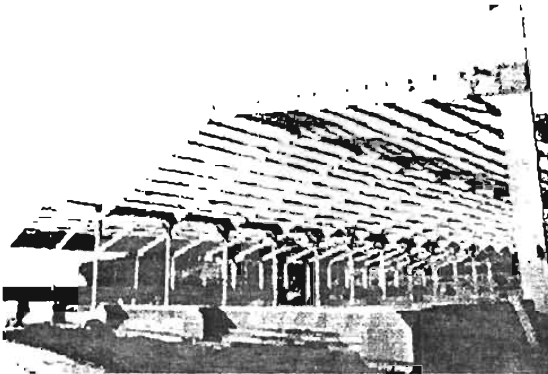
En escuelas:



Iglesias:



Naves industriales:

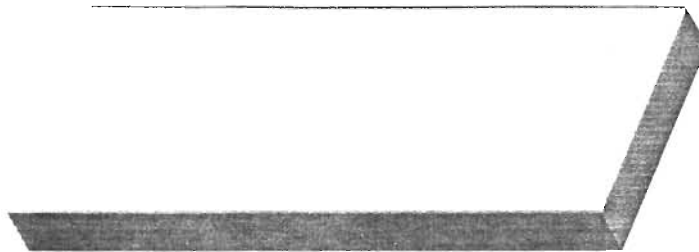


11. ESTRUCTURAS CONTINUAS (PLACAS)

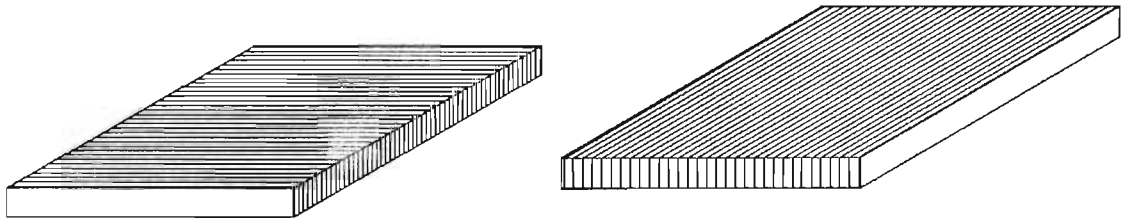
11. ESTRUCTURAS CONTINUAS (PLACAS)

Definición de placa

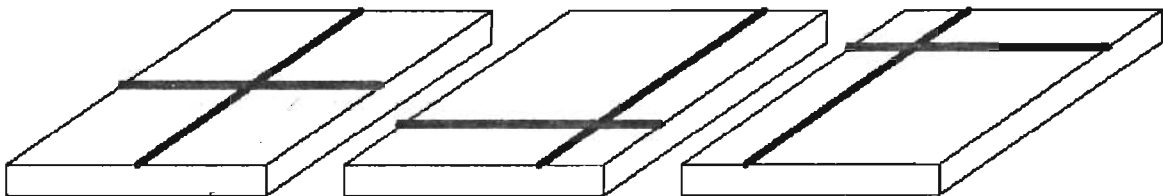
Es un elemento estructural monolítico de espesor relativamente pequeño, usado para cubrir un área. En un comienzo supondremos a la placa de forma rectangular.



El trabajo de una placa es formado por un número infinito de vigas infinitamente pequeñas, dispuestas una junto a otra; desde el punto de vista ideal la placa puede dividirse en franjas que conecten dos puntos cualesquiera de su periferia.

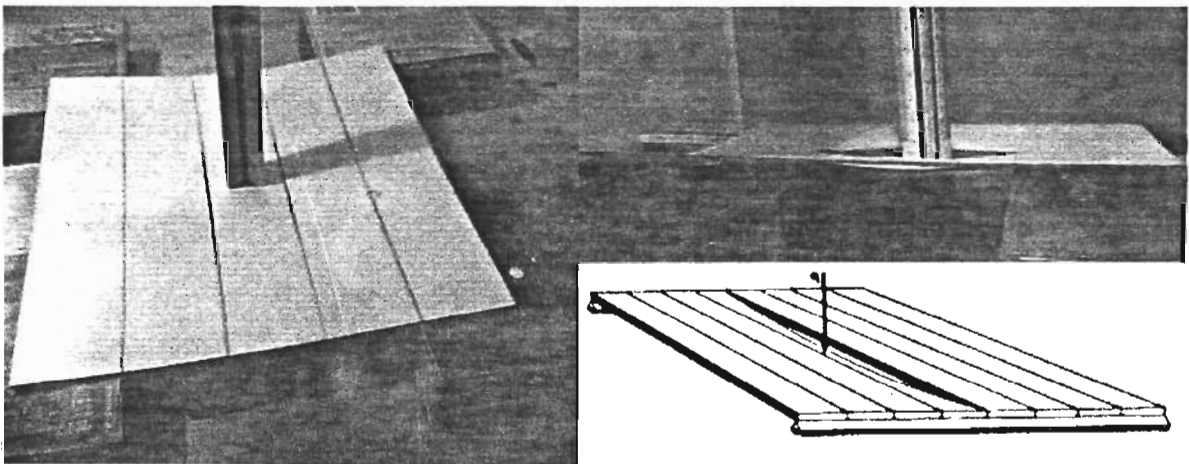


desde el punto de vista ideal la placa puede dividirse en franjas que conecten dos puntos cualesquiera de su periferia.

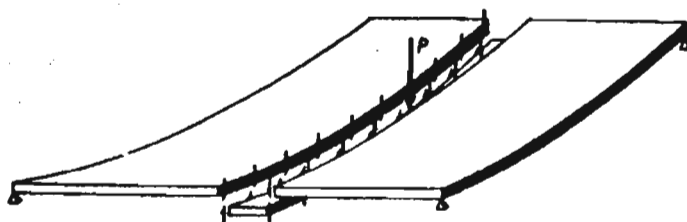


Además, como en todo fenómeno físico la naturaleza sigue el camino más fácil, los elementos estructurales tienden a resistir las cargas por medio de su mecanismo más eficiente, y una placa se comporta como el conjunto de vigas soldadas que transfieren la carga a los apoyos mediante las menores tensiones posibles. Toda placa distribuye la carga entre apoyos.

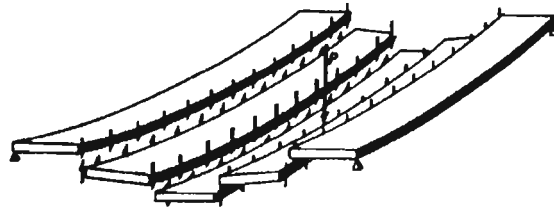
Es sencillo visualizar el papel de las tensiones de flexión, de corte, y de torsión, cuando se transfiere una carga concentrada por efecto de placa. Si ésta consistiera en una serie de vigas paralelas independientes, sólo aquélla sobre la cual actúa la carga se deformaría, transfiriendo dicha carga a los apoyos por flexión y corte.



Pero todas las vigas de una placa están unidas, de modo que el elemento cargado presiona hacia abajo a las dos vigas paralelas contiguas y les transfiere parte de la carga. Esta transferencia se produce por efecto de las tensiones de corte desarrolladas entre los lados verticales de las vigas adyacentes, y produce flexión y corte en dichas vigas.

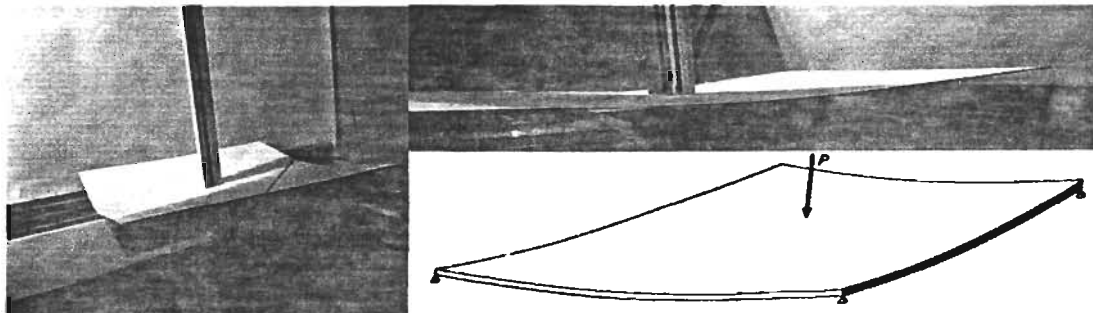


Estas dos vigas adyacentes, a su vez, transfieren parte de su carga a las vigas siguientes, también por acción de corte; la diferencia entre los esfuerzos de corte provenientes de la viga cargada y los transferidos a la adyacente, origina el efecto de torsión.

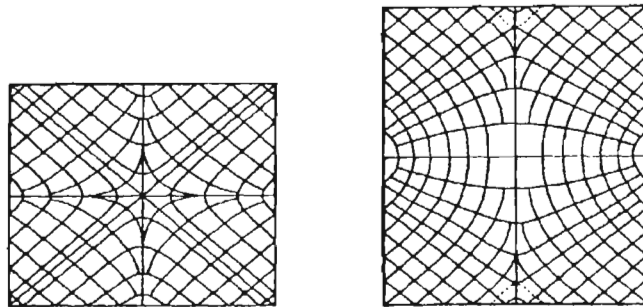


Así, pues, una combinación de corte y torsión transfiere la carga en dirección perpendicular a la viga cargada, mientras la flexión y el corte transfieren la carga en la misma dirección de la viga cargada. Dado que toda placa puede considerarse como un entramado de vigas, las transferencias no tienen lugar en una sola dirección sino en dos y la acción de placa equivale a una acción de viga en dos direcciones sumada a la acción de torsión.

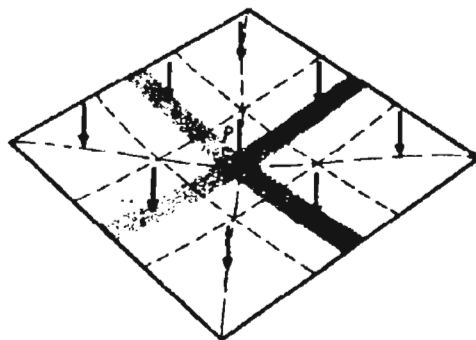
El hecho de resistir las cargas mediante efecto de torsión es característico de las placas y las distingue de las vigas, pues puede desarrollar una acción de torsión distribuida de manera uniforme. A este respecto, es interesante destacar que a la torsión de la placa se debe a un buen porcentaje de su nivel de carga. En una placa cuadrada, por ejemplo, uniformemente cargada y simplemente apoyada en sus cuatro lados, al efecto de torsión se debe al 50% de la transferencia de carga a los apoyos.



El cálculo de las tensiones de flexión en un punto demuestra que existen dos direcciones para las cuales las tensiones de flexión son, respectivamente, máxima y mínima y el corte es nulo. Indicando mediante cruces las direcciones principales en diversos puntos de la placa, podemos trazar las líneas principales de tensión, o isostáticas, que dan el recorrido de las tensiones de flexión en la placa. Dado que en la dirección de las isostáticas no se desarrolla tensión tangencial, la placa puede concebirse como un entramado de vigas curvas, perpendiculares entre sí, que no transmiten cargas por acción de corte a las vigas adyacentes. En las siguientes figuras se representan las líneas de tensión principales correspondientes a una placa cuadrada simplemente apoyada, sometida a una carga uniforme y a una placa rectangular.

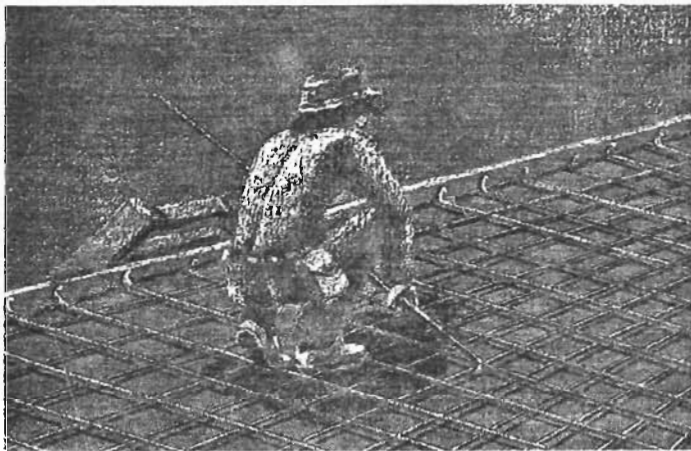


Las deflexiones de la placa cuadrada antes vista son indicadas en la siguiente figura, explican en forma visual el comportamiento estructural de la placa. Sus franjas centrales flexionan poco más o menos como vigas simplemente apoyadas.

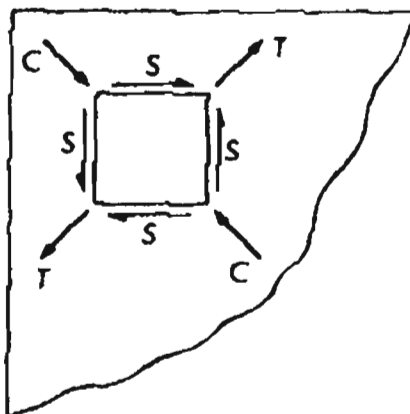


En las esquinas, los dos lados de la placa están obligados a permanecer horizontales, y toda la superficie de aquellas es rígida; los extremos de las franjas diagonales quedan así impedidos de girar y se comportan como vigas de extremos empotrados, con inversión de curvatura en dichos extremos.

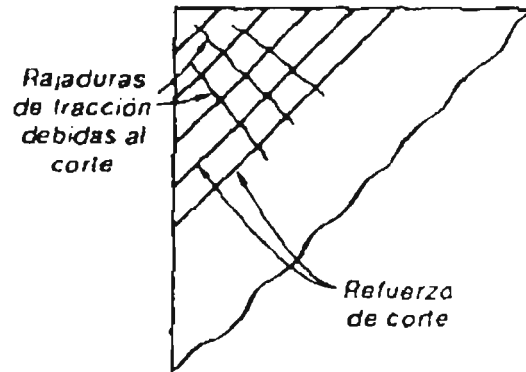
El conocimiento de las tensiones máxima y mínima, de las tensiones invertidas y de la dirección en la cual se tornan máximos los esfuerzos de corte, es fundamental para distribuir las varillas de refuerzo en los armados de losas de concreto.



Las tensiones máximas de corte aparecen siempre formando ángulos de 45° con las direcciones principales; en las esquinas de la placa, el corte actúa como lo indica la siguiente figura:

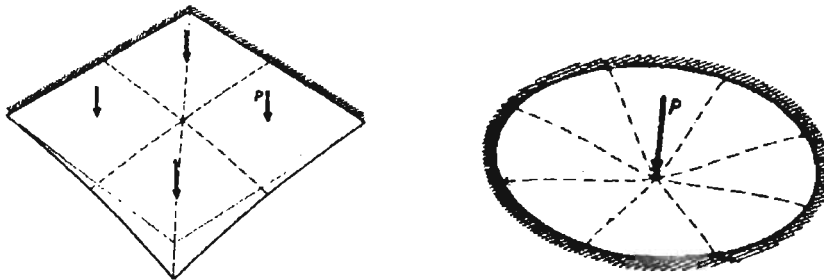


y las barras de refuerzo pueden orientarse de la siguiente forma con el fin de absorber directamente las correspondientes tensiones de tracción.

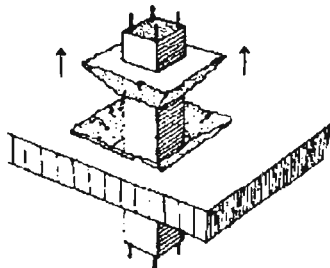


Estructuras de placa

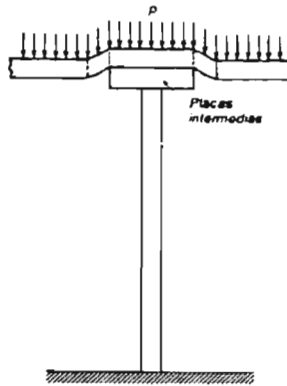
Puede variar la forma y las condiciones de apoyo pueden diferir en los cuatro lados de una placa, por ende el comportamiento



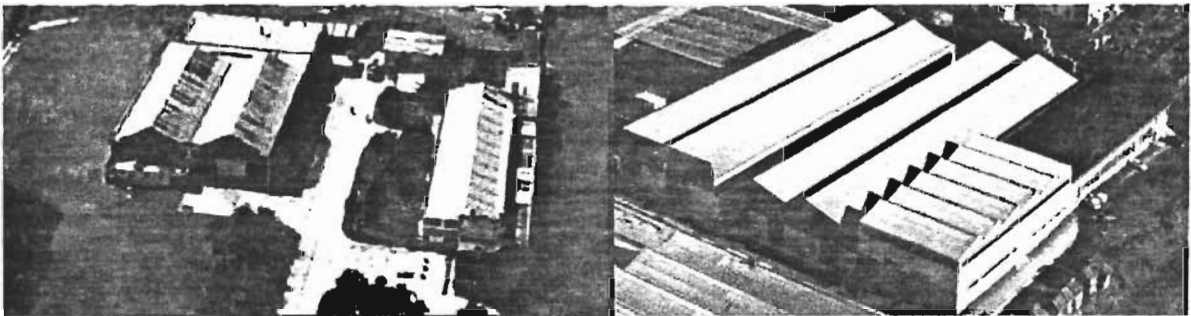
Las placas se pueden apoyar también en columnas, que deben estar bien articuladas y empotradas a ellas. La unión entre columnas y placas debe proyectarse para absorber el llamado "punzonamiento" de las columnas,



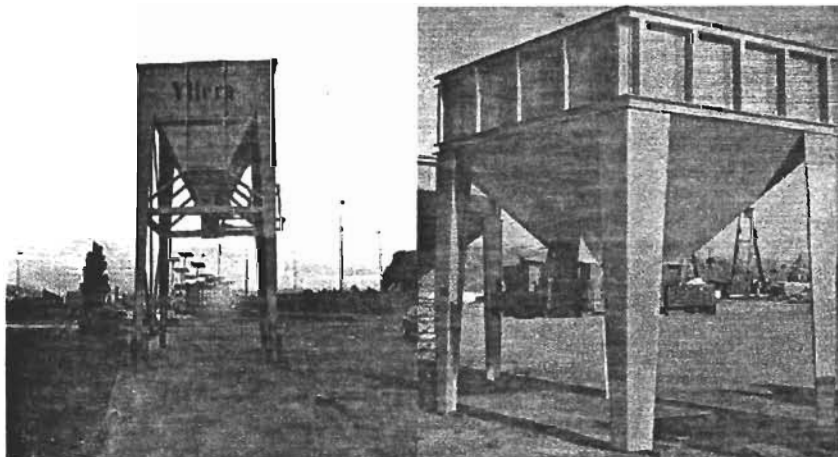
y requiere a menudo el uso de placas intermedias



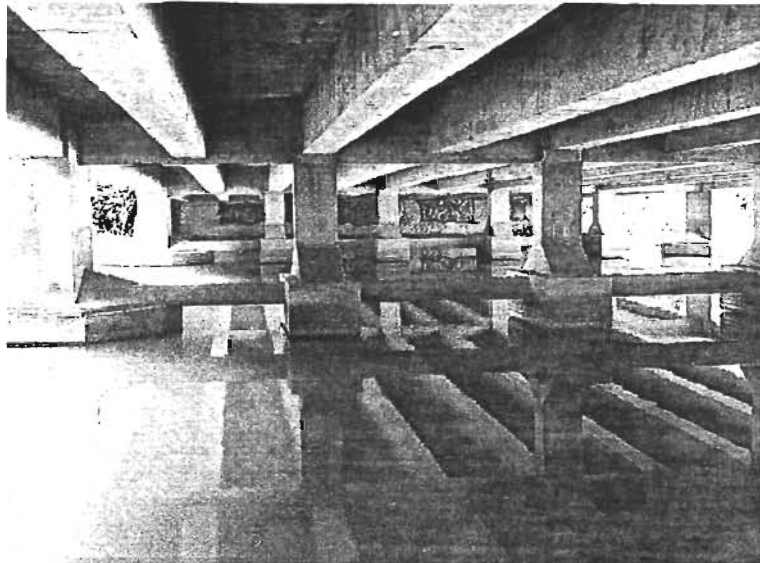
En los proyectos de techos muchas veces se utilizan placas inclinadas



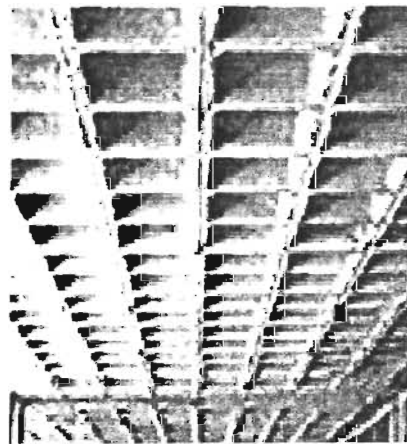
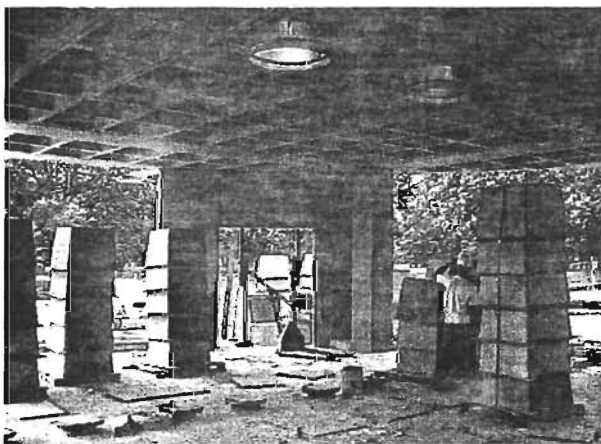
Las placas inclinadas se emplean a menudo en tolvas de almacenamiento:



Otro tipo es la placa nervadura, estas son apoyadas en vigas y presentan las ventajas de la continuidad debido a la losa, y las ventajas del espesor debido a sus nervaduras.



Los reticulados son usados para cubrir áreas cuadradas se proyectan con dos sistemas idénticos de nervaduras, perpendiculares entre sí.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La demanda de educación en México nos lleva cada día a tener más y mejores medios para difundir los conocimientos. A su vez la tecnología en nuestros días avanza velozmente en todos los ámbitos. La comunicación es uno de ellos, ya que se encuentra en una época de auge, a diario se desarrollan nuevas y mejores opciones para hacer más rápida y sencilla esta actividad. Es por ello que con este trabajo se aporta una herramienta tanto para alumnos y profesores de la Carrera de Ingeniería Civil, el cual muestra de la forma más clara y sencilla posible el curso de Estructuras Isostáticas, donde se mezcla la sencillez de algunas hojas con el contenido de la asignatura y se da la pauta a que si se obtienen resultados positivos, se pueda utilizar este tipo de técnica en otras materias de la carrera como son: Ingeniería Ambiental, Construcción, Geotecnia, Hidráulica, Sistemas y Transporte.

El fin principal con el que se realizó este trabajo es para dar un conocimiento general del curso de Estructuras Isostáticas de la Carrera de Ingeniería Civil, y además ilustrarlo en lo más posible con fotografías de estructuras que observamos en nuestro entorno, pero muchas veces no logramos relacionarlas con los conceptos que se explican en clase. Ya que cuando los alumnos llegan a los cursos de Introducción a Estructuras, no tienen una extensa visión de los diferentes situaciones que existen en esta rama de la Ingeniería Civil.

Los profesores encargados de la asignatura de Estructuras Isostáticas podrían dar a conocer el presente trabajo al inicio de su curso, lo anterior los ayudaría para el momento en que el alumno se encuentre en el aula de clases le sea más fácil comprender los conceptos, que por motivos de tiempo y falta de recursos didácticos (visitas de campo, laboratorio de estructuras con modelos a escala, etc.), no se podrían explicar en clase.

Cada uno de los temas aquí presentados fueron acompañados de imágenes con el fin de que los alumnos del curso de Estructuras Isostáticas puedan observar la teoría y lo real al mismo tiempo, claro que además es recomendable que cada alumno a su vez observe estructuras cercanas a su hogar ya que de esa manera se irá familiarizando con los diferentes tipos de estructuras que existen.

ANEXO A
ASIGNATURAS CON ALTO ÍNDICE DE REPROBACIÓN

ASIGNATURA	ÁREA DE CONOCIMIENTO	NÚMERO DE SEMESTRES EN QUE ES CONSIDERADA COMO DE ALTO ÍNDICE DE REPROBACIÓN
1. Cálculo Diferencial e Integral	Ciencias Básicas	8
2. Álgebra	Ciencias Básicas	7
3. Int. al Comportamiento de Mat.	Geotecnia	6
4. Mecánica de Suelos	Geotecnia	5
5. Captaciones y Conducciones	Hidráulica	4
6. Métodos Numéricos	Ciencias Básicas	4
7. Inst. Sanitarias en Edificación	Ambiental	4
8. Estructuras Isostáticas	Estructuras	3
9. Mecánica de Materiales I	Estructuras	3
10. Hidráulica Básica	Hidráulica	3
11. Geometría Analítica	Ciencias Básicas	3
12. Alcantarillado	Ambiental	2
13. Hidromecánica	Hidráulica	2
14. Abastecimiento de Agua Potable	Ambiental	2
15. Computadoras y Programación	Metodología	2
16. Estática	Ciencias Básicas	2
17. Cálculo Vectorial	Ciencias Básicas	2
18. Cinemática	Ciencias Básicas	2
19. Comportamiento de Suelos	Geotecnia	2
20. Mecánica de Rocas	Geotecnia	2
21. Ingeniería de Sistemas	Sistemas y Transporte	1
22. Recursos de la Construcción	Construcción	1
23. Mecánica de Materiales II	Estructuras	1
24. Geología	Geotecnia	1
25. Seminario de Construcción	Construcción	1
26. Sistemas Hidráulicos	Hidráulica	1
27. Cimentaciones	Geotecnia	1
28. Administración en Ingeniería	Construcción	1
29. Teoría de Decisiones	Sistemas y Transporte	1
30. Probabilidad y estadística	Ciencias Básicas	1
31. Dibujo	Metodología	1
32. Álgebra Lineal	Ciencias Básicas	1
33. Hidrología	Hidráulica	1
34. Ecuaciones Diferenciales	Ciencias Básicas	1

BIBLIOGRAFÍA

LIZARRAGA, Gaudry Ignacio, ESTRUCTURAS ISOSTATICAS, Editorial Mc. Graw Hill, 1990, México

RICHARD N. WHITE, PETER GERGELY, ROBERT G. SEXSMITH, STRUCTURAL ENGINEERING, Vol. 1, Editorial John Wiley & Sons, 1972, U.S.A.

SALVADORI Mario, ESTRUCTURAS PARA ARQUITECTOS, Editado por KLICZKOWSKI PUBLISHER, 1998, Buenos Aires Argentina.

DAN RAMSEY, BUILDING LOG HOME FROM SCRATCH OR KIT, Editorial Mc. Graw Hill, Segunda Edición, 1987, U.S.A.

SALDAÑA, Guerra José de Jesús, MANUAL DE AUTOCONSTRUCCIÓN "MANOS A LA OBRA", Editado por IMCYC, 1999, México

ESCALANTE, Sauri, Cedric Iván, CONSTRUCCIÓN DE PUENTES EN TABASCO, Secretaría de Comunicaciones y Transporte, México

TOLA J., ATLAS DE LAS COMUNICACIONES, Editorial THEMA, 1994, Barcelona

WHITE Richard N., GERGELY Peter, SEXSMITH Robert G., INGENIERÍA ESTRUCTURAL, COMPORTAMIENTO DE MIEMBROS Y SISTEMAS, Volumen 3, Editorial Limusa, México

ALVARENGA Álvares Beatriz; MÁXIMO, Ribeiro Da Luz António, FÍSICA GENERAL, Editorial Harla, Tercera Edición, México

FUENTES DE INFORMACIÓN

COLECCIÓN DE IMÁGENES (© D.V.V.), M. en I. Daniel Velázquez Vázquez

<http://www.brantacan.com.uk/>

<http://www.construaprende.com/>