

720  
E 74  
c 1.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

PRESENTO A VUESTRA CONSIDERACION,  
PREVIO A OPTAR EL TITULO DE ARQUITECTO  
EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS PROFESIONAL

SISTEMAS ESTRUCTURALES EN ARQUITECTURA

Tema que me fuera asignado por la Junta  
Directiva de la Facultad de Arquitectura.

JORGE RODOLFO ESCOBAR ORTIZ

Guatemala, Noviembre de 1973

**BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL  
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO**

DL  
02  
T(197)

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

Decano en Funciones  
Secretario  
Examinador  
Examinador  
Examinador

Arq. Lionel Méndez Dávila  
Arq. Gilberto Castañeda  
Arq. José Asturias Rudeke  
Arq. Adolfo Lau Ch.  
Ing. Hugo Galindo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Tesis

ACTO QUE DEDICO

AL SUPREMO ARQUITECTO

A mis padres

A mi abuelita

A mis hermanos y familia en general

A mis compañeros de promoción y de trabajo

A la Universidad de San Carlos

A la Facultad de Arquitectura

AGRADECIMIENTOS

Al Arq. José Asturias Rudeke

A Victoria Eugenia Ortiz V.

## CONTENIDO

### 1.- INTRODUCCION

- A) Concepto de estructura, Analogías con la naturaleza
- B) El campo de las estructuras, breve historial
- C) Estructura y arquitectura, su relación, expresión é importancia
- D) Definiciones preliminares y terminología

### 2.- SISTEMAS ESTRUCTURALES

- A) Sistemas estructurales que trabajan principalmente a flexión
- B) Sistemas estructurales que trabajan principalmente a tensión ó compresión simple
- C) Sistemas estructurales que trabajan por su forma:
  - Lineales
  - Superficiales
- D) Sistemas estructurales verticales

### 3.- MATERIALES ESTRUCTURALES

- A) Materiales unirresistentes
- B) Materiales birresistentes
- C) Materiales adecuorresistentes

D) Prefabricados

4.- EL PROCESO DE DISEÑO ESTRUCTURAL

A) Factores que inciden

B) Metodología

5.- EJEMPLO TIPICO

6.- CONCLUSIONES

7.- BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION

El objeto de este trabajo es el de dar una guía conceptual de los principios estructurales para aquel que se inicia en la materia sintetizando las ideas que considero deben ser básicas para aquellas que por primera vez incursionan el vasto campo de la Arquitectura y que aún no cuentan con los conceptos claros y suficientes para empezar a diseñar, lo cual es indispensable como se verá en el capítulo correspondiente pues la forma arquitectónica lleva implícita el principio estructural.

## CONCEPTO DE ESTRUCTURAS, ANALOGIA CON LA NATURALEZA

### El Principio Estructural:

Es en la naturaleza donde se encuentra la verdad que preside a todas las manifestaciones materiales en ella debemos entonces buscar los fundamentos de una obra lógica.

Todos los seres están sujetos a fuerzas externas tales como la gravedad, presiones del viento, etc., satisfaciendo el principio mecánico sin el cual no sería posible la estabilidad y la resistencia, este principio es el de la ESTRUCTURA. Se llama principio de estructura la propiedad universal que tienen los seres de estar formados por lo que en lenguaje mecánico se llama materia activa y materia pasiva, siendo la materia activa la encargada de darle estática a la materia pasiva del ser.

Este principio de estructura es más explícito en la naturaleza, así por ejemplo en un árbol leñoso su estructura se forma de una gruesa capa de celulosa que le da rigidez al tronco —materia activa—, sosteniendo las hojas en posición conveniente —materia pasiva—.

Hoy se considera como obras más perfectas aquellas que tienen acertadamente encontrados sus formas resistentes exteriorizando su equilibrio satisfactoriamente.

La solución al problema estructural está en resolver la obra material con líneas activas que expresan claramente el sentido estructural de la construcción constituyendo formas en las cuales no hay ninguna línea superflua sino cada una tiene su razón de ser y su finalidad.

Esa solución al problema es resultado de una síntesis de razón é instinto producto de las circunstancias de el medio ambiente y de una sensibilidad innata en el proyectista en el cuál influye circunstancias sociales y naturales.

El equilibrio en general de todo sistema mecánico es consecuencia de la ley de energía que decide el reposo ó el movimiento de los cuerpos. El equilibrio estático de una estructura queda explicado por la presencia de reacciones internas que contrarrestan totalmente las acciones externas a que está sujeto el

sistema.

El vasto campo de la mecánica arquitectural no tiene más problemas que el de equilibrio de una forma cualquiera que sea con cualquier sistema constructivo y con cualquier material, para lograrlo hay que analizar las reacciones finales de la estructura general, conocer su reparto de fuerzas, contando para ello solo con la experiencia y el cálculo.

Es la estructura una necesidad en la arquitectura sin la cual la misma no es posible, originandose esta necesidad en conflictos direccionales subordinados a un fenómeno fundamental: EL PESO, que es la fuerza vertical ejercida por la atracción de la masa terrestre enfrentandose con la horizontalidad que es la forma de vida humana.

También se enfrenta la estructura con fuerzas horizontales tales como viento ó sismos que en edificios de altura resultan un problema de consideración.

El problema estructural es entonces el desarrollo de un sistema de forma material que desvíe las fuerzas hacia determinadas direcciones y las lleve al suelo con la máxima eficiencia estética y material y con una mínima obstrucción del espacio arquitectónico.

#### REQUISITOS ESTRUCTURALES

- Equilibrio
  - A la traslación
  - A la rotación
- Resistencia interna del material
- Adecuación formal arquitectónica
- Economía
- Estética

Podemos enunciar como requisitos estructurales más importantes los anteriormente mencionados.

### EL EQUILIBRIO

Garantiza que el edificio como un todo y cada una de sus partes permanecieran inmóviles, requisito para desarrollar las distintas actividades de la vida humana.

El factor contrario sería el desequilibrio que puede ser a la traslación y a la rotación.

### EL EQUILIBRIO A LA TRASLACION

Nos garantiza que el edificio permanezca fijo bajo la acción de fuerzas externas.

### EL EQUILIBRIO A LA ROTACION

Nos garantiza que el edificio no se vuelque bajo la acción de las cargas pudiendo la estructura deformarse pero permaneciendo estable.

### RESISTENCIA INTERNA DEL MATERIAL

Garantiza la integridad de la estructura y de sus partes bajo la acción de cualquier tipo de carga.

### ADECUACION FORMAL ARQUITECTONICA

Es la cualidad que hace que la estructura de un edificio corresponda al destino ó uso para el cuál fué construido es aquí donde entra en juego la capacidad creativa y los cursos técnicos para lograr una integración armoniosa, entre la estructura y el edificio.

### ECONOMIA

Es un factor muy importante y entra en juego cuando se tienen varias alternativas que cumplan una

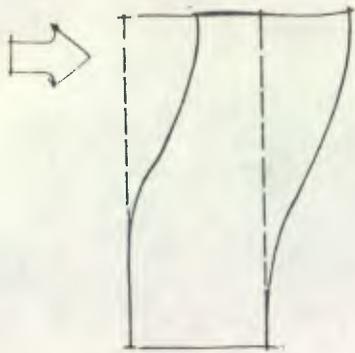
misma función habrá una que sea más económica que las demás, tomándose como principios de economía de la estructura la rápida y directa transmisión de las cargas sin hacer recorridos innecesarios, la escogencia de materiales estructurales adecuados a las fuerzas que actuarán sobre ellos, etc.

Una estructura bien pensada es por principio más económica que una estructura descuidadamente concebida.

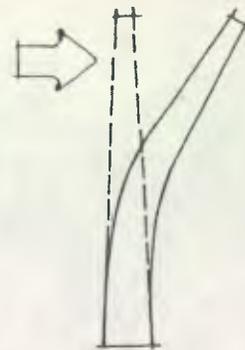
### ESTETICA

Se entiende por estética estructural aquella en que la forma de una estructura debe expresar su verdad estructural, cuando esto no sucede se caen en formalismos y mentiras estructurales que despistan al observador y confunden lo esencial con lo superfluo. La invención estructural resuelve de modo eficiente la fusión armoniosa de la personal intuición inventiva y personal objetiva, realista é inviolable ciencia estática.

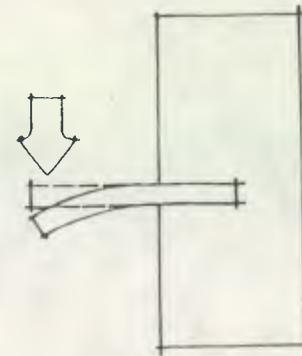
REQUISITOS ESTRUCTURALES



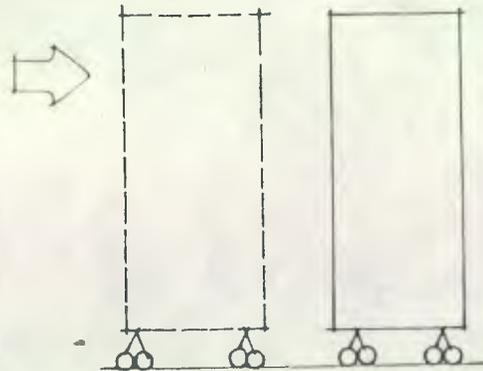
EQUILIBRIO A LA TRASLACION



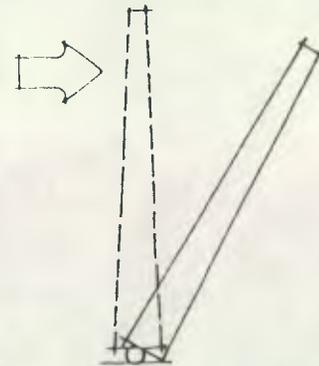
EQUILIBRIO A LA ROTACION



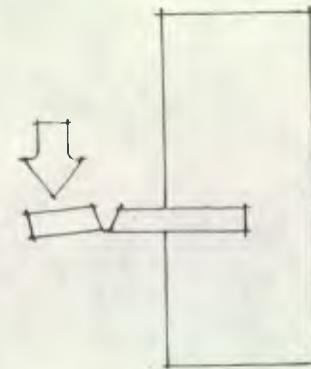
RESISTENCIA



DESEQUILIBRIO A LA TRASLACION



DESEQUILIBRIO A LA ROTACION



NO RESISTENCIA

**EQUILIBRIO RESISTENCIA**

## EL CAMPO DE LAS ESTRUCTURAS, BREVE HISTORIAL

La estructura ha sido siempre componente esencial en la arquitectura.

El hombre ha tenido que construir para conformar espacios adecuados para desarrollar su vida.

## LA CUBIERTA Y EL CERRAMIENTO

La envoltura de un edificio ó de un espacio cualquiera suele formarse de dos elementos fundamentales: Muro y Cubierta, que se han desarrollado a traves de la historia.

El muro es generalmente vertical por cuestiones funcionales y constructivas mientras que la cubierta es horizontal é inclinada para facilitar el drenaje.

La cubierta requiere una superficie continua siendo el principal problema la impermeabilidad y la resistencia a la intemperie dependiendo esto del material empleado y su solución de juntas. El acero y la madera por ejemplo tienen problemas de este tipo no así para el ~~completo~~ reforzado.  
concreto

## EL PISO Y EL EDIFICIO

Desde que el hombre acostumbra agruparse verticalmente debido a circunstancias sociales y demográficas se hace necesario el piso para multiplicar la superficie habitable y es cuando se introduce el ascensor que suprime la escalera y el número de pisos crece enormemente.

Cada material es diferente en solución pero en el piso estas variantes son pocas. Con losas y vigas se compone la mayoría puesto que estos elementos no permiten grandes variaciones de dimensiones ni el planteamiento general lo exige.

A medida que aumentan las dimensiones se descompone el sistema en varios elementos concentrados los principales para así ahorrar material y por supuesto sin disminuir la rigidez del conjunto aprovechando mejor el espacio y las alturas libres.

La continuidad del concreto y su posibilidad de armado en varias direcciones han permitido un ancho de losa mayor cubriendo espacios mayores y repartiendo la carga en dos direcciones.

A continuación se analizará el desarrollo del proceso estructural a través del tiempo haciendo comparaciones con el concepto estructural moderno.

- 1.- En el pasado el proyecto estructural se hallaba relativamente reducido y habían pocos sistemas normalizadores y pocas técnicas, limitando las posibilidades constructivas. En la actualidad puede construirse casi cualquier cosa, incluso las contradicciones estructurales debido al gran avance que ha tenido la técnica de nuestros tiempos.
- 2.- En el pasado el conocimiento de las formas estructurales, era empírico y vago, en la actualidad la matemática y la técnica prescinden métodos precisos de forma y expresión estructural limitando la desviación individualista solo a factores económicos.
- 3.- En el pasado el arquitecto se vió limitado por la poca variedad de sistemas estructurales. En la actualidad la gran cantidad de estructuras ya experimentadas permiten la sincronización de cualquier espacio y una estructura adecuada.
- 4.- En el pasado la estructura del edificio desempeñó un papel poco importante en la estética de la arquitectura tratando de recubrirla y recurriendo casi siempre a la ornamentación como recurso estético. En la actualidad la belleza se busca en la forma estructural y de su comprensión como sistema lógico, se explota la lógica de la estructura como fuente de sensación estética.
- 5.- En el pasado habían pocos edificios importantes debido a esa importancia habían pocas limitaciones económicas y su esquema estructural no estaba limitado en ese sentido. En la actualidad la explosión demográfica exige una cantidad considerable de edificios sujetos a presupuestos afinados y de provecho obtenible en el mayor grado posible.

## ESTRUCTURA Y ARQUITECTURA, SU RELACION, EXPRESION é IMPORTANCIA

Toda obra de arquitectura se construye con una finalidad ó función, siendo condición esencial que la construcción dedicada a ese fin mantenga su forma y condición a lo largo del tiempo, su resistencia es una condición fundamental aunque no es la única y ni siquiera la finalidad primaria.

Así pues las funciones primarias pueden agruparse así

- 1- Aislar un determinado volumen del exterior, defenderlo de los elementos naturales, tales como viento, lluvia, ruidos, temperatura, vista del exterior, etc., desde el punto de vista estructural deben distinguirse en este grupo los muros y las cubiertas. Es aquí donde se aplica en mayor grado la arquitectura.
- 2- Sostener cargas fijas ó móviles es decir plantear una superficie horizontal que permita el paso de personas, vehículos, etc., por una parte están los edificios y de otra los puentes, viaductos, pasarelas, etc.
- 3- Contener empujes horizontales ó establecer un paramento que soporte los empujes de tierra, líquidos ó materias análogas en este grupo están las presas y muros de contención, etc.

De todos los elementos que componen una forma material rígida la estructura es la más esencial sin la estructura la forma material no puede ser preservada y sin preservar la forma el organismo interior no puede funcionar.

Entre las principales funciones del arquitecto está la elección de formas racionales en los proyectos asignados y el análisis estructural, entre las componentes arquitectónicas la estructura es fundamental porque puede existir un edificio sin tabiques ó escaleras ó incluso sin servicios pero no podría existir sin estructura y aún cuando ella sola no hace la arquitectura es su estructura soportante quien la hace posible, de allí la importancia del conocimiento de las técnicas de diseño y materialización de la estructura como elemento primordial de la arquitectura.

A veces sorprende la aparición de ciertas formas preocupadas más por impresionar al observador que por obtener un equilibrio entre forma y función y estructura lo cual debe ser siempre lógico y fundamental de lo contrario no pasará más que de ser un formalismo. La creación de formas consiste en la investigación y la aplicación de soluciones que aseguren una eficacia óptima de la estructura proyectada y se deben tomar en cuenta como ya se ha dicho factores referentes a resistencia, seguridad y estabilidad y técnicas constructivas así como de factores económicos para lograr racionalmente la productividad de la inversión.

Para tal logro deberá buscarse:

- A) Logro de esfuerzos admisibles en todas las secciones resistentes.
- B) Tener resistencia uniforme en todas las secciones.
- C) Capacidad elástica de la estructura acorde al tipo de suelo.
- D) Obtención de costos mínimos.

Es decir que deberán buscarse secciones adecuadas en los elementos para lograr una resistencia uniforme con un mínimo de deformabilidad de la estructura a un costo mínimo.

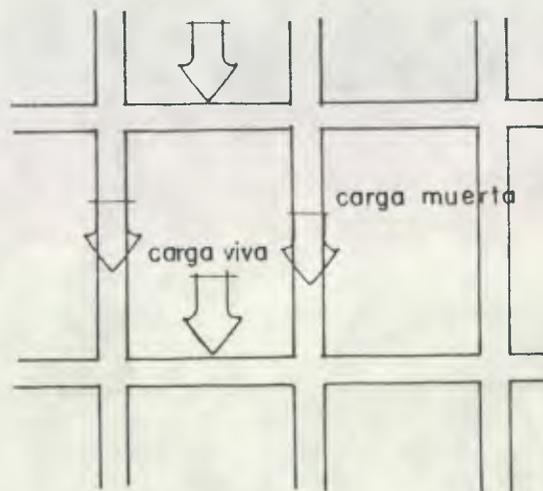
Para resolver el problema el constructor cuenta con unos materiales determinados y con unas técnicas de construcción ó procesos constructivos de los que es difícil salirse en un momento dado.

Los fenómenos estáticos resistentes requieran por tanto atención especial sin olvidar por supuesto el resto de las condiciones que entran en el problema conjunto de la construcción, pues precisamente, menospreciar el resto es decir pensar solo en la estructura es un defecto corriente del técnico del mismo modo lo es frecuentemente por parte general del artista el menospreciar la estructura al idear la forma general y los detalles del conjunto. Esto no puede ser así pues estructura y forma general no se pueden separar ni pensar separadamente la una de la otra sino que van ligadas íntimamente complementándose una a la otra, ambas exigencias deberán estar siempre presentes en el ánimo del proyectista, porque una de ellas sola y sin integrarse en el conjunto de la construcción no tendría razón de ser.

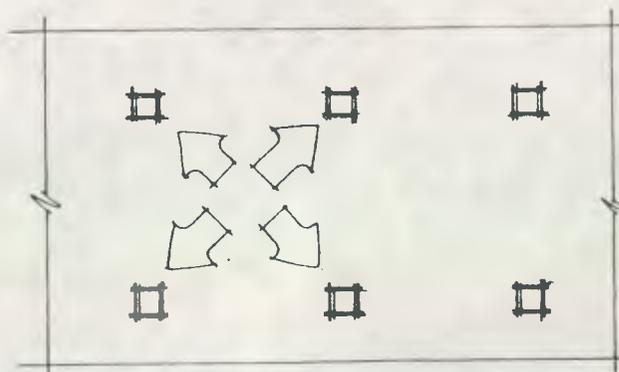
Así pues la estructura es parte muy importante de la arquitectura puesto que es la que va a satisfacer las condiciones necesarias para ser posible que la conformación de espacios para habitar se puedan construir físicamente es como si dijéramos en terminos naturales, el esqueleto de la forma arquitectónica.

Así pues que toda obra arquitectónica tienen una función resistente que cumplir y el conjunto de condiciones necesarias para asegurar la inmovilidad total ó sea el mantenimiento estático de las formas a lo largo del tiempo se logra única y necesariamente con una estructura que es la encargada de satisfacer dichas condiciones.

# CLASIFICACION DE CARGAS



LAS CARGAS VIVAS Y MUERTAS SE TRANSMITEN CONJUNTAMENTE A LOS CIMIENTOS SEGUN EL MECANISMO ESTRUCTURAL



# CARGAS

## CONCEPTOS PRELIMINARES

### — TENSION /

Es el efecto producido por un par de fuerzas iguales opuestas y colineales que divergen en cualquier punto de un miembro.

### — COMPRESION /

Es el efecto producido por un par de fuerzas iguales opuestas y colineales que convergen en cualquier punto de un miembro.

### — TORSION /

Es el efecto producido por un par de fuerzas iguales opuestas y no colineales que hacen que un miembro se tuerza alrededor de su eje central se produce siempre por un par.

### — ESFUERZOS /

Pueden ser normales ó cortantes.

Se llaman esfuerzos normales aquellos que actúan en dirección perpendicular al área de un miembro bajo la acción de una fuerza que puede ser de tensión si tira del área ó de compresión si la empuja.

Esfuerzos cortantes con los producidos por una fuerza que actúa tangencialmente a un área dada, esta fuerza se llama cortante y el área dada: Área de corte.

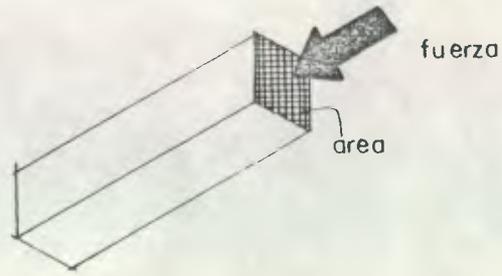
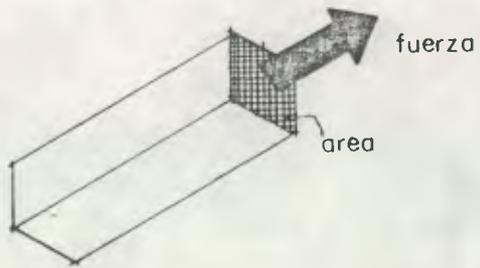
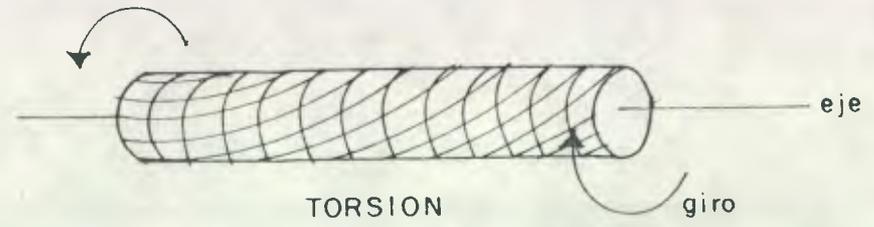
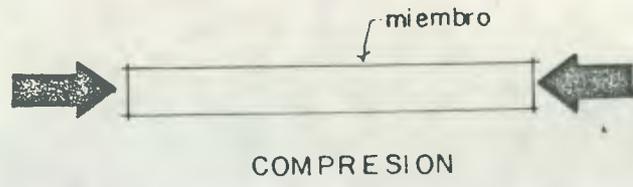
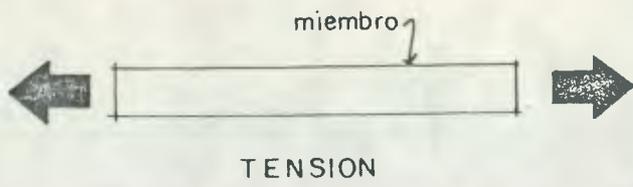
### — FLEXION /

Es la acción combinada de tensión compresión y esfuerzos normales y cortantes.

## — MOMENTO

Es la tendencia de una fuerza a causar una rotación alrededor de cierto punto ó eje y es igual a la magnitud de la fuerza multiplicada por la distancia al punto considerado.

CONCEPTOS

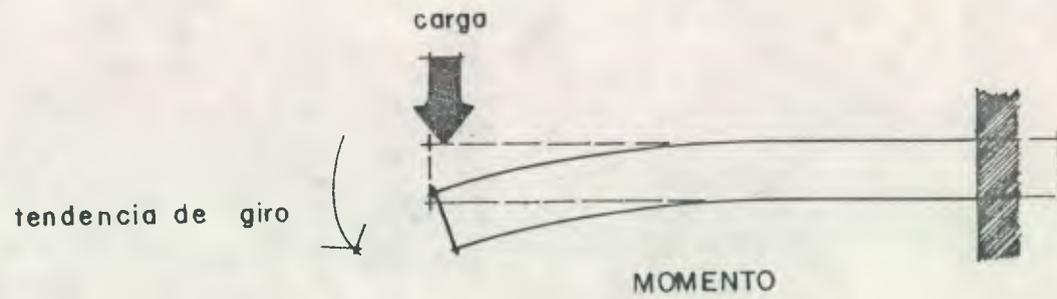
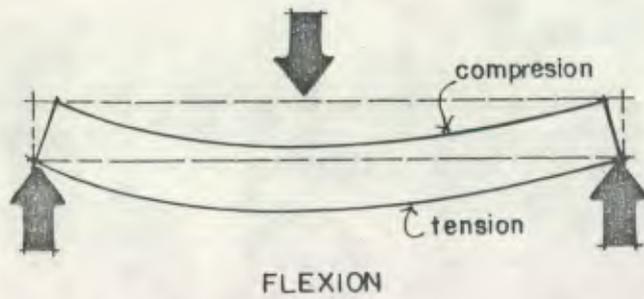
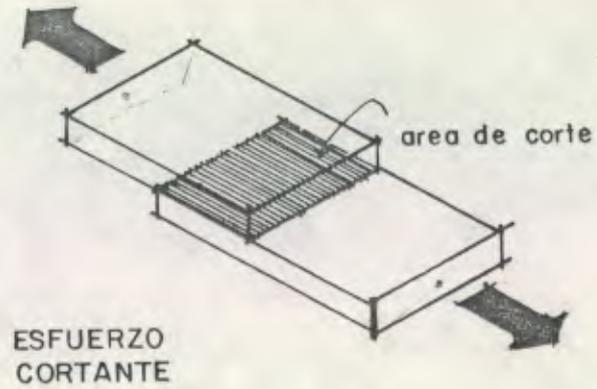


ESFUERZOS NORMALES

tension

compresion

**ESFUERZOS**



# FLEXION MOMENTO

A lo largo de los siguientes capítulos se irán analizando los distintos sistemas estructurales que se han ido desarrollando y evolucionando hasta nuestros días todos ellos están conformados por los elementos básicos antes expuestos ó por variantes de ellos: El soporte y la cubierta, los cuales se afirman en el suelo por medio de una cimentación.

Podemos clasificar los sistemas estructurales en base a su mecanismo resistente:

- A) Sistemas estructurales que trabajan principalmente a flexión.
- B) Sistemas estructurales que trabajan principalmente a tensión ó compresión simple.
- C) Sistemas estructurales que trabajan por su forma, y se subdividen en:
  - Lineales y
  - Superficiales
- D) Sistemas estructurales verticales

Esta clasificación obedece a la actuación principal de cada sistema, sin embargo pueden presentarse a veces mecanismos combinados, se expondrán seguidamente los casos más típicos.

## SISTEMAS ESTRUCTURALES SUJETOS A TENSION Ó A COMPRESION SIMPLE

- A) Son sistemas conformados por elementos sólidos rectos y cortos y son piezas lineales que solo pueden transmitir fuerzas en sentido lineal debido a su escasa sección estando sometidas, a tensión, compresión ó a ambas.

Se ensamblan formando triángulos constituyendo una composición estable que se sustenta convenientemente transmitiendo cargas a los extremos <sup>CUBRIENDO</sup> grandes distancias y sin necesidad de apoyos intermedios. Se caracterizan por la disposición triangular de sus piezas que le dan mayor rigidez pues el triángulo se considera una figura indeformable y se basan en la descomposición de fuerzas externas en varias direcciones por medio de miembros.

Su mecanismo estriba en la acción concertada de cada pieza en tensión ó en compresión.

Para la solución de estos sistemas es necesario un previo conocimiento del mecanismo vectorial, la dirección de las fuerzas puede verificarse en un plano ó en el espacio pudiendo ser el mecanismo triangular ó recto ó triangulado curvo en dos ó tres dimensiones.

En comparación con otros sistemas estructurales puede asimilarse según la distribución de tensiones a formas compactas como por ejemplo vigas apoyadas en sus dos extremos con cordones paralelos, la tensión de estos es parecida a la de éstas ó en marcos rígidos.

Estos sistemas estructurales son aptos para edificios de altura debido a su eficiencia a las condiciones variables de carga por sus segmentos cortos asegurando la transmisión directa de las cargas y estabilidad contra el viento, teniendo ilimitadas posibilidades de expansión en tres dimensiones.

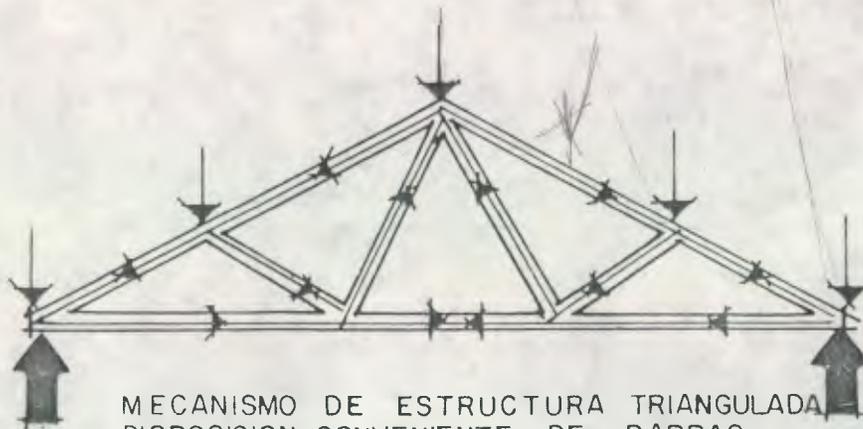
COMPARACION DE  
MECANISMOS RESISTENTES



MECANISMO DE VIGA  
SECCION MATERIAL RIGIDA

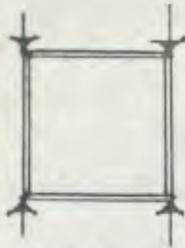


MECANISMO DE ARCO  
FORMA MATERIAL ADECUADA

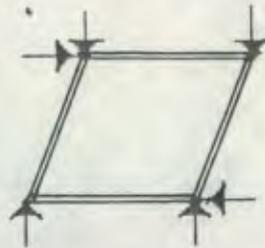


MECANISMO DE ESTRUCTURA TRIANGULADA  
DISPOSICION CONVENIENTE DE BARRAS

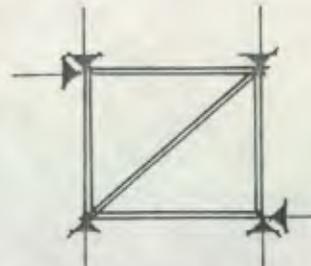
**ARMADURAS**



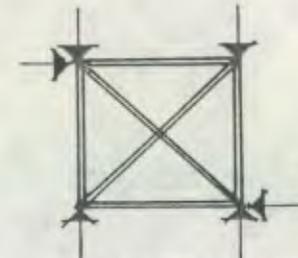
rigidez aparente



desplazamiento por cargas asimétricas

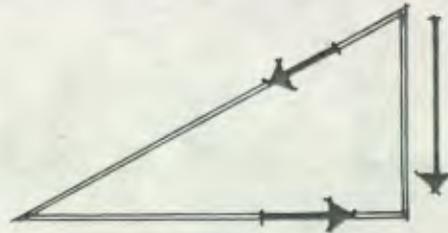


rigidez mediante triangulación



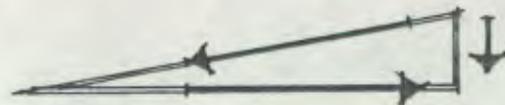
doble seguridad

RIGIDEZ MEDIANTE TRIANGULACION



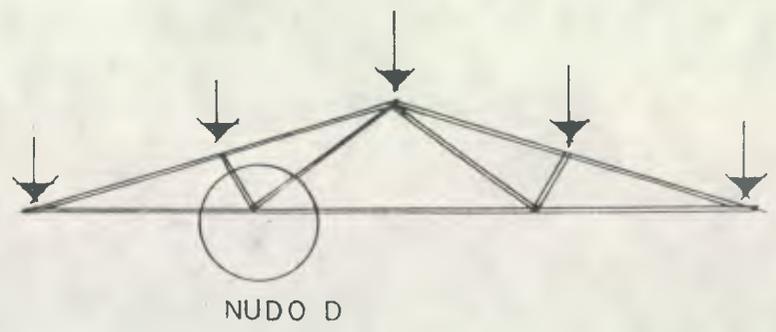
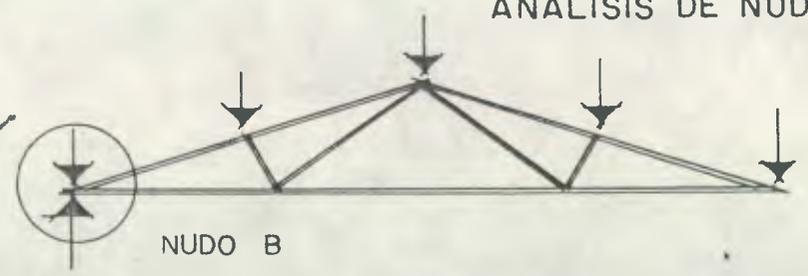
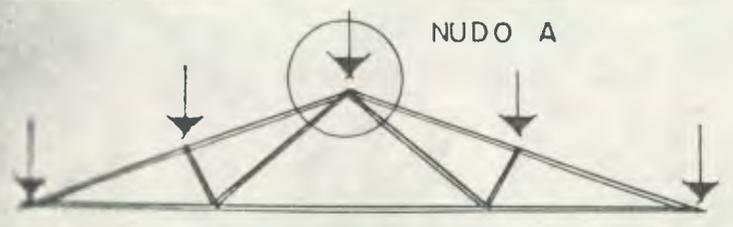
La altura aumentada implica reducción de esfuerzos debido a que la componente en sentido de la fuerza exterior es más grande.

INFLUENCIA DEL PERALTE



La altura reducida se traduce en incremento de esfuerzos en las barras, porque su componente en sentido de la fuerza exterior es pequeña y poco eficaz.

ANALISIS DE NUDOS



NUDO A



NUDO C



NUDO D



NUDO B

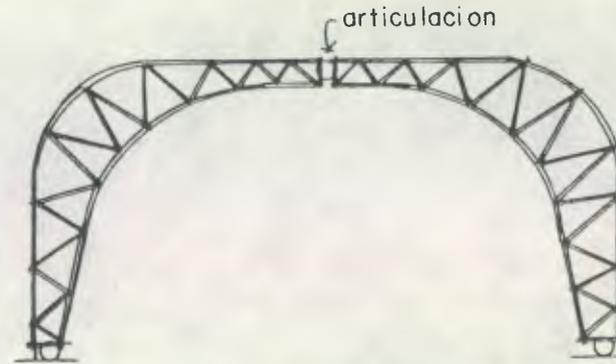
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GOATEMALA  
BIBLIOTECA  
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

ARMADURAS

ADECUACION AL SISTEMA  
DE MARCOS RIGIDOS



MARCO DE 2 ARTICULACIONES

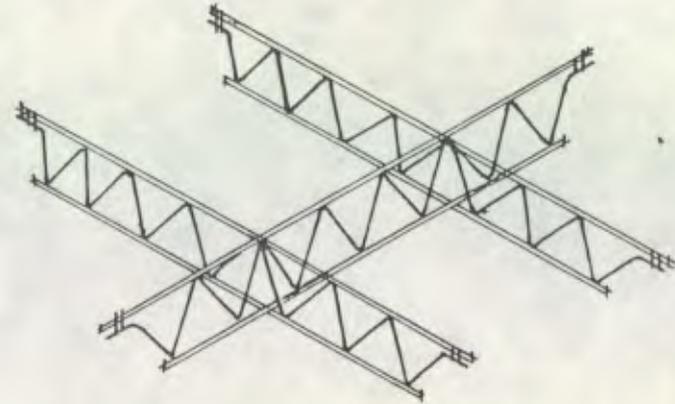
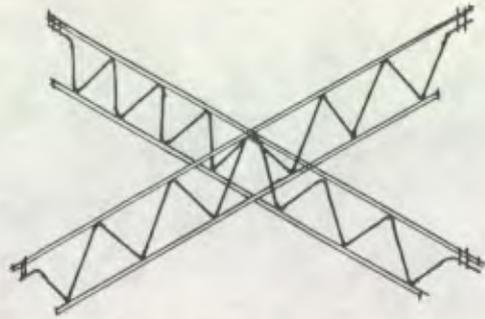


MARCO DE 3 ARTICULACIONES

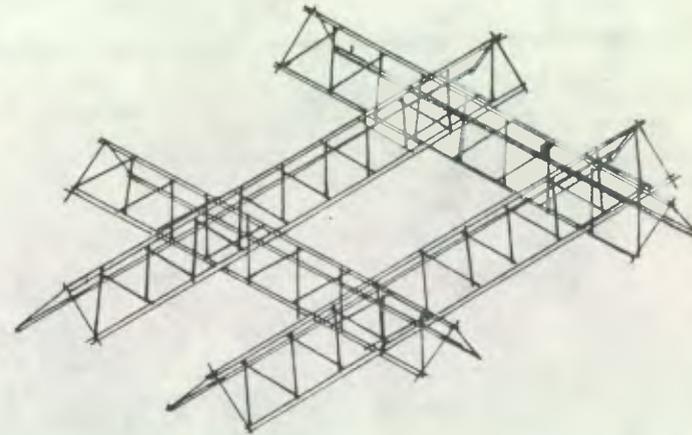
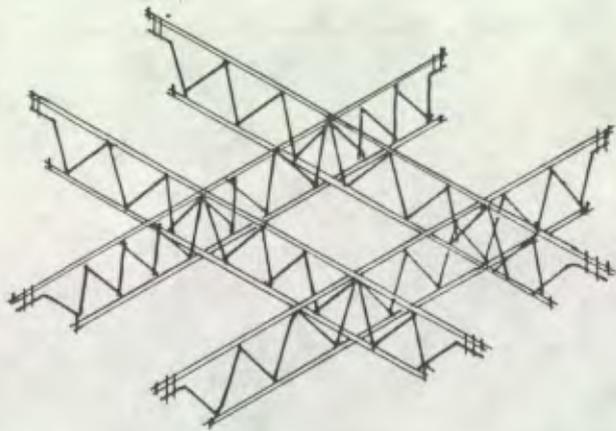


MARCO DE 3 ARTICULACIONES

**ARMADURAS**



INCREMENTO DE RESISTENCIA  
CON EL RETICULADO

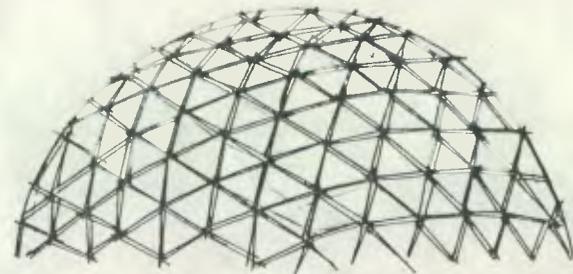


INCREMENTO DE RESISTENCIA  
AL COMBINAR LAS CERCHAS

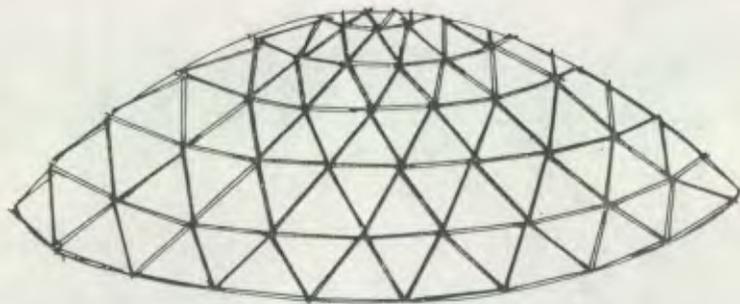
ADECUACION A  
SUPERFICIES ESFERICAS



ESFERICA A BASE  
DE HEXAGONOS



GEODESICA



ZEISS DYWIDAG

**ARMADURAS**

## SISTEMAS ESTRUCTURALES SUJETOS A FLEXION

Son los sistemas estructurales formados por elementos lineales rectos que están dotados de resistencia material, tensión, compresión y a flexión determinando ejes y dimensiones y estableciendo planos y relaciones tridimensionales mediante su posición en el espacio, su actuación se basa en su masa y continuidad de la materia son sistemas estructurales en estado de flexión.

Los elementos típicos de estos sistemas son las vigas que son elementos estructurales resistentes a flexión y de directriz recta resistiendo fuerzas en la dirección de su eje y mediante esfuerzos internos soporta también fuerzas perpendiculares a su eje transportándolas a lo largo del mismo hasta sus extremos, que son los elementos básicos de este sistema.

Con su sección llena la viga modifica en  $90^\circ$  la dirección de las fuerzas desviándolas hacia los apoyos, es la más usada en la edificación.

Por medio de conexiones rígidas las vigas y soportes aislados pueden combinarse formando un sistema de elementos que actúan conjuntamente. El mecanismo sustentante es la resistencia de la flexión que es una acción combinada de esfuerzos de compresión y tensión unido al esfuerzo cortante.

Se tienen entre estos sistemas las vigas continuas, los marcos articulados, los marcos rígidos, los pisos múltiples y los marcos múltiples.

Se pueden lograr en este sistema buenas luces sin prescindir de la geometría rectangular dispuestos en retículas biaxiales se pueden reducir el canto y la masa: Son ellos los emparrillados ó retículas de vigas. La condensación de vigas conduce a la losa que es más eficaz dentro de ciertos límites, atendiendo a la luz.

Se resuelven estos sistemas en geometría rectangular debido a su simplicidad.

La carga se transmite según dos ejes por el mecanismo de flexión en caso de carga concentrada en un punto en un sistema de transmisión de cargas por nudos rígidos, todas las vigas flectan y se incrementa la resistencia a flexión del conjunto. También se incrementa la resistencia adicional a la torsión. Produciendo

efecto de empotramiento su resistencia a la torsión incrementa la resistencia a la flexión.

Las vigas en sentido largo pierden eficacia cuando la relación es de 1:2, por lo cual han de rigidizarse más que las otras que van en sentido corto.

La retícula oblicua ó diagonal soluciona el problema anterior pues se evita el inconveniente de vigas muy largas y plantas alargadas a causa de las luces reducidas se logra efecto de empotramiento en las esquinas.

Las vigas se construyen efectivamente en acero y en concreto reforzado debido a la capacidad de estos materiales de soportar tensión y compresión. La madera también es birresistente pero su resistencia a esfuerzo de corte es muy escasa y se desliza longitudinalmente debido al esfuerzo de las fibras continuas.

El acero es el material que mayores posibilidades ofrece para vigas debiendo tomarse en cuenta la flexión y la torsión a que esta sujeta y su pequeño espesor hace necesario el uso de elementos rigidizantes.

La viga de concreto reforzado ofrece ciertas posibilidades de aprovechamiento y de adaptación al fenómeno tensional de cada caso en particular lo cual es difícil de obtener en otros materiales pues en el concreto reforzado el acero de refuerzo se adecua dentro del concreto en las áreas sujetas ya sea a tensión, compresión ó a corte.

Las vigas pueden estar simplemente apoyadas, empotradas, continuas ó en voladizo. La ventaja de la empotrada es que para cada carga uniformemente repartida se reparten los momentos a lo largo de la viga en proporciones tal que no requieren mayor sección.

En la viga simplemente apoyada el momento es cero en los apoyos y es máximo en la mitad de la luz. La viga empotrada es un marco ó una sucesión de marcos y la viga continua es la que se apoya en varios soportes aminorando los momentos críticos.

En la viga del voladizo se invierte el sentido de tensión y de compresión que se da en la viga, simplemente apoyada pues debido a la deformación la tensión actúa en la parte superior y la compresión en

la parte inferior. Para sujetar el voladizo es necesario un empotramiento.

## LOSAS

Las losas se pueden concebir como una sucesión de vigas en la cual el fenómeno tensional es fundamental. También se puede interpretar como una sola viga en que su peralte es despreciable en relación a su ancho. Constituye la forma más elemental de cubrir una superficie entre dos muros paralelos y se desarrolla enormemente con el concreto reforzado el cual permite construirla monolíticamente.

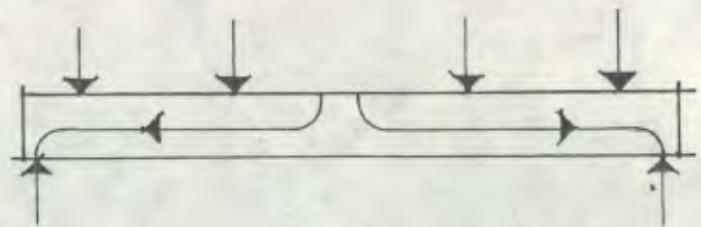
Puede ir apoyada, en dos lados, ó en cuatro lados ó sobre soportes, siendo de diversos tipos.

El marco ó pórtico es el formado por la viga y sus dos soportes cuando las tres piezas estan monolíticamente unidas entre sí, la viga se empotra entre los soportes, estos flexan y la flexión que sufren alivia las flexiones de la viga es la forma más elemental de arco. En marcos peraltados es pequeño el trabajo a compresión respecto al de flexión pero ayuda a este último, en los marcos sin peralte, la viga solo transmite flexión.

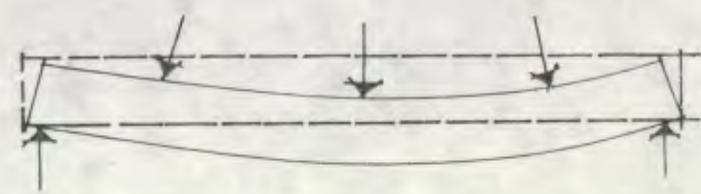
Los marcos pueden ser empotrados ó articulados ya sea de una ó varias articulaciones siendo los materiales más adecuados el concreto y el acero pues la madera no se presta para transmitir flexiones ni tensiones, a través de sus ensambles.

MECANISMO RESISTENTE

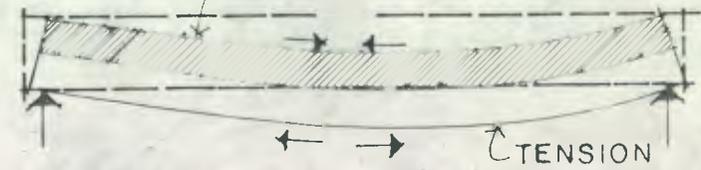
DESVIACION DE CARGAS EN 90°



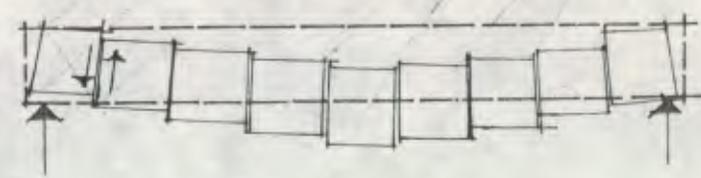
FLEXION



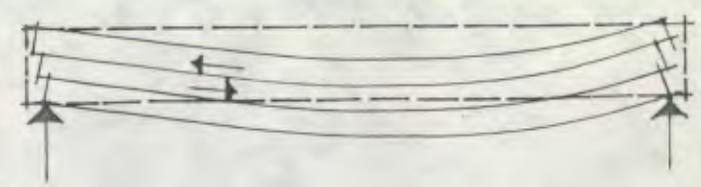
COMPRESION

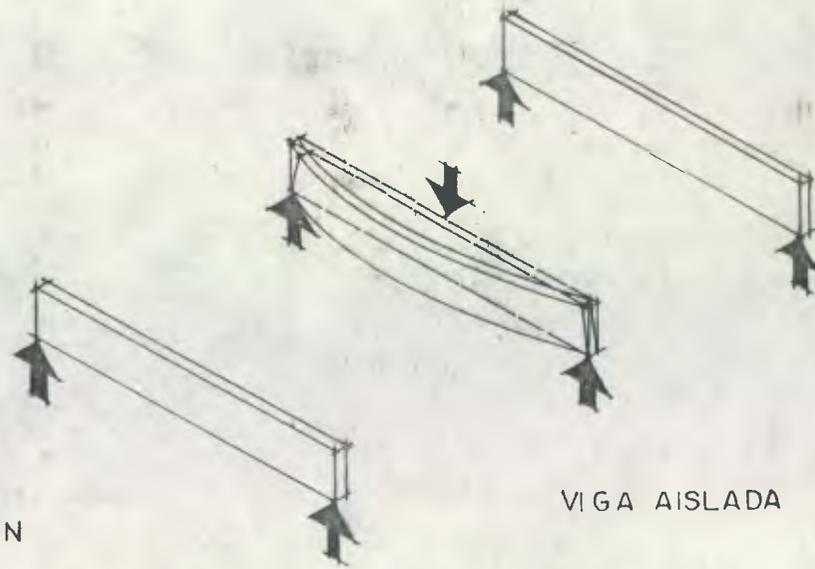


CORTE VERTICAL



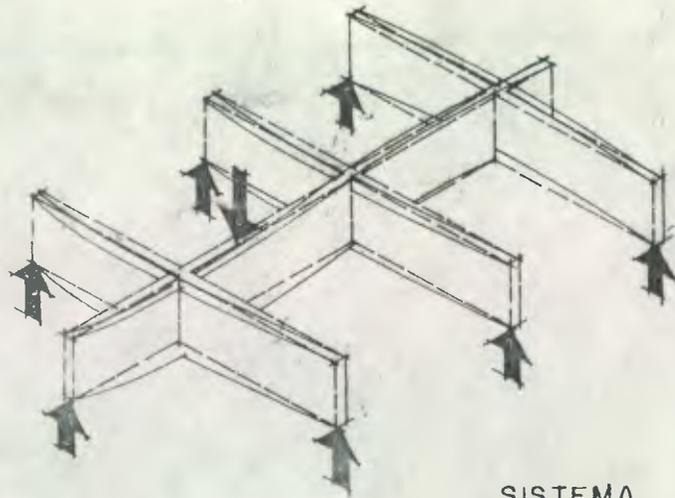
CORTE HORIZONTAL





MAYOR  
DEFORMACION

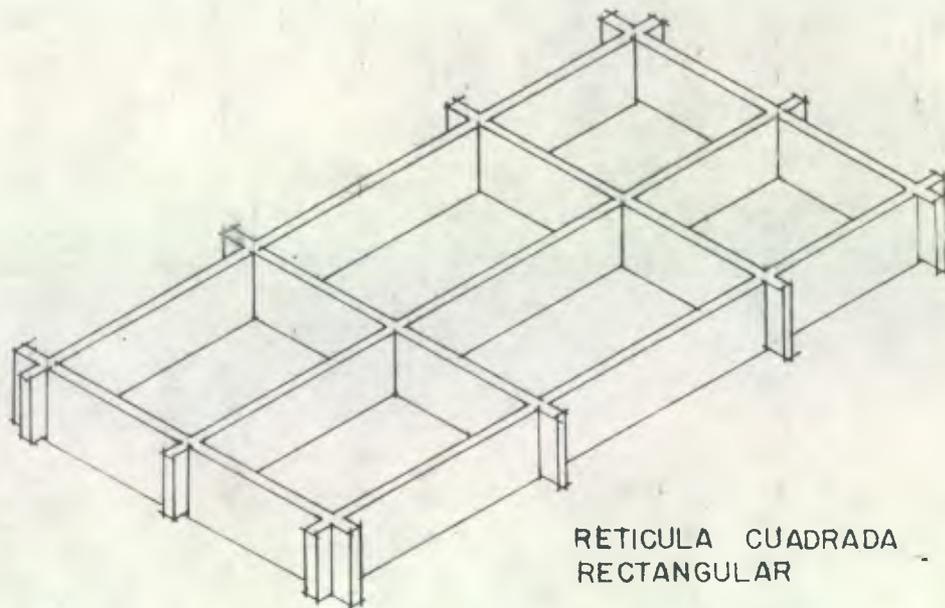
VIGA AISLADA



LA DEFORMACION  
SE DISTRIBUYE  
EN TODO EL  
CONJUNTO

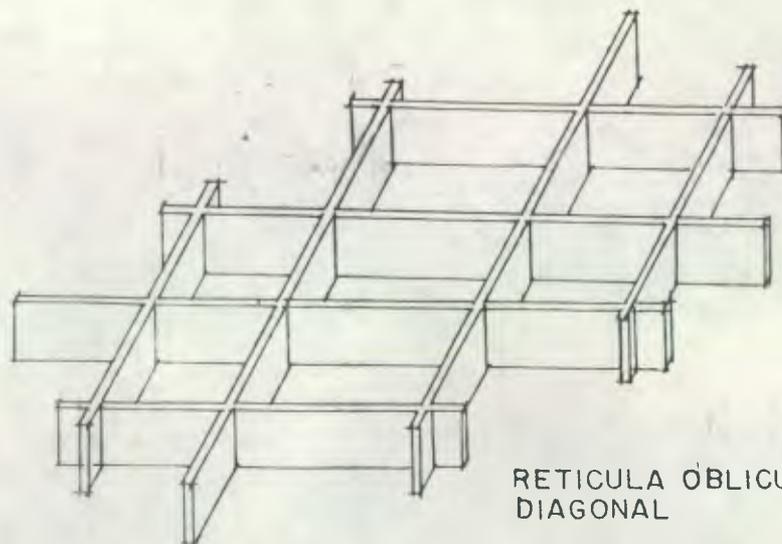
SISTEMA

las vigas muy largas  
pierden eficacia  
necesitan mas rigidez



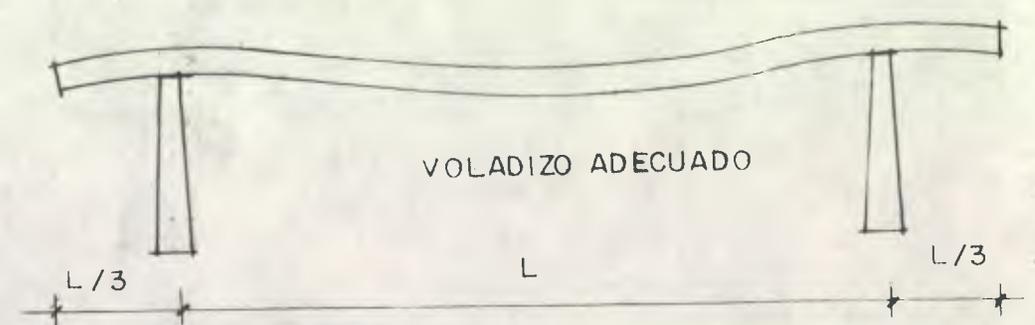
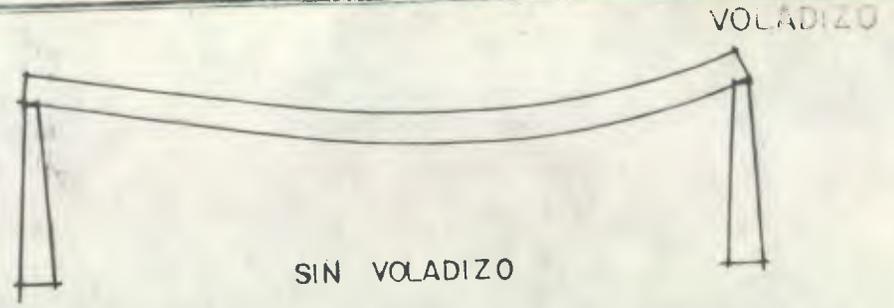
RETICULA CUADRADA  
RECTANGULAR

se evita el problema  
de vigas muy largas  
efecto de empotramiento  
en las esquinas

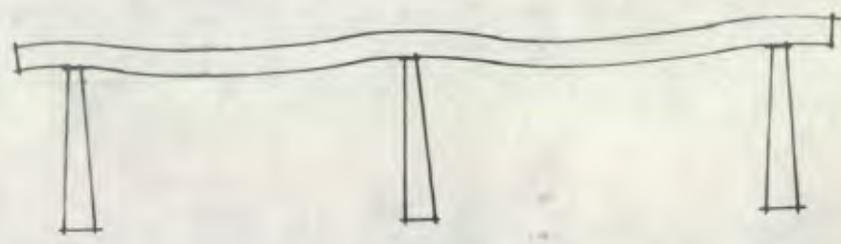


RETICULA ÓBLICUA  
DIAGONAL

EL VOLADIZO INFLUYE  
EN LA DEFORMACION



LA DEFORMACION DISMINUYE  
CON LA CONTINUIDAD POR EL  
EFECTO DE EMPOTRAMIENTO

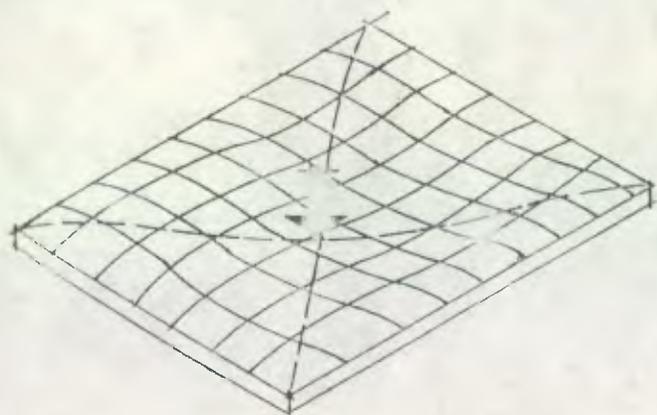


VIGAS DISCONTINUAS

VIGAS CONTINUAS

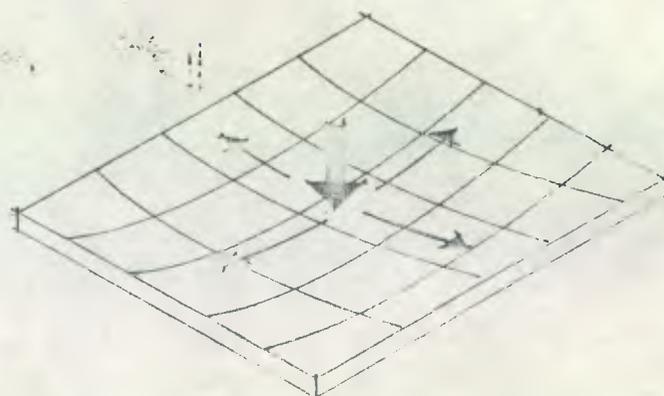
**VIGAS**

MECANISMO RESISTENTE

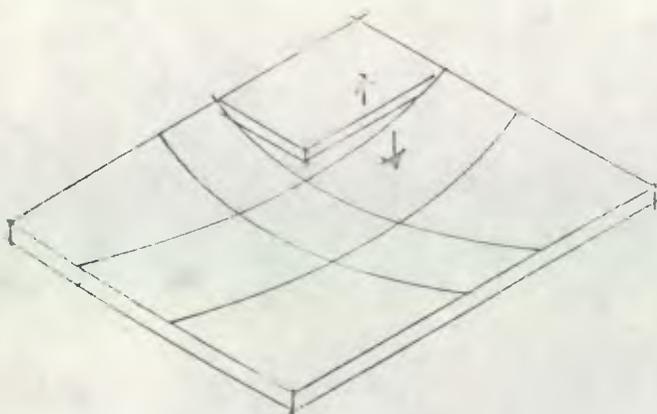


aumento de rigidez  
en las esquinas

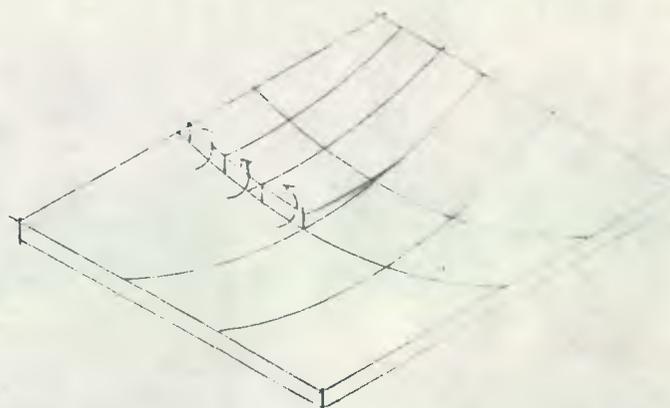
ACTUA COMO UNA SUCESION  
DE VIGAS



LA CARGA SE TRANSMITE  
EN LAS DIRECCIONES



RESISTENCIA A CORTE



RESISTENCIA A TORSION

## SISTEMAS ESTRUCTURALES QUE TRABAJAN POR SU FORMA: SUPERFICIALES

Las superficies son los medios más eficientes é inteligibles para formar y determinar espacios constituyendo un instrumento y criterio en la definición de espacios mediante la cual la arquitectura se afirma así misma tanto como idea así como realidad.

Las superficies estructurales pueden combinarse para formar mecanismos que transmiten fuerzas constituyendo los sistemas de superficie activa en las cuales es requisito la resistencia superficial a esfuerzos de tensión, compresión, y cortantes.

Su capacidad de hacer cambiar de dirección a las fuerzas depende de su posición en relación a la fuerza actual.

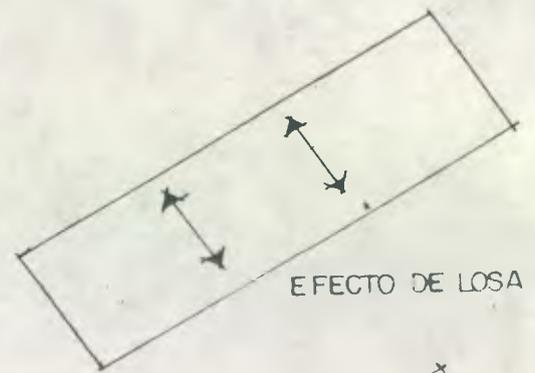
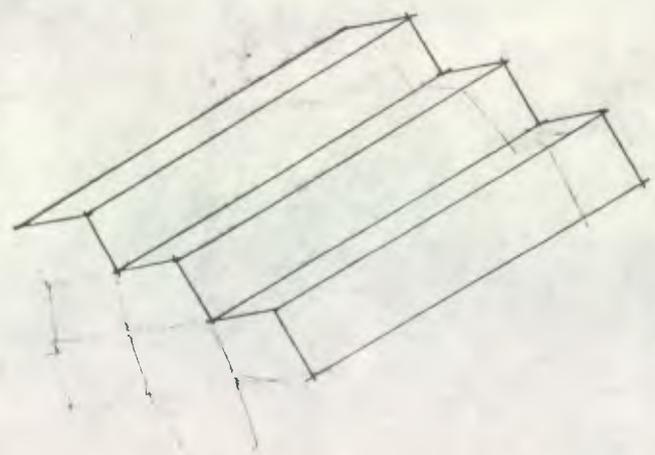
→ La posición eficaz es la que sigue la paralela a las fuerzas actuantes y disminuye mientras se forman ángulos con la dirección de la fuerza actuando y la superficie. Inclinado la superficie hacia la dirección de la fuerza actuante por medio de plegado ó curvado es posible conciliar la oposición entre la eficacia horizontal de cubrir espacios y una eficacia vertical en la resistencia frente a las fuerzas de gravedad.

→ Se debe tener especial cuidado en la selección de una forma correcta de la superficie pues ello determina el mecanismo sustentante del sistema.

→ El problema esta en la rigidización del borde del perfil superficial de la estructura, evitando cambios bruscos de rigidez ó de tendencia a separación entre superficies y rigidizador. \*

Estos sistemas conforman el espacio interno y externo del edificio, es la envoltura y es la corteza al mismo tiempo la estructura y el edificio son una misma cosa por lo que cualquier desviación de la forma correcta puede comprometer su funcionamiento y afectar la economía del mecanismo. Existen entre estos sistemas una gran variedad de posibilidades teniendo cada una su modo típico de funcionar.

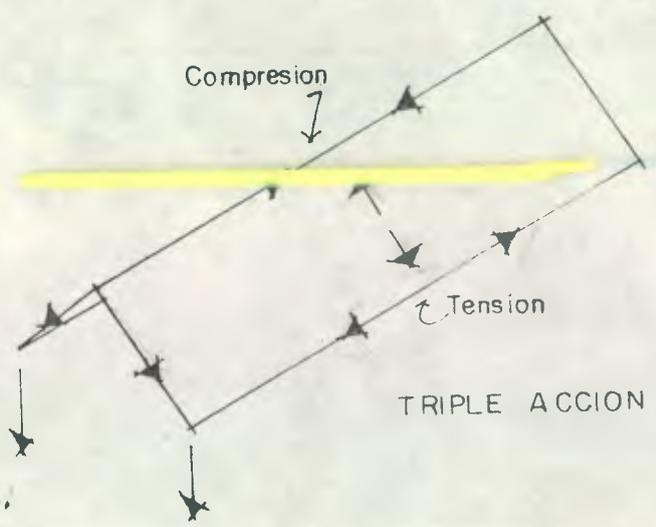
MECANISMO RESISTENTE



EFFECTO DE LOSA



EFFECTO DE VIGA



Compresion

Tension

TRIPLE ACCION

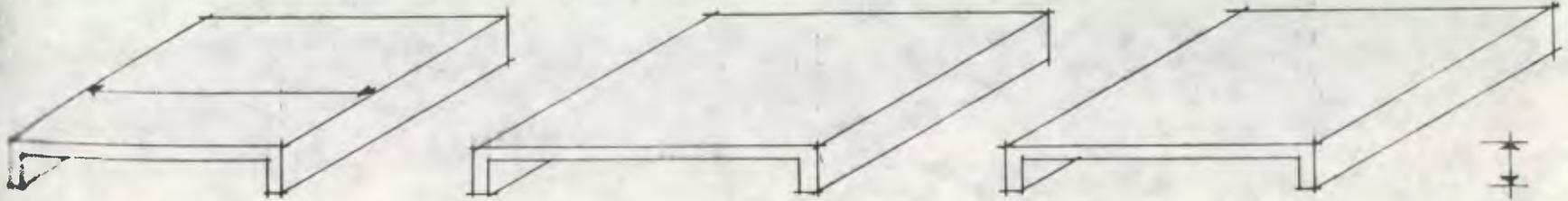
FLEXION



EFFECTO DE MARCO

**LOSA PLEGADA**

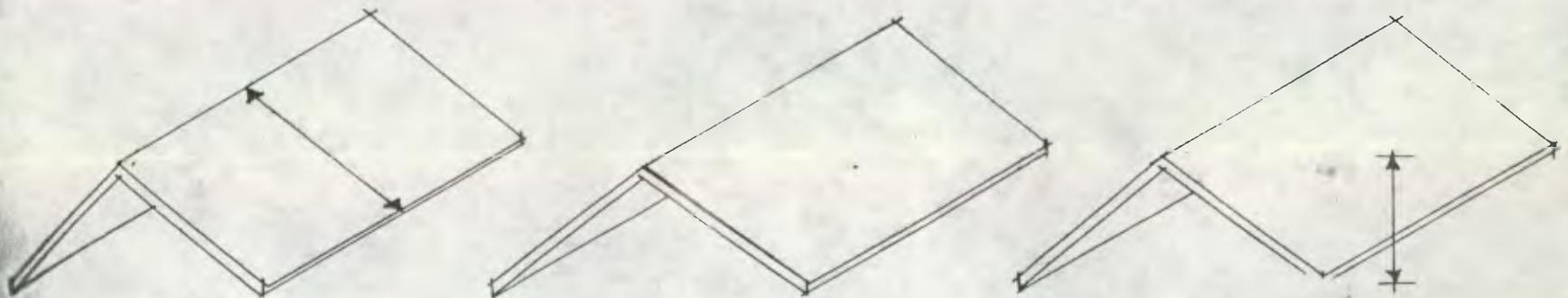
VENTAJAS DEL PLEGADO



REDUCCION DE LA LUZ  
DE LA LOSA

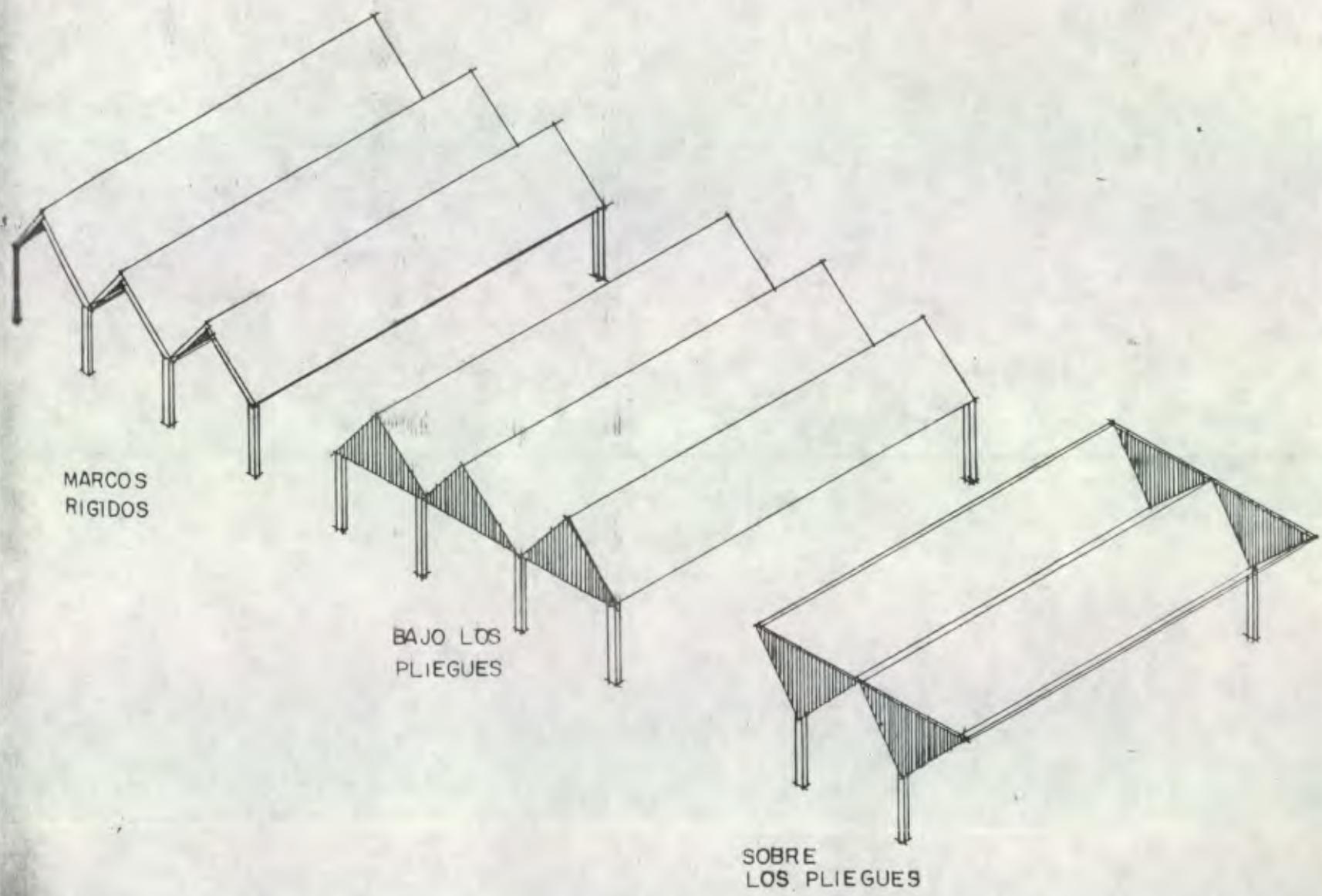
ELIMINACION DE NERVADURAS

INCREMENTO DE RESISTENCIA  
DEBIDO AL PERALTE



**LOSA PLEGADA**

RIGIDIZADORES

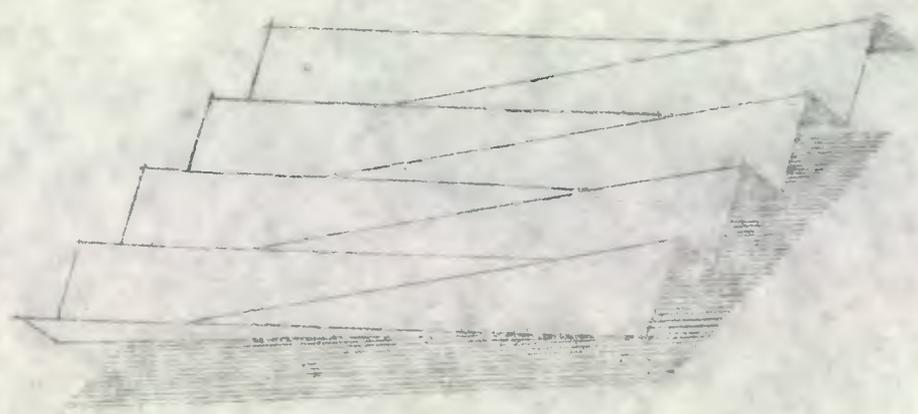


MARCOS RIGIDOS

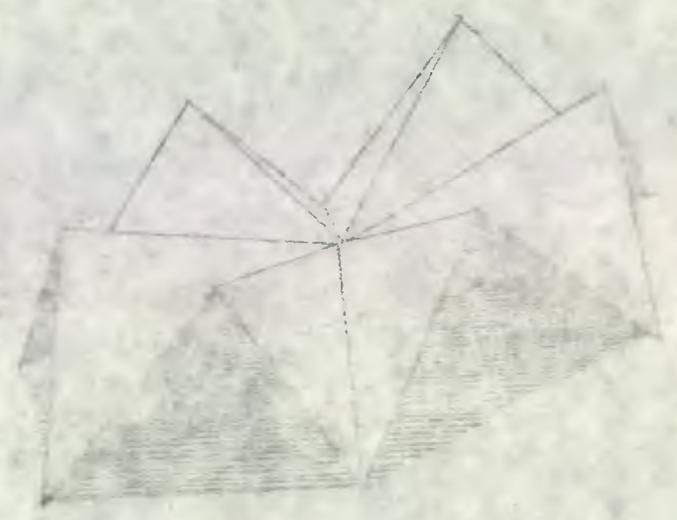
BAJO LOS PLIEGUES

SOBRE LOS PLIEGUES

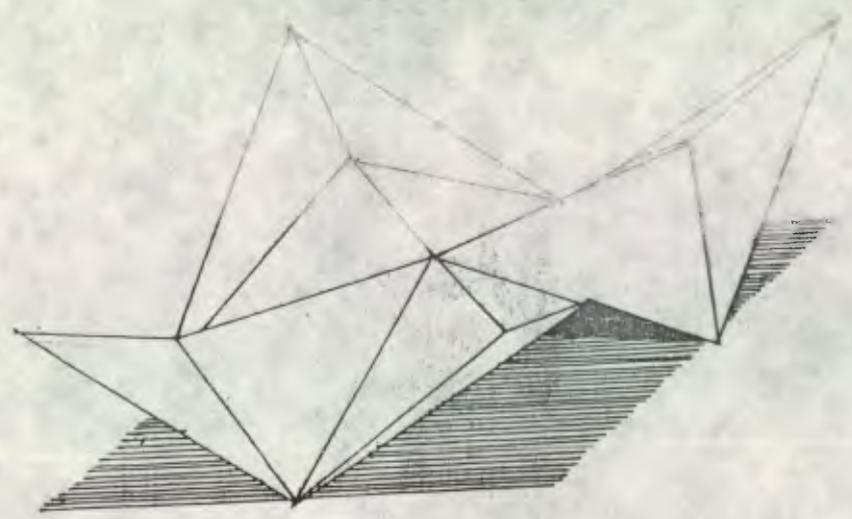
**LOSA PLEGADA**



ALTERNADA



RADIAL



DOBLE PLEGADO

**LOSA PLEGADA**

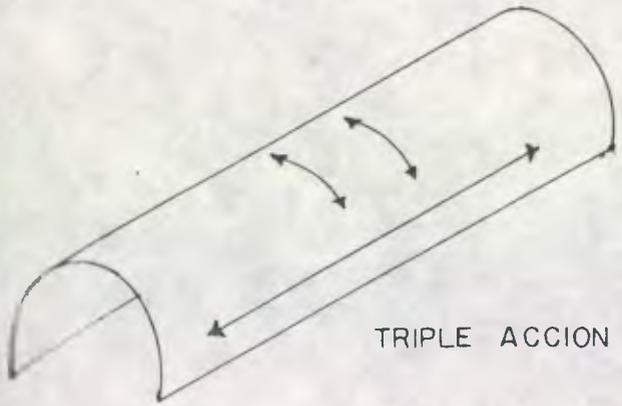
### LAMINA CILINDRICA:

Aunque en apariencia son semejantes con la bóveda de cañón esta es una estructura totalmente diferente que se mantiene dentro de los conceptos esenciales expuestos con cualquier material sea piedra ó ladrillo. Sin embargo con el concreto reforzado se alcanzan soluciones más ligeras debido a su cualidad tensional.

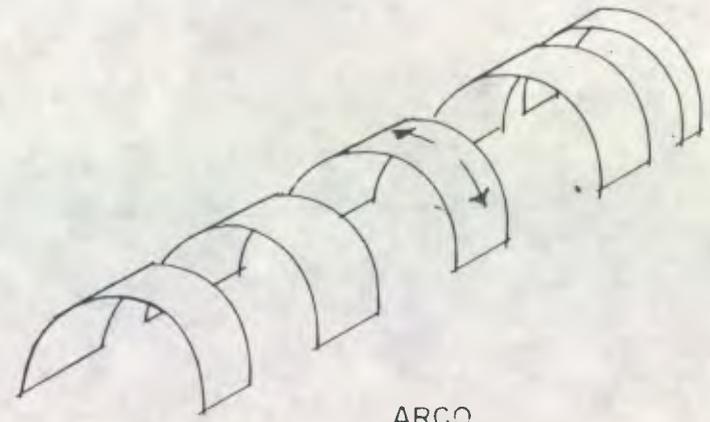
Con el concreto reforzado se crea la lámina cilíndrica abre arcos rígidos ó muros transversales distanciales y colocado según las generatrices es decir sin apoyarse necesariamente en las generatrices de arranque. Trabaja como una viga, cuya sección transversal es un segmento de cilindro.

Los glóbulos cilíndricos se prestan mejor que las bóvedas clásicas a enlazarse unos con otros con orientaciones diferentes para formar láminas poliglobulares.

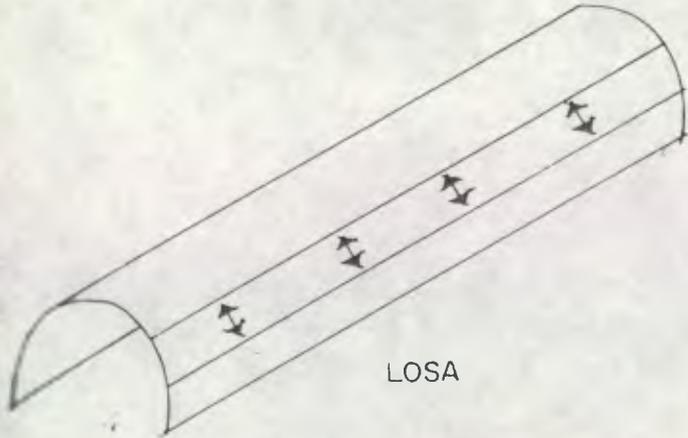
Los múltiples tipos de láminas de doble curvatura amplían indefinidamente las posibilidades de combinación llegando a ejemplos originales.



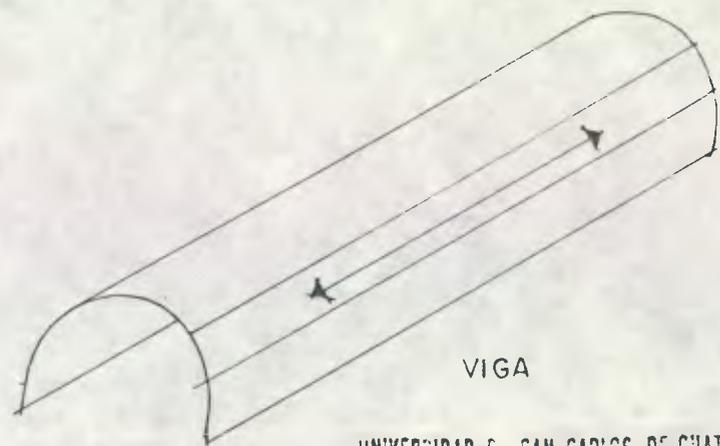
TRIPLE ACCION



ARCO



LOSA



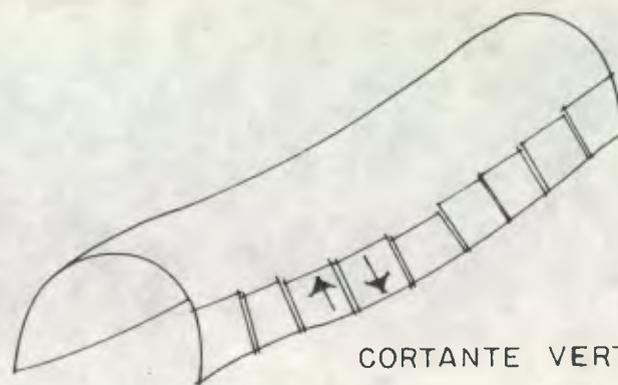
VIGA

UNIVERSIDAD D. SAN CARLOS DE GUATEMALA  
BIBLIOTECA  
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

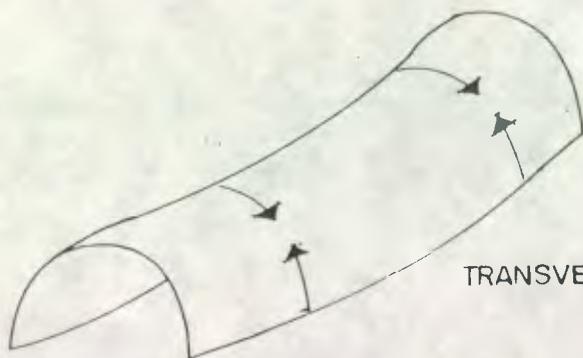
# LAMINA CILINDRICA



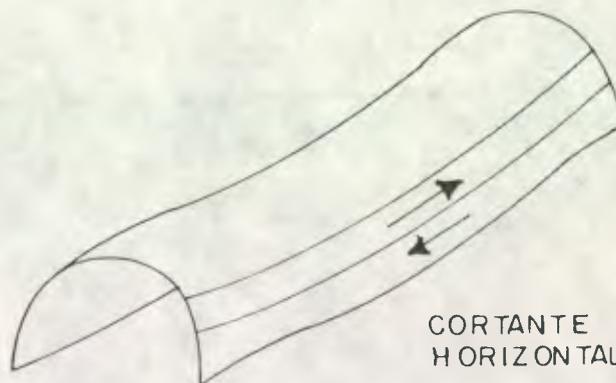
DEFORMACION  
COMO VIGA



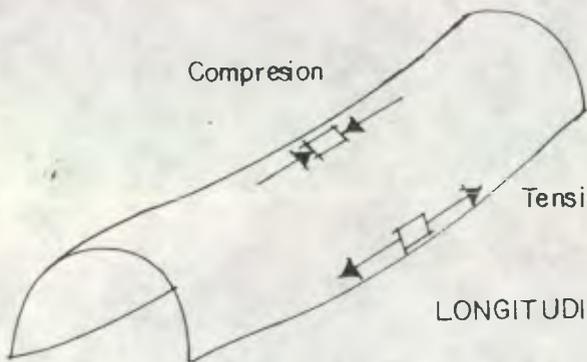
CORTANTE VERTICAL



TRANSVERSALES



CORTANTE  
HORIZONTAL



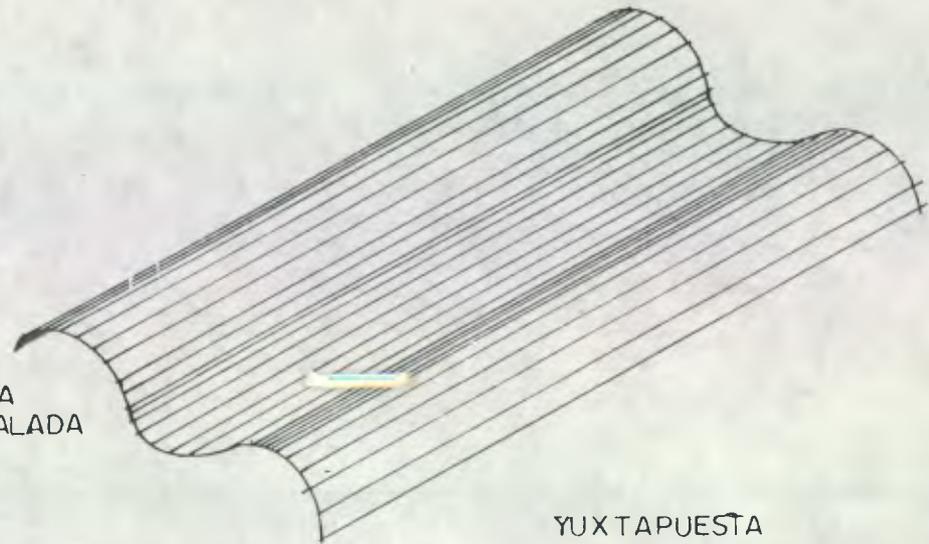
Compresion

Tension

LONGITUDIN ALES

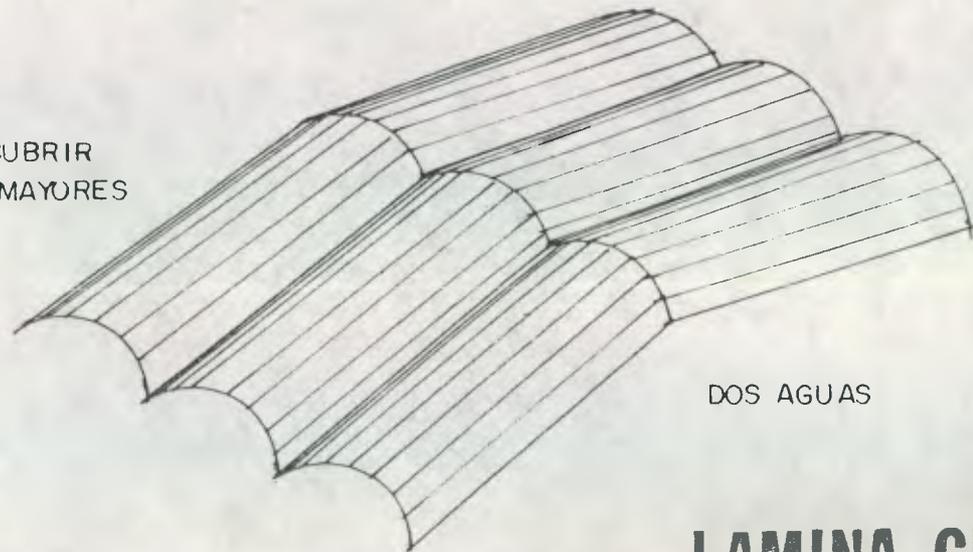
# LAMINA CILINDRICA

LA YUXTAPOSICION  
AUMENTA LA RESISTENCIA  
COMO LA LAMINA ACANALADA



YUXTAPUESTA

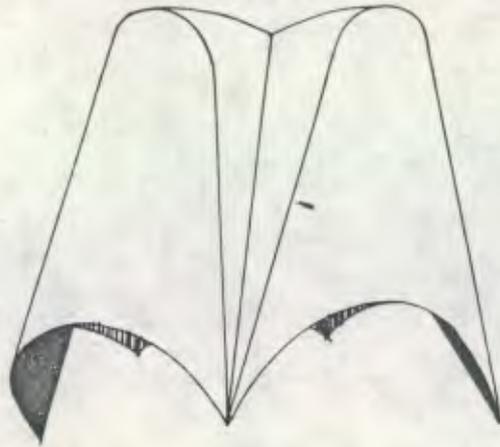
PARA CUBRIR  
AREAS MAYORES



DOS AGUAS

**LAMINA CILINDRICA**

SEGMENTOS CILINDRICOS



PLANTA CRUCIFORME  
SEGMENTOS DESCENDENTES



PLANTA OCTOGONAL  
SEGMENTOS DESCENDENTES



PLANTA HEXAGONAL  
SEGMENTOS ASCENDENTES

**LAMINA CILINDRICA**

## LA BOVEDA

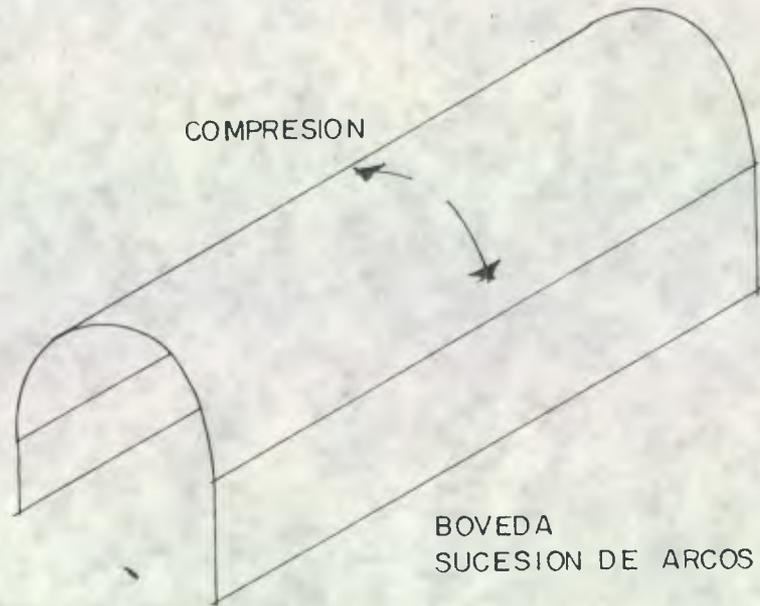
Puede considerarse como una sucesión de arcos colocados uno al lado de otro, sobre muros corridos, sin embargo esa continuidad le permite trabajar a flexión en esa dirección y a compresión en la dirección del arco.

Las bóvedas cualquiera que sea su directriz siempre dan empujes inclinados sobre sus estribos lo que requiere un buen espesor de los elementos sustentantes para lograr absorber la resultante por que propio peso, también producen esfuerzos cortantes tendentes a deslizar los sillares, sobre sus puntas horizontales ó sobre el muro que sostiene la bóveda.

Debido a eso se deben usar contrafuertes ó se podría también usar bóvedas paralelas contrarrestando mutuamente sus empujes, las resultantes intermedias son por lo tanto verticales y pueden ser absorbidos por columnas.

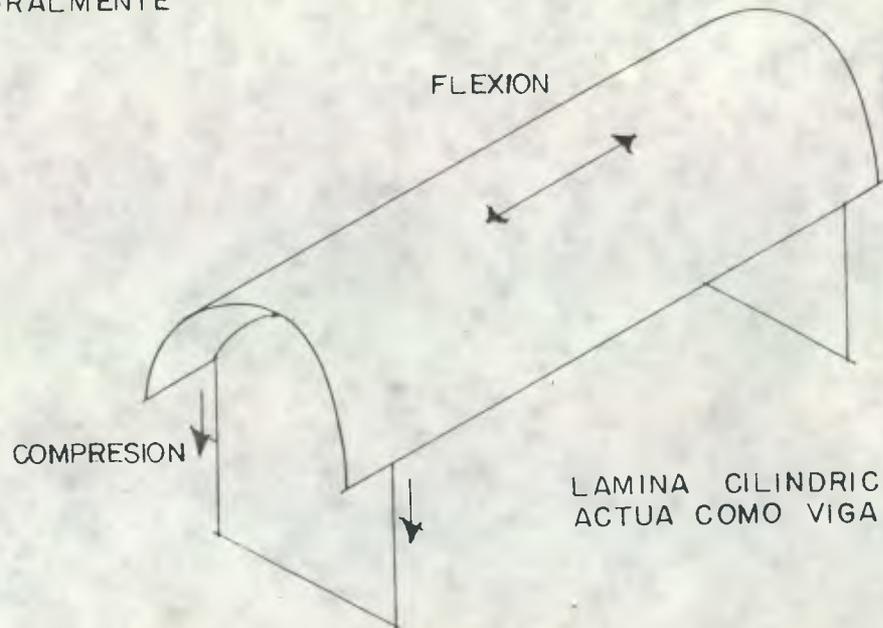
Las bóvedas pueden intersectarse en cualquier sentido lo que ha dado lugar a lograr formas é intersecciones muy interesantes.

BOVEDA Y  
LAMINA CILINDRICA



BOVEDA  
SUCESION DE ARCOS

APARENTEMENTE IGUALES  
ESTRUCTURALMENTE  
DISTINTAS



LAMINA CILINDRICA  
ACTUA COMO VIGA

**LAMINA CILINDRICA**

## LAMINA ESFERICA

La continuidad horizontal de la lámina esférica resiste la deformación, mientras que la parte superior actúa como una serie de anillos en compresión y la parte inferior como otra serie de anillos en tensión en eso consiste su mecanismo resistente en el efecto de anillo.

La capacidad de la lámina esférica para desarrollar esfuerzos anulares según el paralelo contrarresta las deformaciones interiores y exteriores de la membrana evitando la flexión.

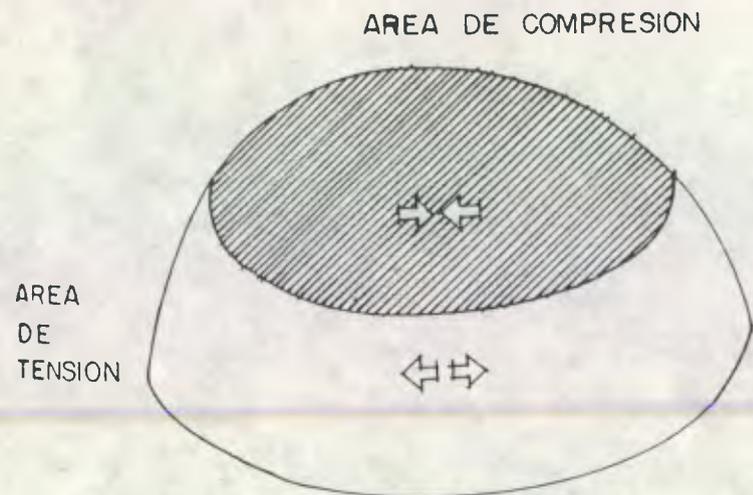
Los esfuerzos siguen las direcciones de meridianos y paralelos y las líneas de tensiones principales son sometidas a cargas simétricas cualquier segmento de la lámina se mantendrá en equilibrio solo con los esfuerzos de meridiano y paralelo y en ningún momento se originarán esfuerzos cortantes en los segmentos. La única deformación por flexión sucede en el borde inferior que es el rigidizante.

Las mayores posibilidades de la lámina esférica aparecieron con el concreto reforzado que permitió luces enormes y espesores pequeñísimos limitados solo por el peligro de pandeo.

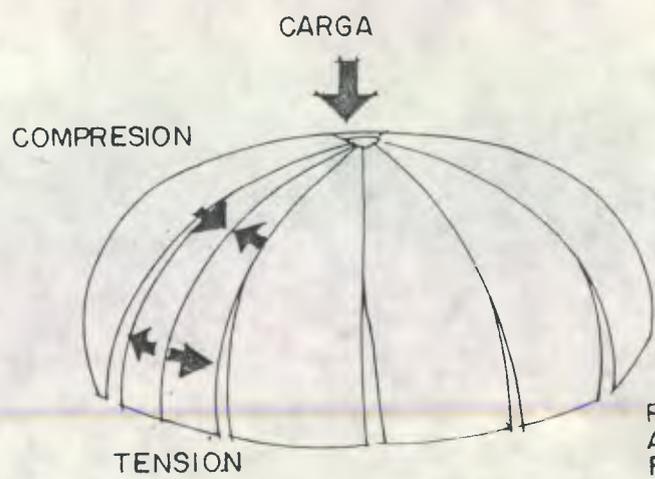
La lámina esférica puede imaginarse trabajando como gajos ó arcos meridianos cuya flexión esta impedida por los anillos paralelos horizontales. En las zonas en que los gajos tienden a hundirse hacia adentro los paralelos se los impiden, trabajando a compresión, y cuando tienden a abrirse el paralelo lo impide, trabajando a tensión.

El peligro de pandeo se hace decisivo en la lámina esférica y puede requerir el empleo de nervios rigidizantes que no necesariamente siguen la dirección de los meridianos y que prestan a multitud de formas, y cruzamientos de buen aspecto estético.

MECANISMO RESISTENTE

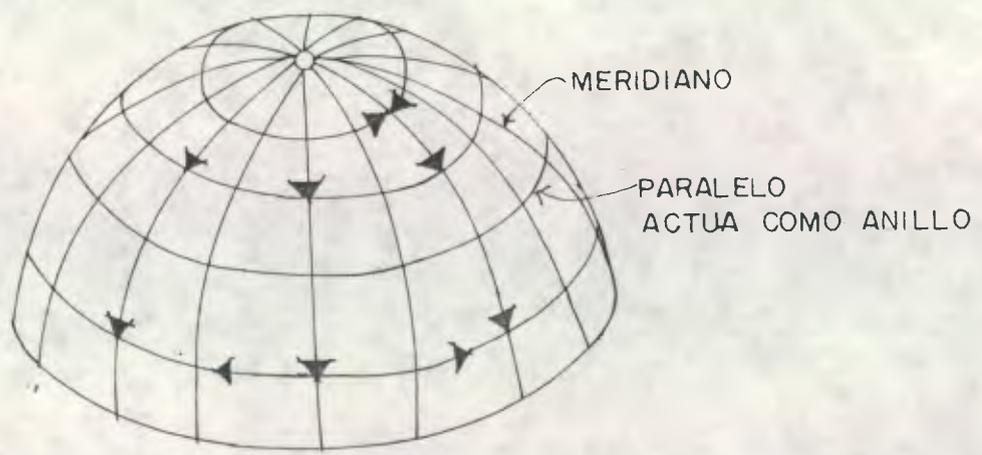


NO SE PRODUCE FLEXION  
POR EL MECANISMO DE ANILLOS



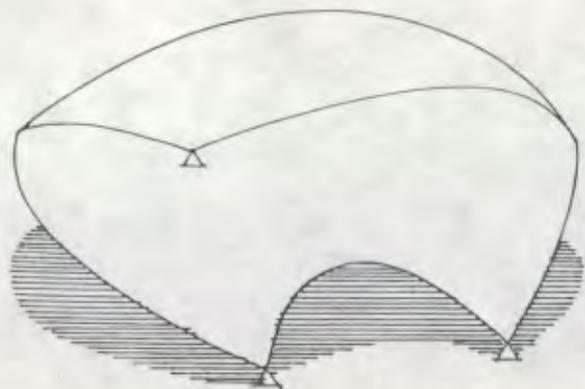
DEFORMACION

RUPTURA  
AL PRODUCIRSE  
FLEXION  
BAJO CARGAS  
ASIMETRICAS

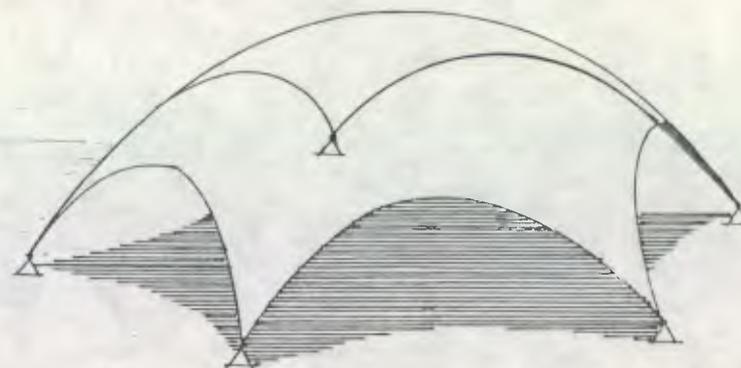


TRANSMISION DE ESFUERZOS

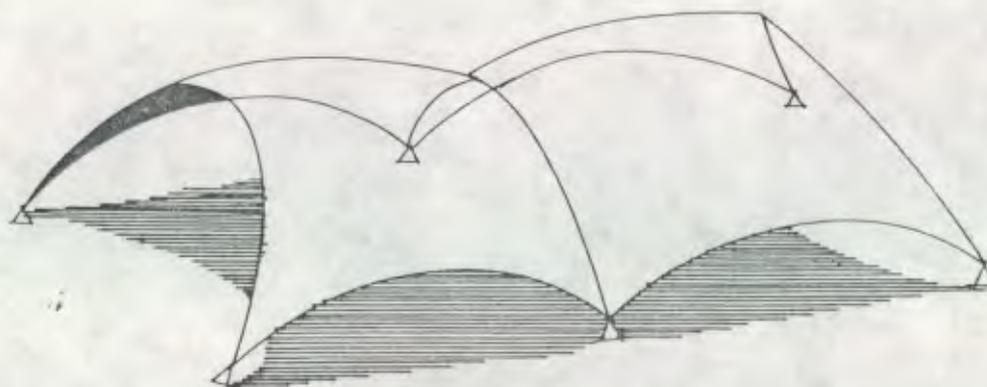
LAMINA ESFERICA



SEGMENTO CON ARCOS DE BORDE  
LIMITADOS POR ARCO FRONTAL



SEGMENTO CON ARCOS  
DE BORDE HACIA ADETRO



ARCOS DE BORDE COMBINADOS  
HACIA ADETRO Y VERTICALES

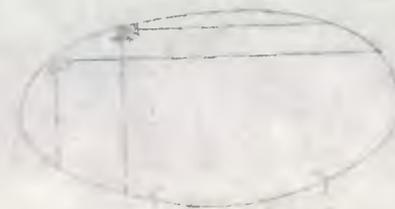
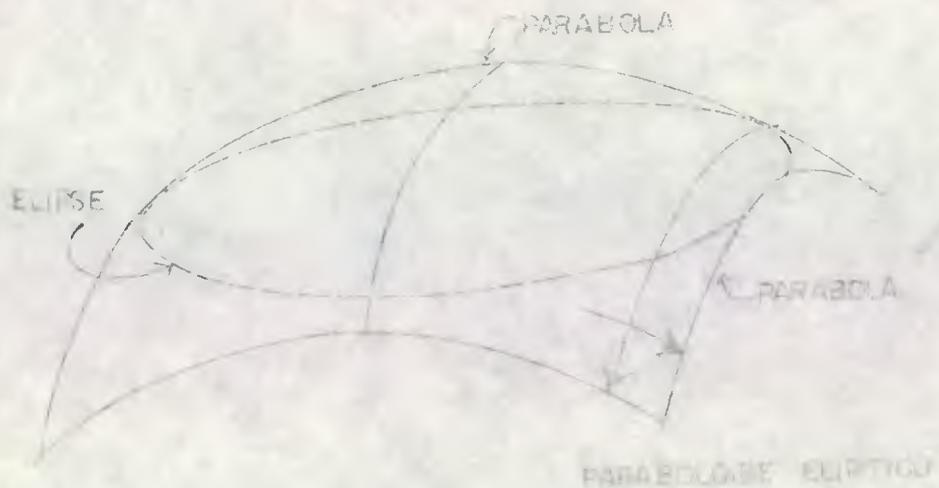
## LAMINAS DE TRASLACION

Son las que se engendran por el movimiento de una generatriz curva plana, paralelamente así misma a lo largo de otra curva plana, que es la directriz generalmente perpendicular al plano de la generatriz.

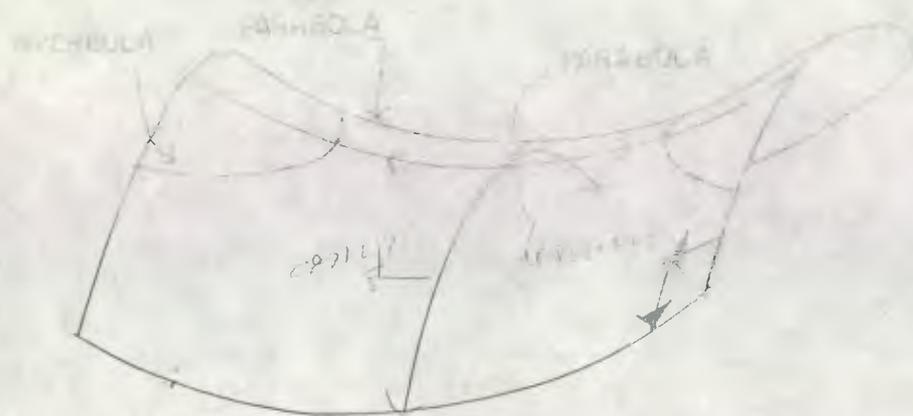
Tenemos entre ellas el paraboloides elíptico, en que las cargas se transmiten mediante mecanismos de arcos según dos ejes a los bordes que por el empuje que reciben han de ser rigidizados, la flexión en el borde rigidizante es escasa.

Otro ejemplo más común es el paraboloides hiperbólico en que las cargas se transmiten a los bordes mediante un mecanismo de arco, según un hecho y mediante un mecanismo de suspensión según el otro eje. Los bordes reciben el empuje del arco y la tensión de la suspensión por lo que ha de rigidizarse. Debido a su forma no sufre flexiones.





TRANSMISION DE CARGAS EN PLANTA

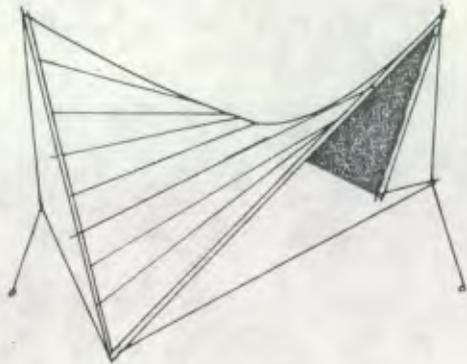


traza a  
tenedor  
y compas

PARABOLOIDE HIPERBOLICO

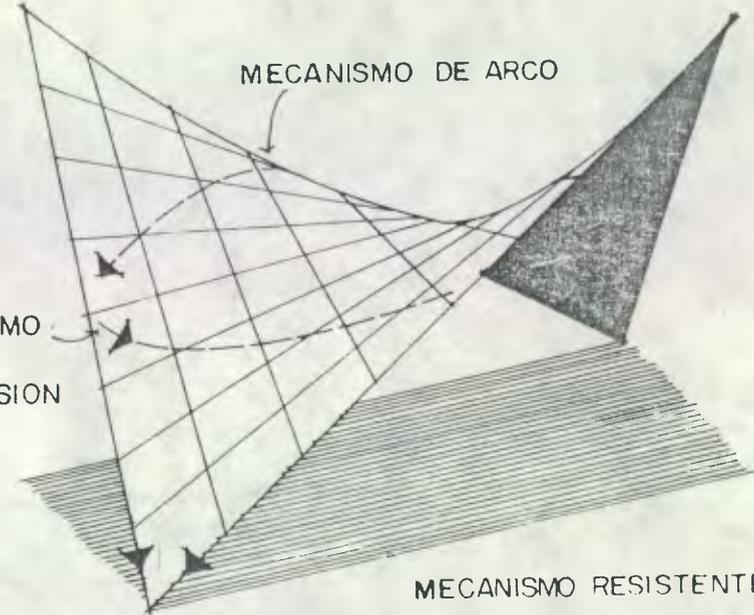
# PARABOLOIDE

PARABOLOIDE  
HIPÉRBOLICO



RIGIDIZACION  
CON CABLES

BORDE  
RIGIDIZADO

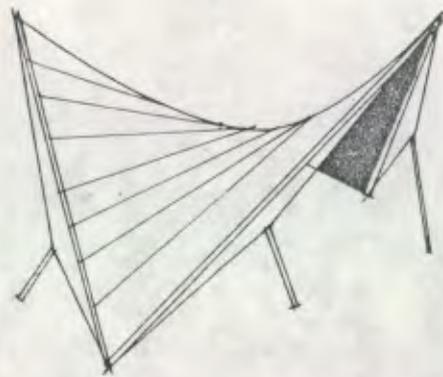


MECANISMO DE ARCO

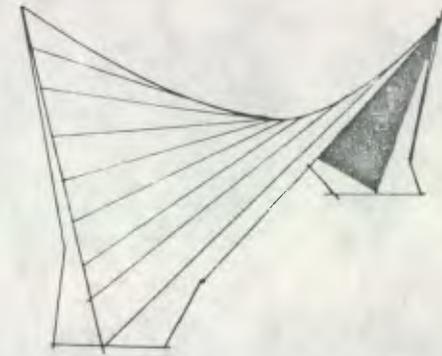
MECANISMO  
DE  
SUSPENSION

MECANISMO RESISTENTE

EMPUJE



RIGIDIZACION CON PUNTALES



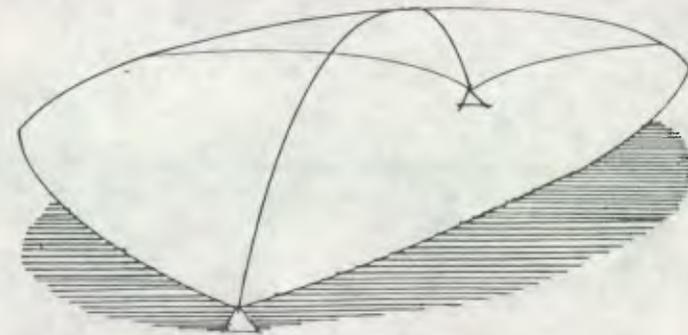
BORDES RIGIDOS UNIDOS A CIMIENTACION

PARABOLOIDE

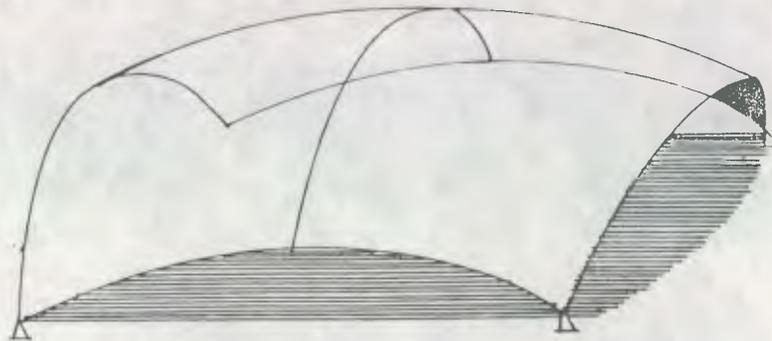


TORO  
NO NECESITA RIGIDIZADORES

LA CURVATURA EN  
AMBOS SENTIDOS  
AUMENTA RESISTENCIA



PLANTA OVAL



PLANTA RECTANGULAR

## SISTEMAS ESTRUCTURALES QUE TRABAJAN POR SU FORMA: LINEALES

Se llaman sistemas estructurales de forma activa aquellos constituidos con materiales no rígidos, flexibles con determinada forma y asegurados mediante extremos fijos que pueden sostenerse así mismos y cubrir un espacio.

Entre ellos esta el cable colgante y la columna vertical transmiten cargas solamente de tensión, ó solamente de compresión.

Un sistema de cable suspendido transmite las cargas lateralmente mediante tensión pura. Un cable de suspensión invertido forma un arco funicular.

Se caracterizan estos sistemas por encauzar las fuerzas exteriores por medio de tensiones normales: El arco por compresión y el cable colgante por tensión. Desarrollan esfuerzos considerables en sus extremos y es aquí en donde radica su problema esencial.

La desviación de la forma correcta al proyectar compromete el funcionamiento correcto de la estructura requiriendo de mecanismos adicionales, para evitar esto debe coincidir la forma idealmente con el flujo natural de esfuerzos que es determinado por la flecha, la distancia de los extremos y por las fuerzas que actúan en el sistema.

El cable no tiene mayor problema pues adapta su forma a la dirección de las cargas pero el arco no puede cambiar de forma y puede ser adecuado solo para determinado sistema de cargas. Por ellos estos sistemas se gobiernan por la disciplina del flujo natural de las fuerzas. La forma y el espacio arquitectónico son producto del mecanismo sustentante, gran cantidad de problemas se solucionan con el pretensado obligado a los elementos a soportar cargas adicionales.

Son sistemas más económicos para cubrir espacios atendiendo a la relación, peso/luz. Se alcanzan grandes luces y grandes espacios.

El arco es el elemento más parecido a la columna tensionalmente hablando pues su trabajo principal,

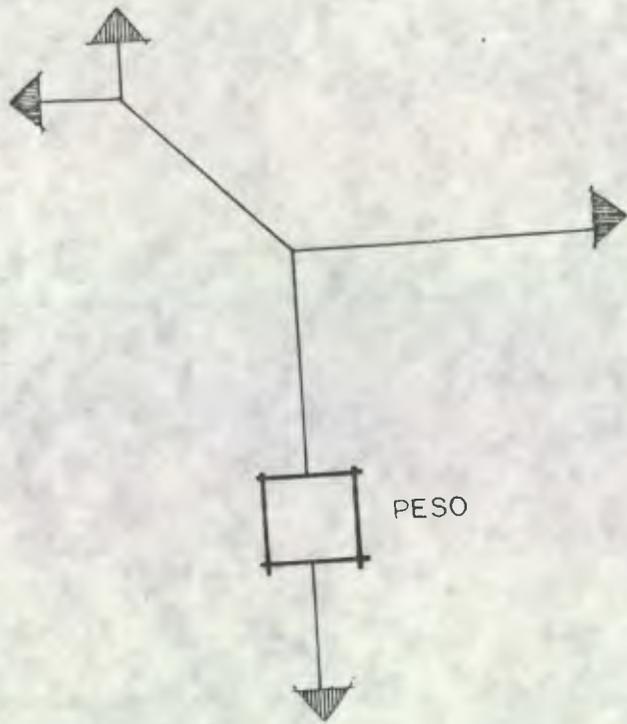
es a compresión, transmitiendo los pesos propios y los que en el inciden a dos apoyos distanciados entre sí.

Siendo el arco fundamentalmente para resistir compresión son los materiales petreos los que más se prestan para construirlo, especialmente si son adosados. ahora cuando son exentos y estan expuestos a flexiones como sucede en puentes se prefiere el concreto reforzado é incluso el acero, para desenvolver sus grandes luces, aprovechando la alta resistencia de estos materiales a tensión y compresión pues el uso de otros materiales en grandes luces requeriría de espesores excesivos.

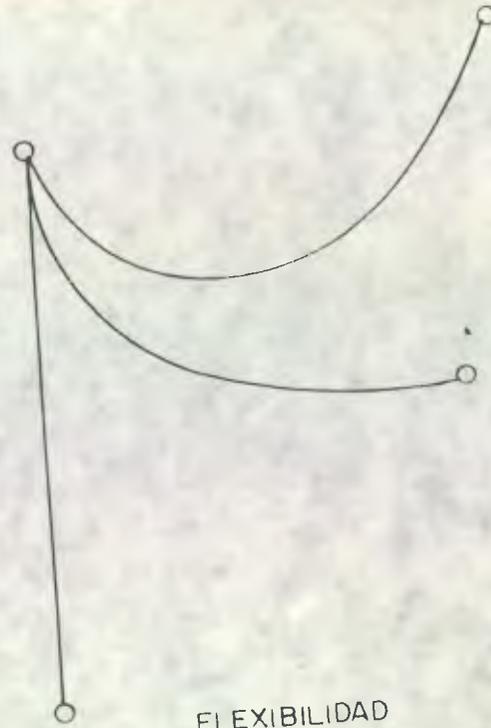
Mientras más rebajado sea el arco más horizontal será el empuje mientras que en arcos de más peralte el empuje es más vertical, puede ser absorbido por el apoyo por lo cual deberá tener una buena cimentación.

El cable portante es capaz de soportar solo tensiones bajo su propio peso adopta la forma catenaria, cable invertido admite solo compresiones así se forma un arco que sometido a su propio peso es una catenaria.

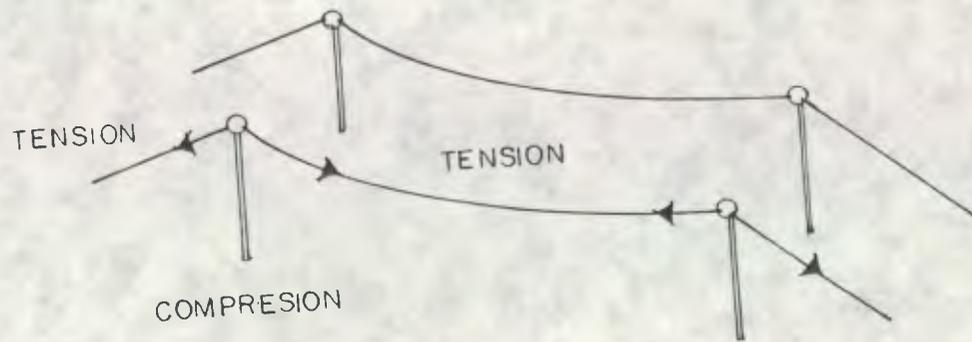
El empuje del arco es inversamente proporcional a su flecha, mientras más grande sea la flecha menor es el empuje.



CONDUCION DE FUERZAS

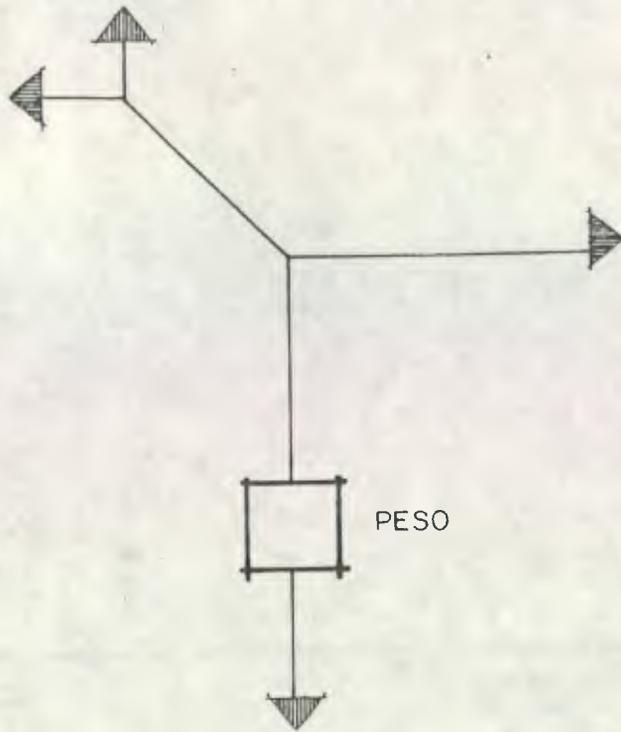


FLEXIBILIDAD

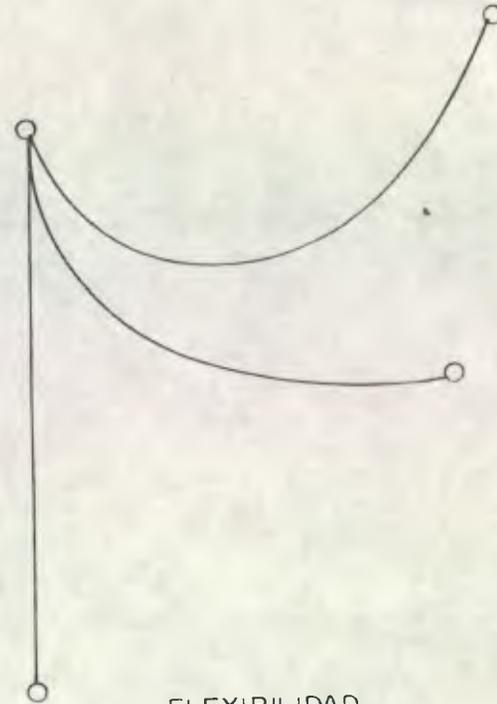


**CABLES**

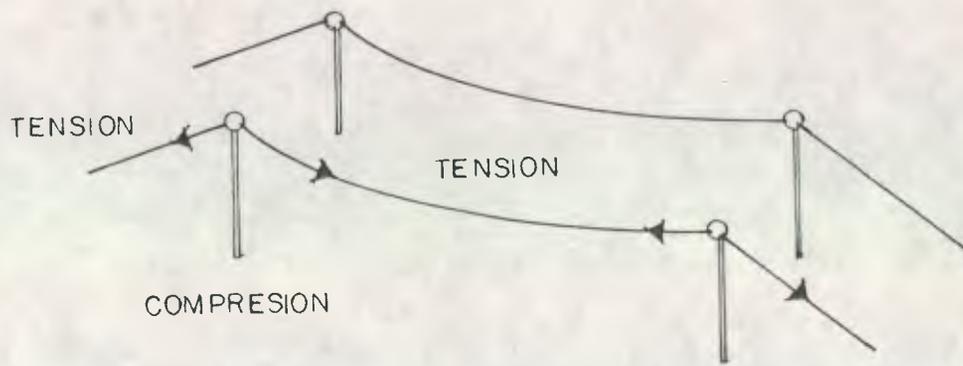
CARACTERISTICAS



CONDUCION DE FUERZAS



FLEXIBILIDAD

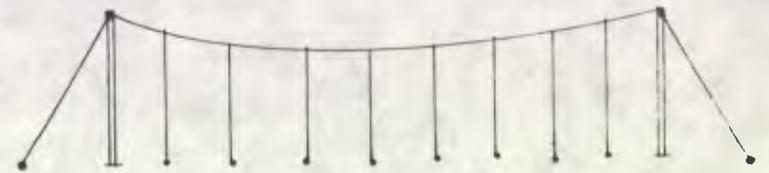


**CABLES**

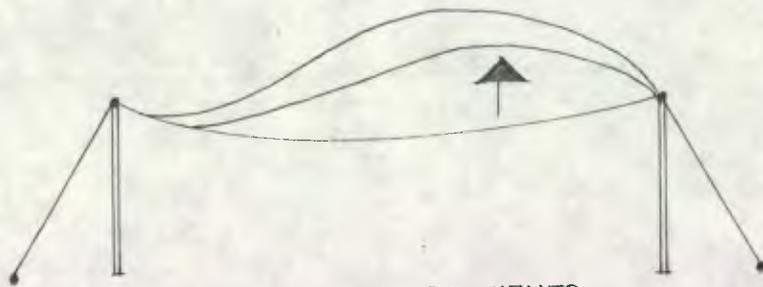
RIGIDIZACION



CON ARCO INVERTIDO



ANCLADO AL SUELO



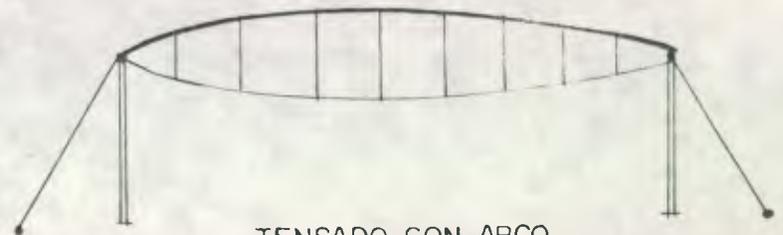
SUCCION DE VIENTO



AUMENTO DEL PESO PROPIO



CARGAS ASIMETRICAS

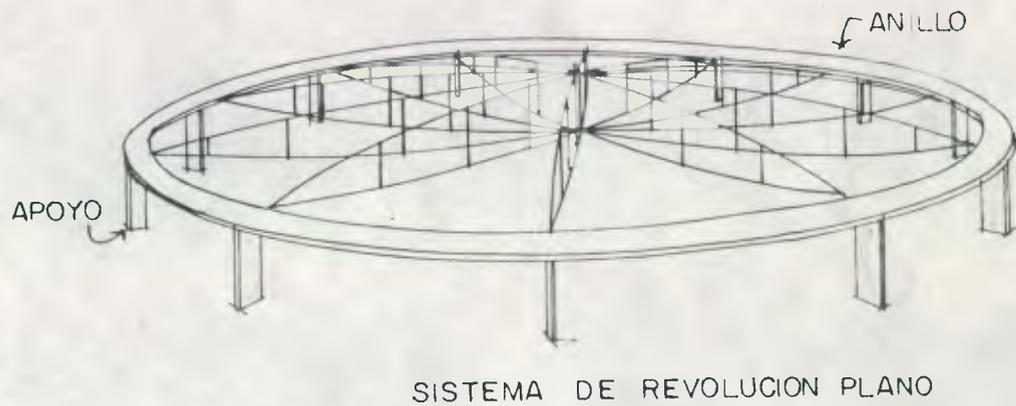
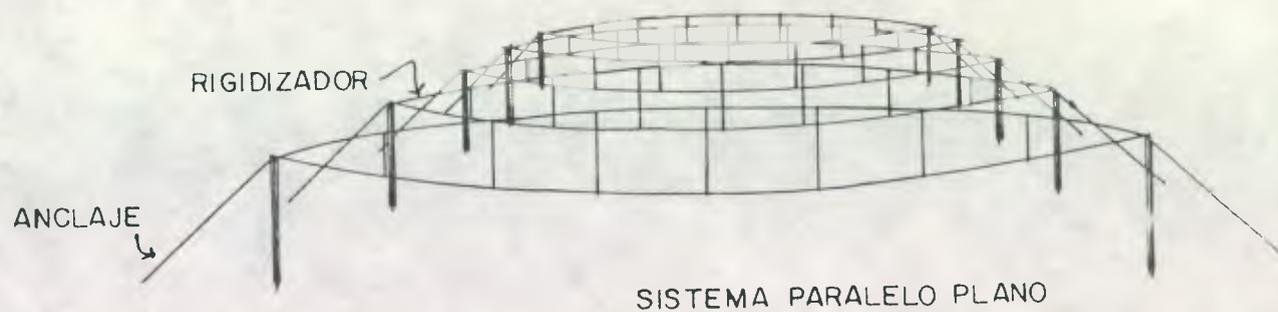


TENSADO CON ARCO

DEFORMACIONES

RIGIDIZACION

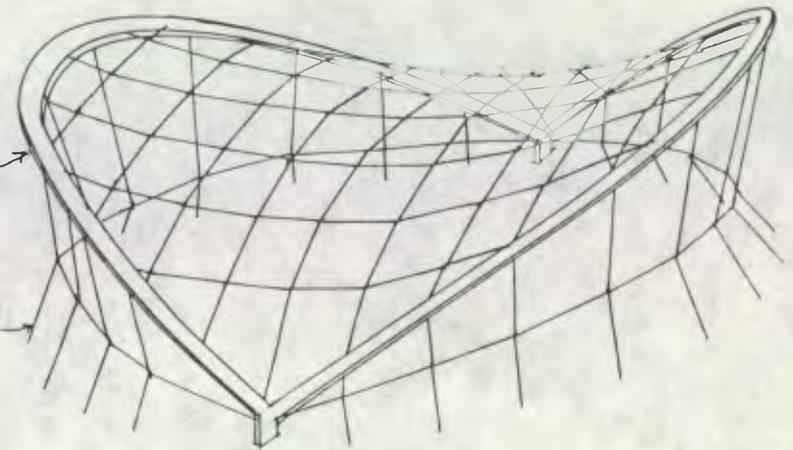
**CABLES**



REDES CON  
CURVATURA

ARCOS  
A COMPRESION

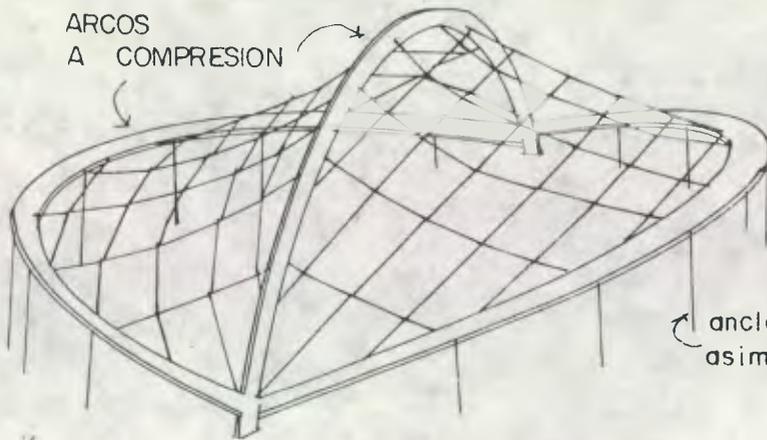
anclaje



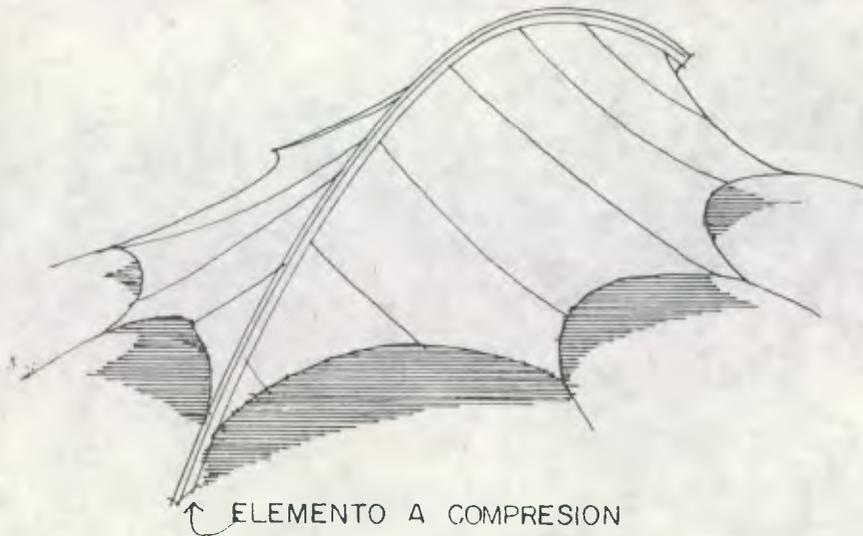
CURVATURAS OPUESTAS  
ES REQUISITO PARA EL TRABAJO EFECTIVO  
DE LA RED

ARCOS  
A COMPRESION

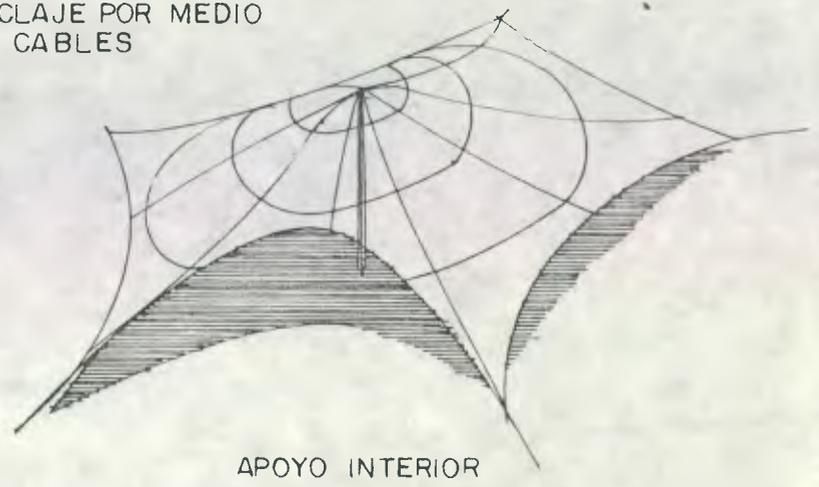
anclaje contra cargas  
asimetricas



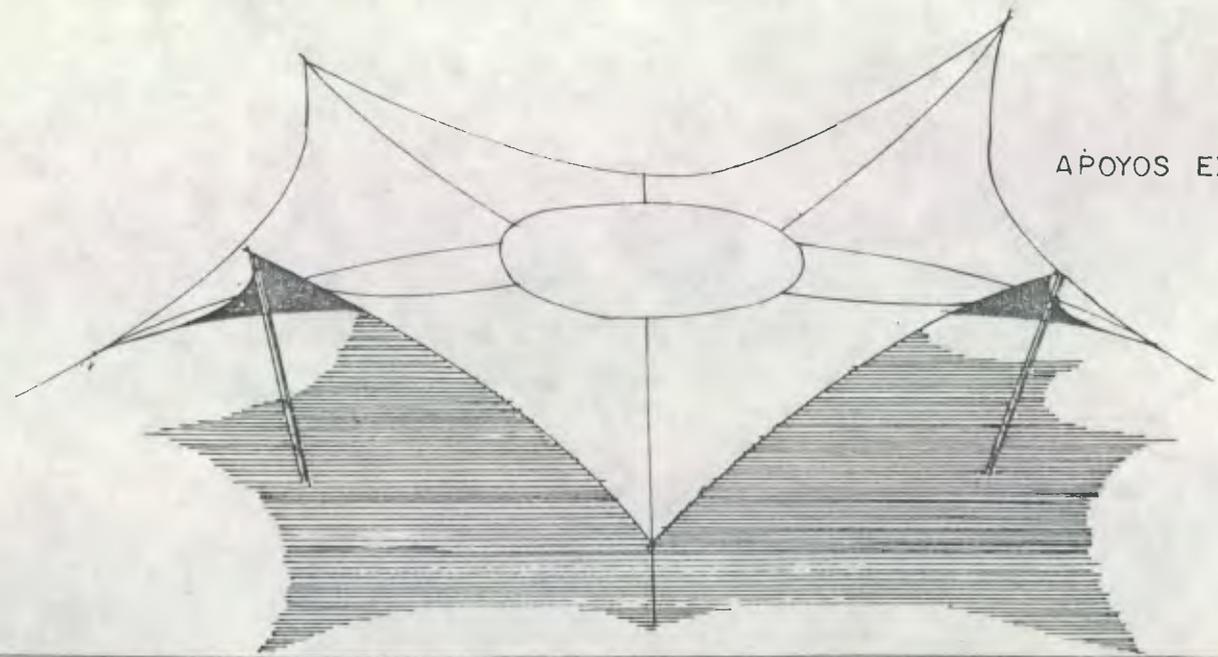
CABLES



ANCLAJE POR MEDIO DE CABLES

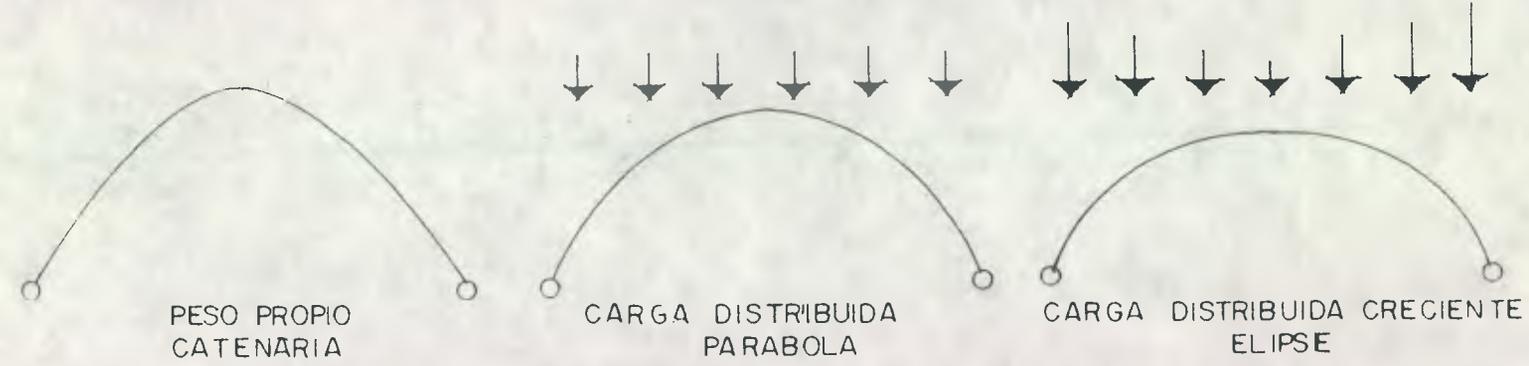
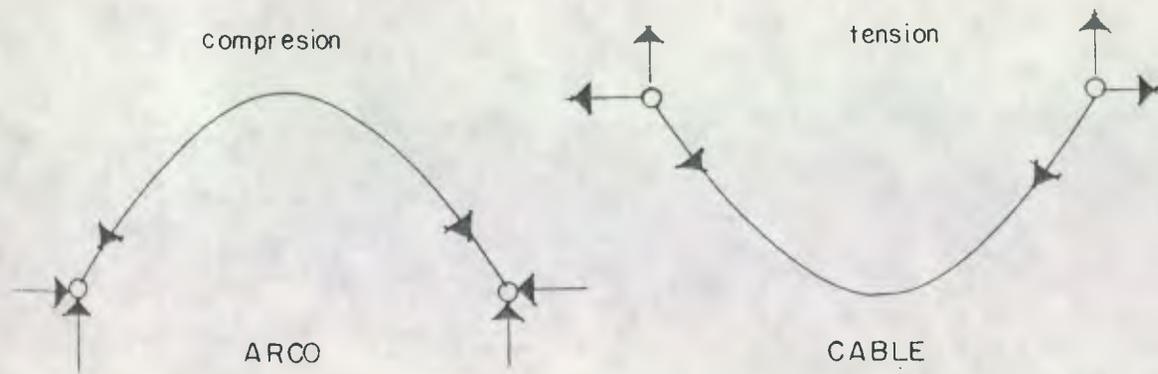


APOYO INTERIOR



APOYOS EXTERIORES

**CABLES**



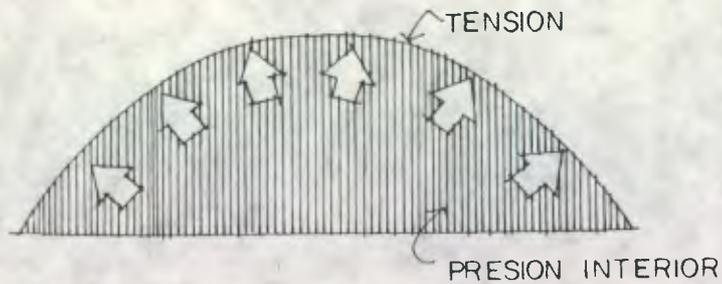
**ARCO**

### Sistemas Neumáticos

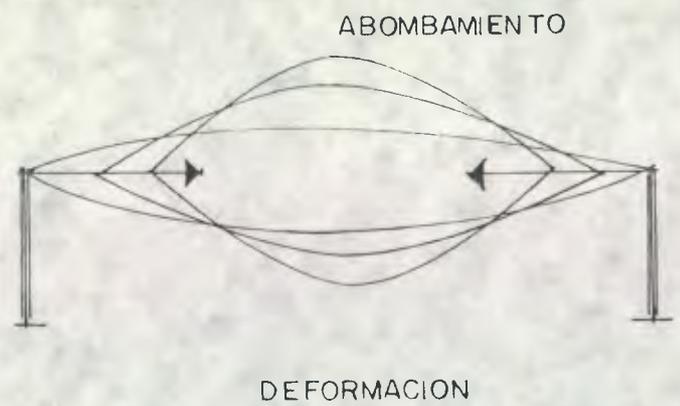
Se llaman a los sistemas estructurales soportados por aire, mediante el incremento de la presión interior del aire se compensa el peso propio de las membranas, la cual es tensada pudiendo soportar así cargas asimétricas implicando sólo resultantes centrífugas, constituyendo su enorme ventaja que no existe la libre utilización del espacio pudiendo deformarse sólo por la pérdida de volumen.

Su punto de partida para diferentes formas estructurales es la esfera para la cual las tensiones en cualquier punto de la membrana son iguales, por eso sus volúmenes se forman siempre de secciones esféricas.

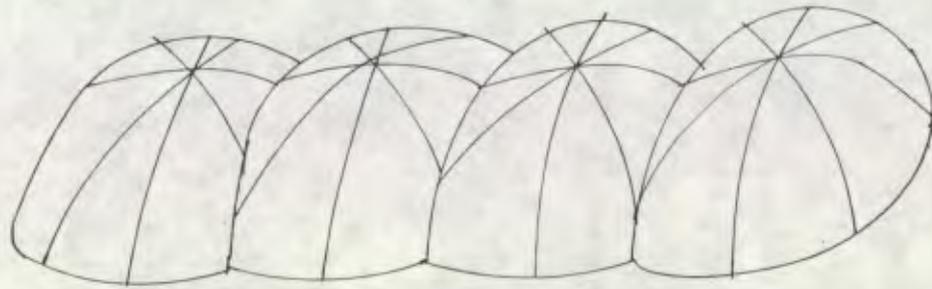
MECANISMO Y RIGIDIZACION



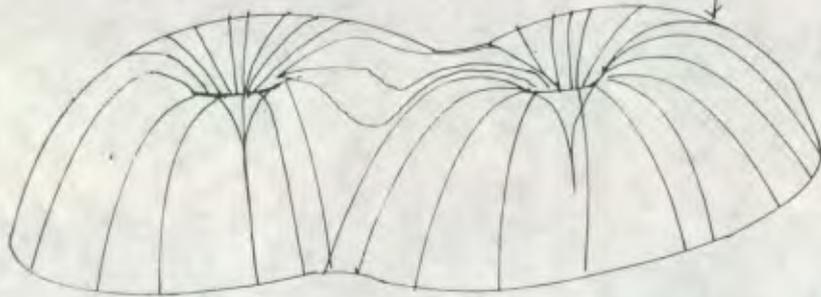
MECANISMO RESISTENTE



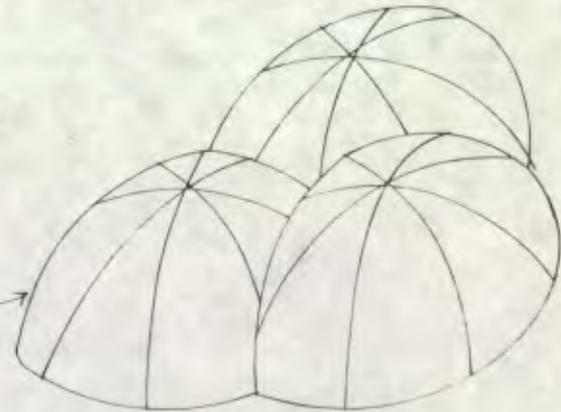
NEUMATICOS



ANCLAJE A TIERRA CON CABLES AISLADOS



superficies en tension



PRESION INTERIOR

## SISTEMAS ESTRUCTURALES VERTICALES

Son aquellos que están formados de elementos sólidos rígidos, que se extienden primordialmente en sentido vertical asegurados contra esfuerzos laterales y anclados firmemente al suelo.

Pueden soportar cargas horizontales a un plano horizontal de gran altura y transmitir las a los cimientos.

Se caracterizan por su sistema de reunión de cargas, transmisión de estas, y estabilización lateral.

Estos sistemas estructurales son los más adecuados en la construcción de edificios de gran altura colaborando a la configuración de ciudades.

Estructuralmente requieren continuidad de los elementos que transportan la carga al suelo por lo que necesitan congruencia de los puntos de reunión de cargas para cada planta determinándolos mediante factores estructurales y uso superficial.

Pueden distinguirse en tres maneras dependiendo de la recolección de cargas:

- Reticulados: Los puntos de unión se distribuyen sobre la totalidad de la planta uniformemente.
- De Luz Libre: Se distribuyen de modo periférico los puntos de unión.
- Voladizo: La zona colectora de cargas se sitúa centralmente.

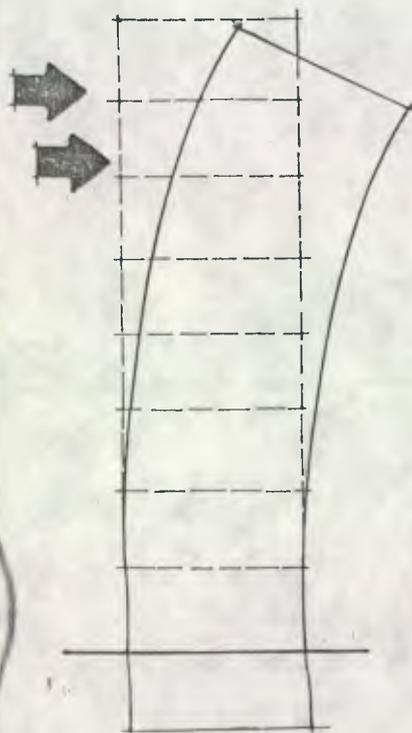
En edificios altos los sistemas de recolección y cargas están muy relacionados con la configuración de organización de la planta tendiendo a la mayor reducción posible de elementos verticales de transmisión, tanto en sección como en número, siendo necesaria la continuidad vertical de estas.

También pueden proyectarse edificios económicamente obviando soportes y dejando las plantas colgando sobre un sistema estructural superpuesto para el transporte de las cargas al suelo, por ejemplo

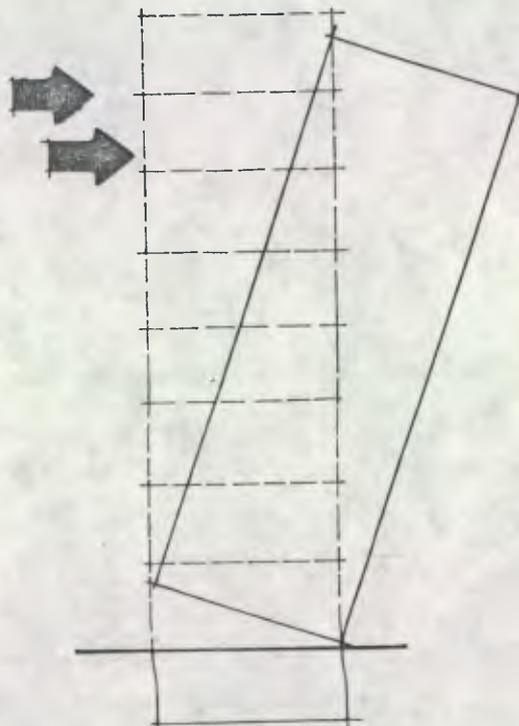
cubos de ascensores, cajas de escaleras, conductos de escalera, etc., que son secciones estructurales potenciales, todo ello para un mejor aprovechamiento del espacio horizontal.

De lo anterior se deduce que los sistemas estructurales verticales necesitan un estudio de todos los sistemas estructurales así como de las correlaciones de la interdependencia del sistema estructural con la organización del espacio horizontal y el equipo del edificio que comprende, instalaciones, servicios, etc.

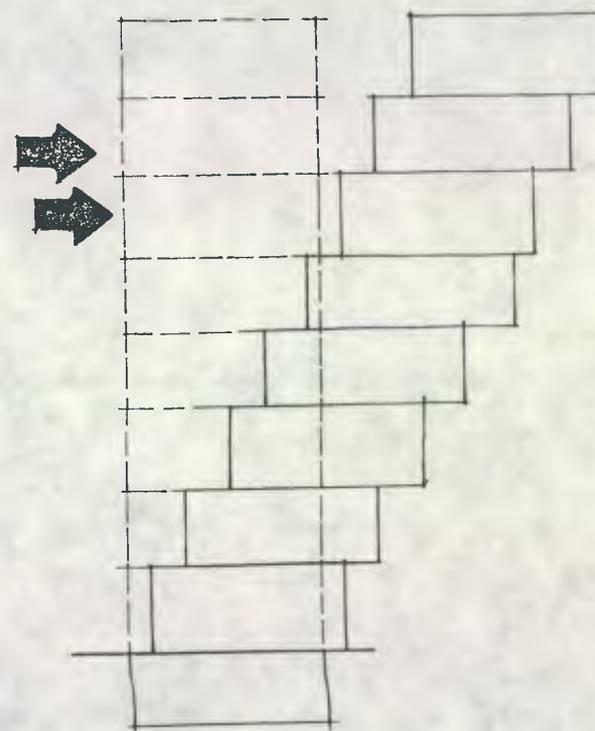
VIENTO O SISMOS



FLEXION

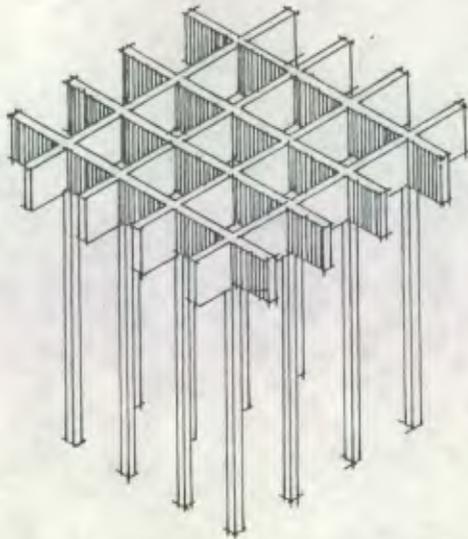


ESTABILIDAD AL  
VUELCO

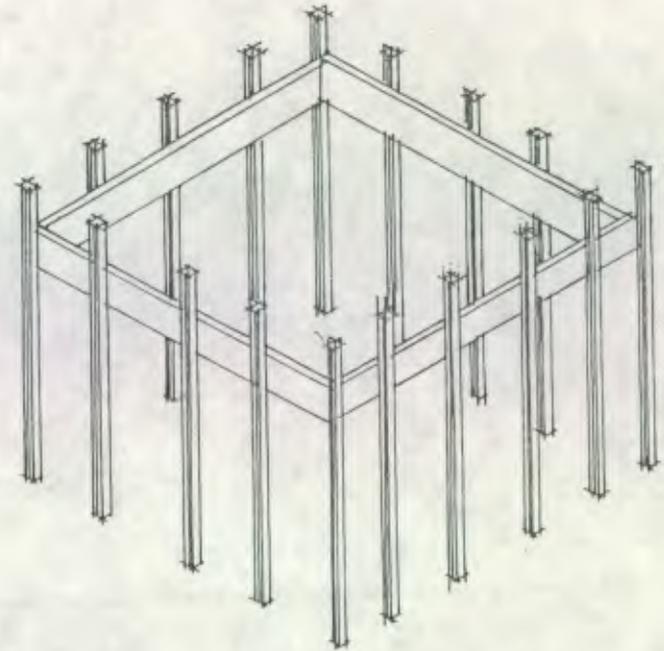


CORTANTE

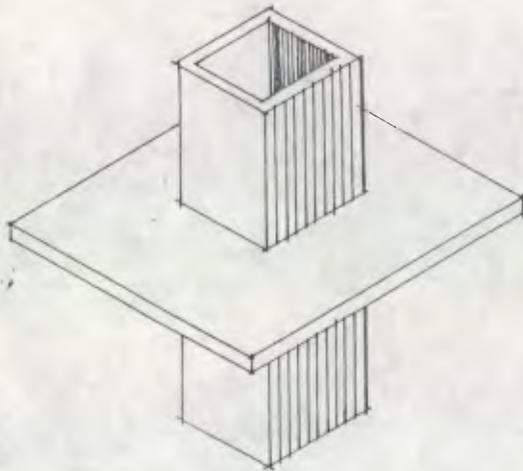
**EDIFICIOS ALTOS**



RETICULADO  
MARCOS RIGIDOS

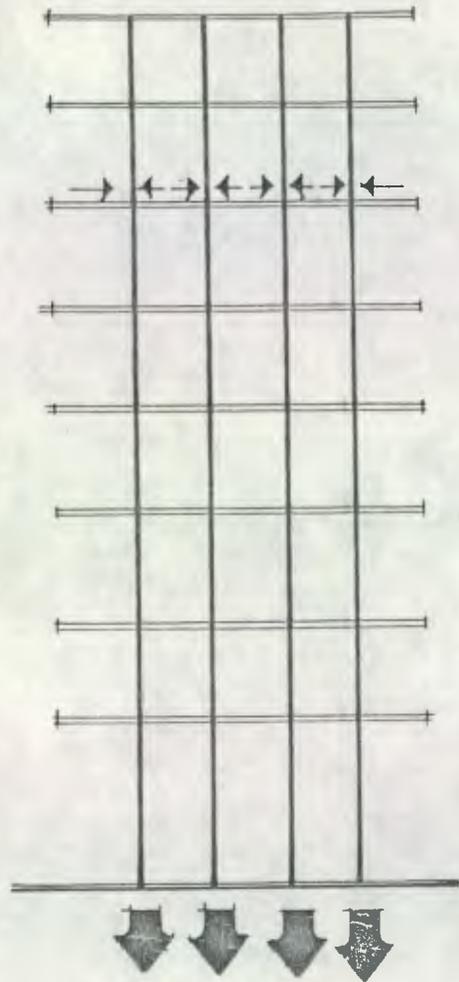


PERIFERICO LUZ LIBRE

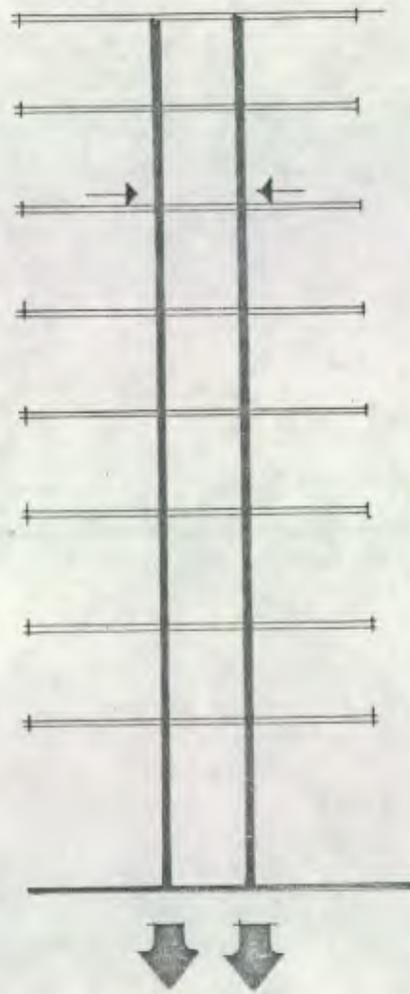


EN VOLADIZO  
TUBO INTERIOR

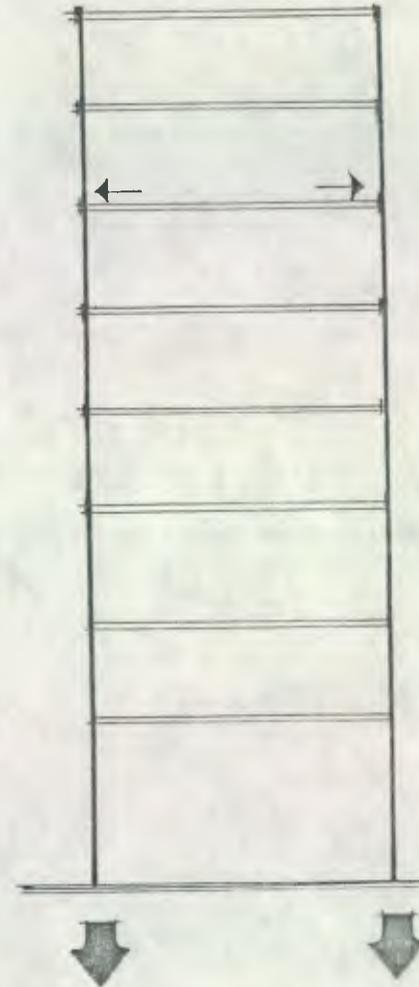
CONDUCCION DE CARGAS  
AL SUELO



RETICULADO



VOLADIZO



PERIFERICO

SECCIONES

**EDIFICIOS ALTOS**

## MATERIALES ESTRUCTURALES

Se analizarán los materiales clásicos en construcción en el sentido estructural, pudiéndolos agrupar de la siguiente manera:

- Unirresistentes
- Birresistentes
- Adecuorresistentes

Todos ellos presentan características peculiares.

### Unirresistentes:

Se clasifican entre ellos los materiales pétreos, la mampostería en seco, la cantería, la mampostería normal, el tapial, el adobe y el ladrillo.

El más antiguo es el de mampostería ciclopea en seco que es el antecesor de los éxitos posteriores en cantería aunque actualmente carece de interés técnico. El aserradero y pulido mecánico de sillares espesos expresados como revestimientos simples, lo que se puede interpretar como solución falsa y absurda estructuralmente hablando, sin embargo, la técnica moderna ha cambiado sus posibilidades de utilización, creándole una función más y un material distinto en cuanto a su función resistente.

**Ladrillo:** Es el primer material creado por la técnica humana dominando tierra, aire y fuego, y agua, presentando características y morfología netamente específicas y distintas a las de las piedras naturales.

Se caracteriza por su fabricación en serie debiendo todos tener las mismas dimensiones y un número de tipos reducidos.

Las dificultades de secado y cocción de las arcillas que no se han logrado resolver en mayor grado obligan a tamaños pequeños, y a formas adaptables a la producción en prensa ó en

hilera.

Su escaso volumen y peso por pieza se debe a la facilidad de mano de obra de colocación, sin embargo, se ha pensado en grandes bloques de ladrillo por dentro prefabricados, para disminuir las operaciones en obra, pasando estas al taller donde el trabajo mecanizado proporciona indudables ventajas.

La consecuencia del tamaño del ladrillo es la gran cantidad de juntas de mortero que no puede ser muy grande ni muy reducida.

El mortero usado para unir los ladrillos presenta retracciones de fraguado apreciables y deformaciones térmicas é higroscópicas superiores a los del ladrillo por lo que el espesor de la junta varía entre uno y tres centímetros.

Con aglomerantes de yeso en lugar de mortero de cemento se logran velocidades de trabajo mucho mayores, y fraguado casi instantaneo, sin embargo bajo el efecto de la humedad se pierden sus posibilidades resistentes.

El ladrillo presenta una serie de matices que van desde un ocre neutro hasta un rojo vivo que proporcionan un ambiente inalcanzable con otros materiales, siendo un material más impersonal que un bloque ciclopeo y se pierde individualmente dentro del conjunto, sin embargo se prestan uno al otro una vibración y textura de gran belleza.

El Adobe: Es un material el adobe de gran utilidad en regiones donde abundan las arcillas arenosas aptas para su fabricación, pero es aplicable solamente a muros y elementos de regimen tensional muy bajo y en compresión, por lo que no es muy importante en una consideración estructural.

En resumen: Los materiales petreos naturales resisten bien a compresión y mal a tensión, por lo que puede llamarseles frangibles para distinguirlos de los tenaces ó resistentes a tensión como el acero y la madera y que requieren bastante masa en los elementos que con

ellos se construyen.

Respecto a la permeabilidad debe tenerse en cuenta que depende principalmente del mortero usado y de la calidad de la junta, siendo difícil garantizar absoluta impermeabilidad.

**El Tapial:** Es un material de resistencia escasa para usos estructurales como el adobe, caracterizándose por su fabricación en obra dentro de formaletas o sin ellas, lo que produce una cierta libertad de forma.

El tapial es la antítesis de la piedra en lo que se refiere a permanencia y necesita de mantenimiento cuidadoso.

Sus posibilidades como muro económico, sus magníficas condiciones térmicas, antisónicas e incluso estéticas no son despreciables para ciertos casos y usos.

Su durabilidad puede ser mejorada con técnicas modernas como es la de amasarlo con una cierta cantidad de cemento Portland después de verificar la granulometría, composición petrográfica y comportamiento de sus tierras.

**El concreto ú Hormigón:** El hormigón o concreto es un material moderno en su desarrollo, sin embargo puede considerarse como viejo y clásico puesto que fue empleado aunque rudimentariamente por pueblos antiguos por ejemplo los romanos en su variedad puzolánica.

La pasta de cemento y agua al fraguar primero y endurecer después, consolida las piedras y granos de arena para constituir un conglomerado artificial análogo a ciertos tipos de rocas naturales.

Su libertad de forma esta restringida unicamente por las imposiciones económicas y constructivas de la formaleta.



características y comportamientos dignos de pensarse en los proyectos.

Otra propiedad del material que no debe olvidarse es su escasa resistencia a ciertas condiciones ecológicas como lo son algunos químicamente agresivos por ejemplo el agua de mar, las selenitas de los terrenos, los humos y gases procedentes de industrias para los cuales el concreto requiere una gran impermeabilidad y el uso de cementos especiales resistentes a estas condiciones.

En resumen el concreto presenta un comportamiento más complejo que la piedra o el ladrillo con ventajas y desventajas respecto a estos.

Sus principales ventajas las constituyen: su economía, especialmente en grandes volúmenes y su fácil adaptación a formas variadas, su carácter de material formaceo, que en ciertos casos lo hace insustituible, y sobre todo por los continuos adelantos en la materia que cuenta cada vez con técnicas más modernas.

Sin embargo la gran ventaja del concreto que es su capacidad formaceo se ve restringida por el factor económico pues el encofrado y la formaleta a veces lo obligan a usar formas poliédricas y superficiales planas para no elevar demasiado el costo de la formaleta y perder sus ventajas económicas.

Otra cosa que incide en el costo es el hecho de darle apariencia y textura, coloración, etc., que contribuye a darle más expresión estética al concreto.

#### Materiales Adecuorresistentes: Concreto reforzado y pretensado

El concreto reforzado constituye un nuevo material con características totalmente diferentes a las del concreto y el acero, aun cuando debido a estos dos elementos mantenga sus propias cualidades.

Es el concreto reforzado un material en que el acero de fibra a la piedra, mientras que el

concreto da masa al acero, es decir es decir se complementan el uno al otro.

Es como una piedra orgánicamente constituida dentro de cuya masa el complejo tendinoso de la armadura de acero se distribuye optimamente dosificandose para prestar al concreto la resistencia a la tensión que necesita en ciertos puntos de la estructura, lo cual lo convierte en el material más técnico de todos y el único adecuado resistente.

El concreto reforzado mantiene la apariencia del concreto en masa, sin embargo su comportamiento es diferente pues estructuralmente no se puede enjuiciar por valores aparentes, puesto que lleva acero resistente en su interior.

La armadura de acero que da resistencia al concreto no va unida al concreto ni entre sí por remaches o soldaduras, sino por simple adherencia entre el concreto y el acero por lo que generalmente son barras que rara vez sobrepasan la pulgada y media de diámetro presentando corrugaciones en su superficie para mayor adherencia impidiendo el deslizamiento dentro del concreto.

En estas condiciones y con buenos recubrimientos queda asegurada la transmisión de esfuerzos de la armadura al concreto que la rodea y viceversa. Así mismo el concreto protege al acero de la oxidación dando al conjunto gran durabilidad.

El concreto resiste a compresión, el acero resiste a tensión, así el concreto reforzado es un material birresistente, tanto a tensión como a compresión unidos en un sólido único ambos se pueden mantener gracias a sus condiciones de adaptabilidad por lo que se hace necesario el previo conocimiento del proyectista de estos materiales para que al usarlo conozca todos sus comportamientos.

Sin embargo el proyectista no está limitado en modo alguno al diseñar formas pues el concreto reforzado no viene en catálogos como el acero laminado, sino se caracteriza por su flexibilidad formal, el refuerzo puede aumentarse ó disminuirse, repartirse ó concentrarse, según la forma y dependiendo de las áreas que sufran tensión y de las que estén sujetas a

compresión.

Esta libertad es la que da al concreto reforzado una gran amplitud al proyectar porque en sus estructuras hay más que elegir y detallar, el criterio de elección de este material ha de hacerse pensando en las posibilidades constructivas así como el formateado, vertido, del concreto, etc..

Concreto  
Pretensado

Es una variedad de concreto reforzado en que el acero de refuerzo se tensa antes de verter y fraguar el concreto y debe distinguirse del postensado en el que la armadura se tensa después de haber fraguado el concreto, quedando adherida a él por la adición de nuevas masas de concreto ó de mortero, sin embargo el nombre de pretensado se ha generalizado para ambas técnicas.

Entre los concretos es el más fino y complicado, sin embargo se ha ido perfeccionando é industrializando hasta nuestros días hasta dar todos los beneficios que promete.

Una de sus ventajas deriva del mayor coeficiente económico resistente de los cables de acero especial que emplea y que alcanza enormes resistencias gracias a la reducción en hilos en pequeños diámetros del material.

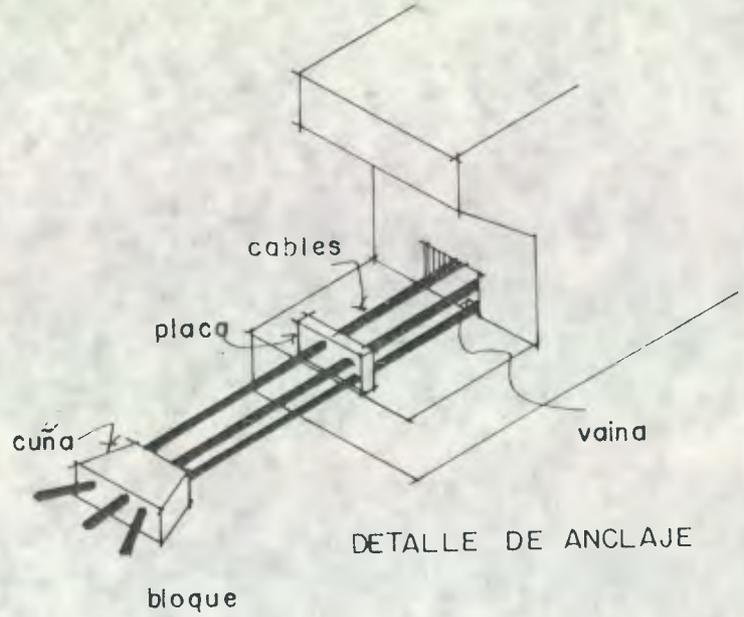
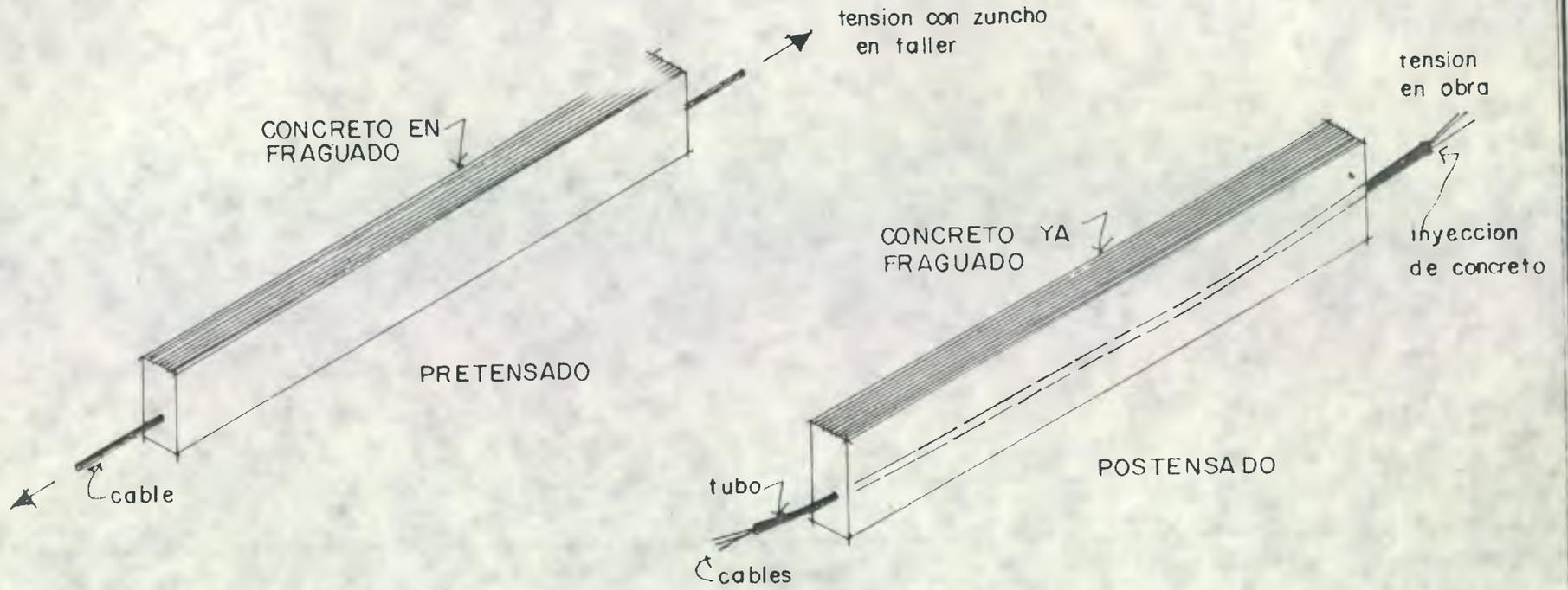
El pretensado se usa para la fabricación de piezas en taller pues requiere el empleo de refuerzos de alto límite elástico que resista alargamiento tensional en gran cantidad, en el pretensado las propiedades del concreto reforzado se conservan gracias a la adherencia entre la armadura y el concreto, sin embargo no resulta suficiente por lo que se recurre a sujetar las armaduras con anclajes especiales, lo cuál le da más ductilidad al concreto.

Otra ventaja es que si en el período de pretensión aparecen grietas o fisuras al descargar la pieza en la obra, estas desaparecen automáticamente sin que se aposable encontrarlas a simple vista.

El concreto pretensado hecho en laboratorio es un material perfectamente elástico e impermeable por haberse solucionado el problema de la fisuración o agrietamiento.

Las propiedades que se obtienen en el taller así como: mayor resistencia, mayor durabilidad, más economía, etc., y su industrialización por medio de prefabricación y el pretensado se desarrollen mutuamente quedando solo el problema de unido que en el concreto hecho en obra no existen pero que en el pretensado sí existen.

El problema de unido entre el concreto pretensado y el concreto ordinario puede ser el siguiente: el concreto pretensado se retrae mucho más que el concreto ordinario y el problema es mucho menor, aumentado con el tiempo por la desigual retracción de ambos.



## EL TERRENO

El terreno se considera hoy como un material estructural y es tan esencial a toda estructura de construcción como lo es el agua para un barco ó el aire para un avión.

El terreno puede ser sólido como el caso de una roca ó pseudosólido, si se trata de arcillas, ó un simple árido cuando se cimienta sobre un hecho arenoso ó sobre una gravera.

En el caso de la gravera el terreno no ofrece ninguna cohesión y solo queda el rozamiento para actuar como elementos estabilizantes ó resistentes a la rotura.

La facilidad de producirse deslizamientos según ciertos planos es uno de los peligros más graves en construcción especialmente con capas de arcillas, en que el agua actúa como un verdadero lubricante.

Si el terreno es de arena ó grava suelta sin cohesión se requiere ir a cimentar en capas profundas para que las posibles superficies de deslizamiento se agranden é interesen un peso de terreno estabilizante mucho mayor.

## PREFABRICADOS

Una estructura no se puede hacer completamente en un taller y colocarse como si fuera un mueble, sin embargo siempre tienen las estructuras algo de prefabricación, concepto que en la actualidad se ha desarrollado grandemente.

En acero las piezas se preparan en taller y se prevee su montaje y transformación a la obra.

En cantería se labran los ladrillos en serie de diversos tipos. En concreto también se ha desarrollado la prefabricación unida a la técnica del pretensado por la mayor complicación de ejecución de estas piezas, por su menor peso y por la economía en formaletas. Se ha sacrificado el monolitismo de la pieza pero se ha sustituido con otros procedimientos dependiendo de la dimensión de las piezas de muchos factores entre ellos su transformación, brazo de la grúa disponible, carga máxima, etc., el acero es más fácil y rápido de montaje generalmente que el resto de materiales.

El grado de prefabricación de una obra influye en el plazo de construcción por trabajarse en varios elementos simultáneamente. En obras de edificación el proceso de ejecución no influye más que en detalles de ensamble ó análogos pero en grandes obras de grandes vanos y superficies por cubrir los sistemas de montaje influyen en la decisión del tipo de sistema estructural para emplear.

## Materiales Birresistentes:

### MADERA

La madera es cronológicamente el primer material capaz de resistir por igual a tensión y a compresión simultáneamente y según la dirección de sus fibras.

Es el único material vivo que se emplea en la construcción en grande, es más adaptable y menos rígido y esquemático que los otros, con la gran ventaja de que todas las piezas son distintas en su aspecto lo cual le da un gran atractivo estético.

Sin embargo la madera es comparación con los materiales estudiados acusa menor durabilidad, pues aunque existen maderas que han soportado la intemperie durante siglos en general es la humedad y la sequedad, acaban rápidamente con ellos, bajo la intervención de bacterias, líquenes é insectos.

Sin embargo se han ideado tratamientos que alargan enormemente la duración de las maderas pero aún así esta duración nunca será comparable a la de los materiales petreos.

La fibra es algo substancial de las maderas de construcción pues es ella la que le da su belleza, su estructura vital, y su expresividad de resistencia.

Su resistencia a compresión y más aún a tensión es mayor en el sentido longitudinal de las fibras siendo sus deformaciones de trabajo considerables en relación con otros materiales, estas deformaciones son irreversibles bajo la acción de cargas prolongadas.

Un factor muy importante en la construcción en maderas es la cuestión de los ensambles que son los encargados de transmitir esfuerzos de una pieza a otra.

La debilidad del ensamble en las armazones clásicas se acusa mucho, sobre todo al aprovecharse su resistencia a tensión. El enlace a tope para compresión requiere un corte perfecto, con el objeto de asegurar el contacto en toda la superficie, en su defecto pueden llenarse los vacios con mortero de cemento para

asegurar el pleno contacto.

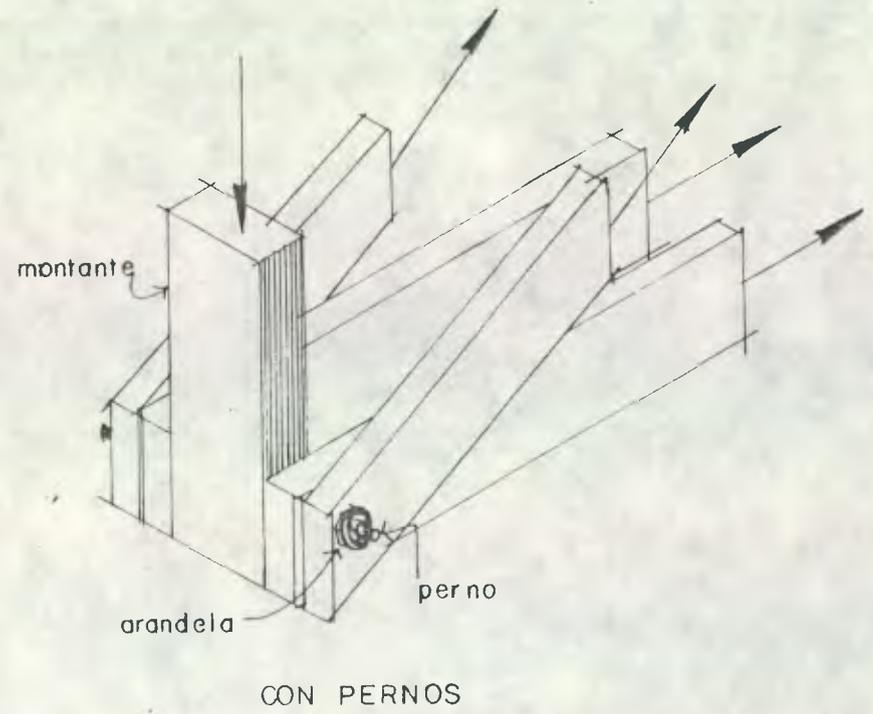
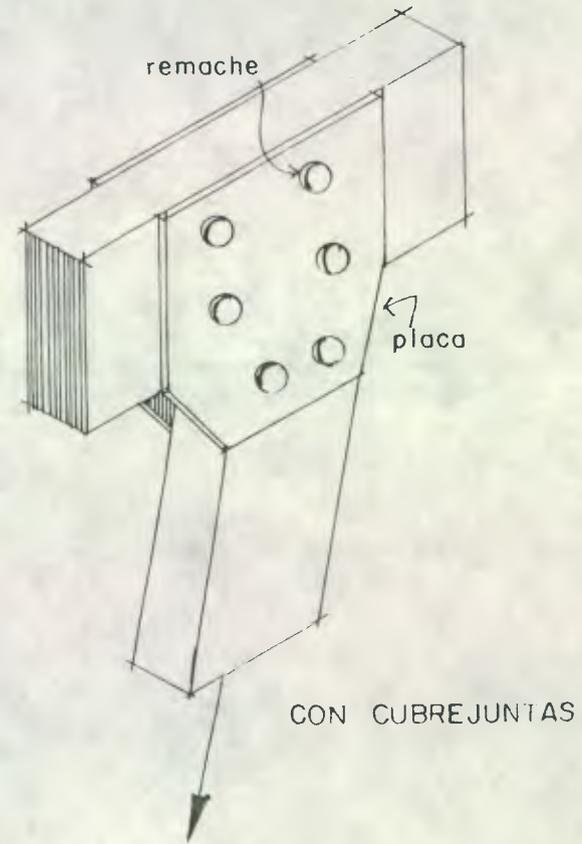
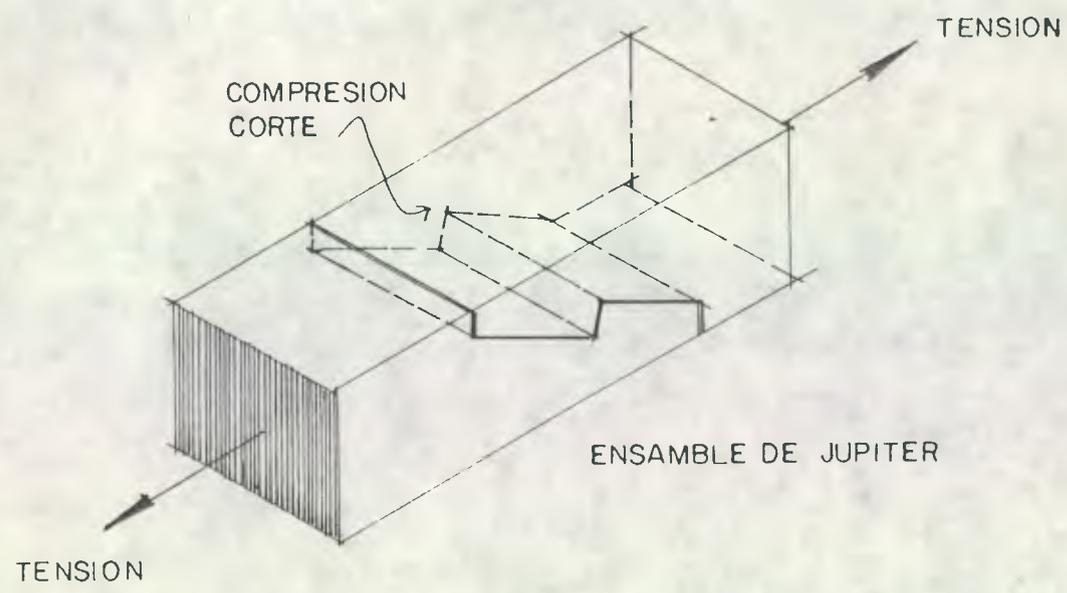
El ensamble para tensión directa es imposible con la madera haciéndose necesario convertir la tensión en esfuerzo cortante ó en compresión a través de un ensamble acondicionado mediante disposiciones especiales de este.

Entre los ensambles más conocidos se tiene el Ensamble de Júpiter, que convierte la tensión en compresión mediante un esfuerzo cortante en dos planos de deslizamiento, sin embargo es difícil de lograr por construcción.

Otro ensamble conocido es el de Cubrejuntas en que la deformación de flexión la sufren los clavos adheridos a la madera.

Otro ensamble conocido y más eficaz que los anteriores debido a sus múltiples ventajas resistentes es el ensamble a base de pernos y arandelas que permiten unir varias piezas a la vez, tales como verticales, diagonales, y tirantes.

La técnica actual ha avanzado y logrado éxitos mediante tablas encoladas a base de colas sintéticas y tratamientos especiales tales como el plywood, sin embargo su comportamiento estructural es muy diferente al de la madera pues la estructura al hacerse monoxila toma caracteres de otros materiales lo cual viene a revolucionar la técnica de construcción en madera.



UNIVERSIDAD D. SAN CARLOS DE GUATEMALA  
BIBLIOTECA  
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

MADERA

## EL ACERO

La fundición es un material de gran peso específico de gran resistencia a compresión y con una resistencia a tensión mucho mayor que la de los materiales pétreos y la madera.

Su comportamiento no es perfectamente elástico, las deformaciones aumentan más rápidamente que las compresiones que las producen. Su coeficiente de dilatación térmica es elevado sin embargo su coeficiente higroscópico es nulo.

El acero es un material moldeable en forma pero siempre dentro de ciertos límites los cuales son determinados por el proceso de moldeado a altas temperaturas el cual siempre sin excepción que hace en fábrica y no en obra como el concreto por ejemplo.

Se realiza el acero en espesores limitados los cuales son determinados por factores técnicos y económicos aunque nunca alcanzan la esbeltez de las estructuras de acero, actualmente ha sido desplazado por el acero laminado y el hormigón en sus usos predilectos que eran en arcos y puentes.

El acero moldeado y forjado no pueden considerarse materiales de construcción estructuralmente hablando aun cuando se emplean con ventaja con respecto a la fundición en elementos auxiliares como rotulas y rodillo de apoyo.

El acero laminado es insustituible en la construcción de ambientes de grandes alturas y grandes luces, es un material mucho más técnico que los materiales clásicos y en el cual el fenómeno tensional es lo fundamental así como su tenaz resistencia que se ve solamente con la desventaja, de no ofrecer la adaptabilidad y las variadas posibilidades de forma de otros materiales tales como el concreto.

Es el acero de mayor costo volumétrico y de más elevada capacidad tensional, pero también es el de más exigente determinismo en lo que a forma se refiere debido a sus formas y proceso de laminación.

El acero laminado llega a la obra como la madera en formas prismáticas y rectas y en analogía con esta tiene resistencia a la tensión y a la compresión simultáneamente aunque en mucho mayor grado.

Su resistencia al esfuerzo cortante es poco menor que su resistencia a tensión ó compresión lo cual se traduce en el espesor del alma, el cual disminuye considerablemente debido a estos factores.

El acero laminado adopta forma seccionales de I ó C para formar los llamados perfiles compuestos pues las secciones cerradas ó tubulares no se prestan a la fabricación.

Una limitación en la construcción con acero laminado es el número limitado de perfiles de los cuales el proyectista no puede salirse siendo aparte de los mencionados que son los típicos, los de sección Z ó T.

Una ventaja del acero es que no presenta ni refracción ni deformaciones higroscópicas ni diferidas mientras las cargas del trabajo y la temperatura sean normales además el agotamiento resistente del acero normal produce siempre ductilmente, por su entrada en el escalón de la afluencia. Solo cuando las cargas obligan a sobrepasarlo y después de alcanzar deformaciones muy grandes aparece la estricción previa a las roturas y por fin la rotura.

Igual que en la madera la cuestión de ensambles es sumamente delicada.

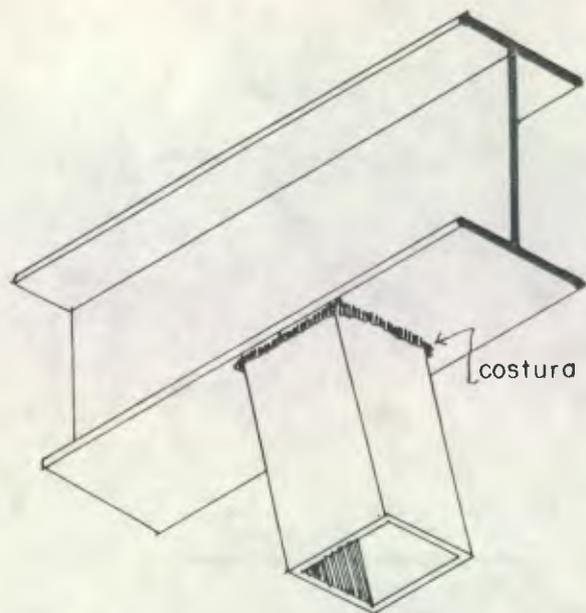
Una de las formas fué muy usada en otros tiempos fué la de roblonado que es la traducción metálica del clavo usado en la madera siendo usado en este caso en material de analogas características resistentes, sin embargo el estado de tensión en el clavo y en el rededor de él es muy complejo. Sin embargo trabaja gracias a que el material acepta deformaciones plásticas siendo esta la ventaja fundamental del acero semidulce.

Su ductilidad y tenacidad, propiedades que le permiten amoldarse aceptando sin romperse los deslizamientos necesarios para rebajar las juntas locales de tensión también es una de sus ventajas, lo cual no sucede en aceros duros y templados, los cuales no se prestan a este tipo de enlace.

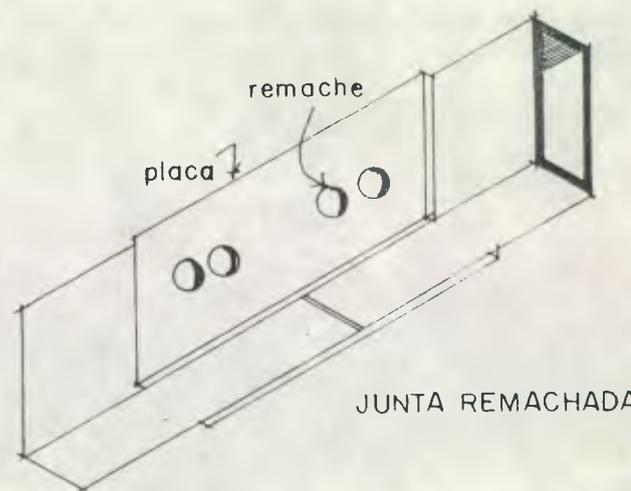
En los últimos tiempos se ha desarrollado mucho la técnica del ensamble por soldadura, principalmente la soldadura eléctrica con electrodo revestido y técnicas análogas.

Se tienen entre sus principales ventajas:





SOLDADURA



JUNTA REMACHADA

## SELECCION DE SISTEMAS ESTRUCTURALES EN EL PROCESO DE DISEÑO

Ninguno de los pasos para desarrollar un sistema estructural requiere de fórmulas matemáticas, siendo todo absolutamente conceptual para que luego venga el cálculo después de haber examinado estas fases y haber concebido consecuentemente un sistema estructural. el cálculo comprueba el sistema, garantizando su seguridad y economía.

### PROGRAMA DE NECESIDADES:

En toda obra arquitectónica se presentan factores de todo tipo que obligan a satisfacer un programa de necesidades en cierta manera, en ello influyen factores tan variados tales como el clima, la superficie, la densidad de población, la facilidad de transportes, el uso del edificio, materiales, plan de desarrollo urbano, etc.

En toda construcción se presenta una finalidad, y unas características propias, y en consecuencia tiene unas ciertas condiciones resistentes que se deben cumplir, también tiene exigencias económicas y una interpretación estética más ó menos exigente. Para realizar dicha obra se dispone de ciertos materiales con características propias y de ciertas técnicas para manejarlos y realizar la obra. Todos ellos influirán en el sistema estructural a elegir para satisfacer estas necesidades y que cumpla con la finalidad deseada.

En el concepto de finalidad hay siempre condiciones esenciales que pueden ser de diversos tipos y hay otras que son accesorias y se presentan al fin otras que son optativas ó de pura conveniencia de las que en último caso se podría prescindir si fuese necesario en aras de otras cosas ó por lo menos reducirlas al mínimo en sus exigencias.

La función resistente ó estática es esencial por cuanto es la que nos lleva a elegir el tipo estructural que dentro de las condiciones que impone su finalidad resulte más adecuado y económico para construirlo con los materiales y las técnicas que se dispone.

Las construcciones antiguas no era frecuentemente separar las partes estructurales ó sustentantes de la construcción del resto de los elementos de relleno, hoy en día eso es cosa muy corriente y de allí que es

primordial preocuparse por la estructura en sí, y de sus relaciones con el resto de elementos no sustentantes.

Para resolver el problema se dispone de materiales y técnicas y solo mediante el conocimiento de las características mecánicas y de otros ordenes de los materiales, de las técnicas que cada uno requiere y de los medios que se disponen para manejarlos, se podrá atinar en la elección conveniente tanto de materiales como de procesos de ejecución y encontrar el tipo estructural óptimo con sus formas resistentes ajustadas a todas sus exigencias.

El resultado debe comprender:

- Los materiales
- El tipo estructural
- Formas y dimensiones
- Proceso de ejecución

Las cuatro cosas van unidas y se influyen la una a la otra y solo una atinada elección de las cuatro puede dar la solución óptima para satisfacer las necesidades planteadas ninguna puede considerarse aisladamente de las otras sino todas en conjunto.

Una vez escogida la estructura debe someterse a prueba de los fenómenos de resistencia del material escogido, analizarlo con respecto a las cargas que va a sufrir, como se va a comportar, haciéndose necesario que en este punto la lógica estructural y la intuición que es la que nos dirá como responderá el material a cargas tensionales, de compresión, de viento, carga viva, carga muerta sin olvidar ninguna.

Al trazar las estructuras hay que tener presente la función estático-resistente.

El proceso conceptivo de la estructura es un arte, y fundamentalmente el resultado de una intuición experimentada y aunque no existe ningún método que permita llegar a la elección de un tipo estructural más adecuado para cada problema concreto que se plantee, si se pueden marcar ciertas directrices que orienten, es cuestión de costumbre, intuición é imaginación, buen criterio y condiciones

personales, así como experiencia. Nunca debe escogerse una solución sin exigirle ventajas sobre las demás soluciones planteadas.

Lo primera es concretar las condiciones de funcionamiento que plantea el problema, clasificarlas entre las mas necesarias y definidas que deben cumplirse a cabalidad y de las accesorias, que se cumplirán en cierto grado, debido a su importancia en el problema y por último las que son simplemente convenientes y que en dado caso pueden sacrificarse. Sin embargo no hay que menospreciar ninguna condición funcional y si se sacrifica debe estar bien justificado aún las que no estan expuestas expresamente pero que estan implícitas.

Seguidamente se introducen limitaciones, orientaciones condiciones y conveniencias, que se han analizado antes:

El material, el fenómeno tensional, en sus lineas fundamentales, el terreno, el proceso de ejecución, la estética, el ambiente urbano, etc.

En materiales deberán considerarse los de la localidad por razones económicas y de transportación así como de caracter.

A partir de los análisis mencionados se bosquejan los primeros esquemas estructurales imaginados, comparando con problemas parecidos que han precedido al considerado.

Es normal que aparezcan inconvenientes del plan funcional y la estructura, la cual generalmente está resuelta forzada ó complicada, por lo que hay que ir buscando posibilidades que anulen ó aminoren los problemas suscitados entre función y estructura hasta que queden anulados ó por lo menos considerablemente reducidos.

Además es obvio que no se puede ir contra los elementos ó datos esenciales del problema funcional pero no hay que empecinarse en una forma especial de resolverlo, si después de analizarlo bien no quedan resueltos los problemas, pues hay siempre otros caminos que pueden resultar mejores, teniendo siempre en

cuenta no separar la solución funcional, de la estructura, pues de lo contrario aquella no tiene objeto.

Debe por lo tanto analizarse la solución con crítica aguda y sin prejuicios para conocer sus inconvenientes y alejarse de ellos en busca de una solución mejor.

Según el material seleccionado para satisfacer las necesidades, variara el sistema estructural, el proceso de ejecución, las dimensiones y los medios auxiliares por utilizar la carencia de determinados medios auxiliares ó su elevado costo puede hacer prohibitivo el uso de ciertos materiales ó de ciertos sistemas constructivos, igual sucede con los demás puntos planteados.

La variedad de condiciones más o menos imperativas que aparecen entre estos elementos hace el problema más complejo.

Esquematizando se tendría:

#### ECUACIONES

- Finalidad utilitaria
- Estatismo ó función estática
- Cualidades estéticas
  
- Condiciones económicas

#### INCOGNITAS

- material
- tipo estructural
- Forma y dimensiones resistentes
- Proceso de ejecución

Por supuesto estas ecuaciones no pueden satisfacerse plenamente en un cien por ciento, ó en el grado que se quiera por lo que es necesario conformarse con resolver el problema en el mayor grado posible, lo más aproximadamente posible, esto se debe a las mutuas exigencias de unas incógnitas con otras, sin embargo la meta debe ser reducir al mínimo los inconvenientes y sacrificando en parte condiciones menos importantes, solamente puede pretenderse que el sistema cierre con el mínimo error; y todo queda dentro del campo subjetivo y opinable, sujeto a críticas y enjuiciamientos.

Es necesario antes de considerar otras cuestiones considerar el fenómeno de la función estática y resistente aplicada a cada material de la estructura. En ello debe basarse la elección del tipo de estructura.

La estructura definitivamente busca su firmeza en el terreno, obligándola a reacciones para equilibrar el conjunto de pesos y empujes que obran sobre ella y cuando hay empujes horizontales se requiere peso y estabilizador sobre la sustentación.

En cuanto a la resistencia el problema consiste en transmitir las fuerzas actuantes hasta equilibrarlas con las reacciones de sustentación a través de esfuerzos internos producidos en la estructura.

Económicamente hablando el trabajo a flexión es más caro que el de tensión y este último más caro que el de compresión generalmente y más cara es la pieza mientras más esbelta sea.

Pero no es sólo el factor económico lo que ha de tomarse en cuenta sino su deformabilidad también. Si la estructura va a ser rígida ó flexible.

Toda concentración de tensiones es peligrosa y acusa un defecto de concepción, elevando el peligro de fallo, hay que evitar que la estructura presente puntos débiles en relación con los otros por ello son muy importantes los enlaces pues son puntos de concentración peligrosos.

Siempre una estructura con pocos elementos y robustos da buena sensación de seguridad y tranquilidad bien lograda más que otra estructura lograda por una multitud de elementos empalmándose y cruzándose para formar la estructura.

Tampoco debe olvidarse el material que es esencial puesto que la morfología de la estructura va íntimamente ligada a su proceso de construcción, como lo va al material de que ha de hacerse, y no deben separarse en el proyecto.

El acierto de todos estos factores durante el proceso de diseño estructural determina el éxito del mismo.

### FACTOR ESTETICO

El proyectista tendrá que escoger a menudo entre dos ó más soluciones imaginadas para resolver el problema, ponderando sus cualidades estéticas, en otros casos valorará si al corregir sus formas puede mejorar la expresión estética de la estructura, ello no quiere decir forzar las otras condiciones como lo son las funcionales, resistentes, constructivas y económicas guiandose por su instinto y educación artística más que por reglas concretas porque ello es subjetivo pero es el arquitecto el que debe resolver el problema pues en él concurren factores que lo hacen técnico y artístico por lo que él sabrá valorar.

Por otra parte la belleza es la expresión de la verdad de allí que la belleza requiera fundamentalmente una verdad de correlación perfecta entre el fondo real y la forma aparente de la obra.

Es de consiguiente, desagradable que la apariencia de una obra induzca a pensar que sus fenómenos funcionales y estructurales son diferentes de los que oculta interiormente divorciados de los que expresa exteriormente.

Así tenemos por ejemplo sería faltar a la verdad revestir una viga de concreto con un plaqueado de piedra, fingiendo un dovelado típico de un arco apoyado sobre simples columnas incapaces de soportar el empuje de las dovelas, ó incluir columnas ornamentales que no soportan ninguna carga como se acostumbraba en arquitecturas antiguas pues estas columnas no están cumpliendo su función que es la de soportar.

Actualmente cuando más interesa fundir en un solo concepto la forma artística con la forma estructural suprimiendo temas puramente ornamentales, la belleza surge de la gracia de las líneas, la

proporción de las masas y el ritmo de sus formas, la estructura es bella por sí misma sin necesidad de aditamentos ni formas.

El material influye también decisivamente en el factor estético porque es la razón estática resistente de la forma estructural y no puede haber satisfacción estética si el tipo las formas ó las proporciones estructurales no corresponden al material que las expresa.

La mejor regla que puede darse para obtener una estructura realmente estética es que el autor posea una serena sensibilidad artística unido a la imaginación creadora y unida a la técnica necesaria para lograr la finalidad y el mecanismo de la función resistente.

En la estructura el material es determinante en la morfología estructural, así: La piedra y El Ladrillo son ideales para trabajar a compresión en estructuras macizas de apoyos continuos.

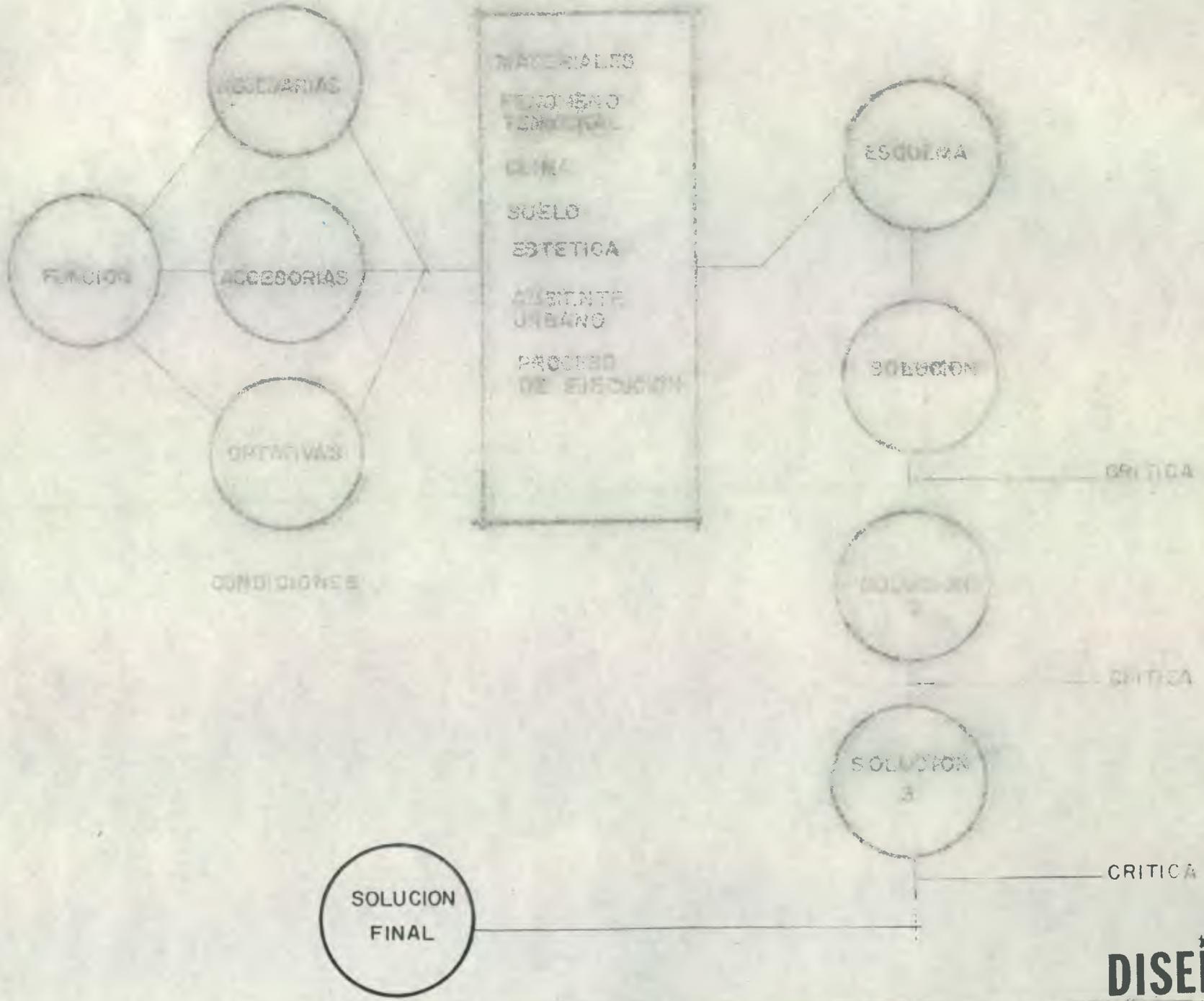
El concreto reforzado es el indicado para estructuras laminares y cáscaras, para cubiertas y para estructuras donde hay tensiones importantes pero donde siguen dominando siempre las compresiones.

Ahora si el trabajo ha de ser predominantemente de tensión ó si la flexión es alternada y obliga a refuerzos de tensión en ambas caras las ventajas del concreto decrecen y el indicado entonces es el acero.

El concreto necesita para ser económico secciones robustas pues la esbeltez sube el costo con formaletas, refuerzos y andamios, se presta mal a los tipos estructurales complicados tales como las vigas trianguladas y otras.

El acero forma estructuras de poca masa, ligereza y alta resistencia a tensión son características de este material así como su procedencia laminada. Se usan en entramados y triangulaciones para salvar grandes luces en las que interesa ahorrar peso y al contrario del concreto que emplea pocos elementos, el acero complica la malla de sus elementos para lograr con economía la máxima ligereza.

Tampoco es necesario elegir un solo material pues cada uno tiene sus ventajas y desventajas, y a veces es posible combinar varios para lograr una buena armonía y economía.



**DISEÑO**

## EJEMPLO

En el siguiente ejemplo trataré de aplicar a un problema sencillo lo que hasta ahora se ha venido discutiendo en teoría.

Se escogió un problema sencillo puesto que este trabajo está orientado a quienes se inician en el campo del diseño.

Se tomará un ejemplo basado en un problema dado recientemente en la asignatura de TALLER SINTESIS I, de la Facultad de Arquitectura, en la cuál tuve el honor de ser Catedrático Auxiliar.

Parada de buses en la Ciudad Universitaria

Facultad: Derecho

18 personas

Esquemmatizando se tendría:

### ECUACIONES:

- Finalidad Utilitaria: Resguardar 18 personas de los elementos naturales durante el tiempo de espera
- Cualidades estéticas: Debe conservarse el carácter del edificio el cuál va a servir para que no haya choque de formas y debe tener estructura lógica
- Condiciones Económicas: Para el fin, no debe ser algo costoso sino factible de construir y con materiales adecuados
- Función Estática: Debe ser una estructura resistente a la intemperie y a los elementos

naturales, no soportará mayores cargas y servirá solo como definición de un espacio independiente para un fin que es el de resguardar personas de elementos naturales para lo cual no hace falta un cerramiento absoluto bastará con una cubierta.

#### INCOGNITAS:

- Material
  - Tipo de estructura
  - Forma y dimensiones resistentes
  - Proceso de ejecución
- Seguendo el Proceso de Diseño se tendrán:

**Función:** Protección de lluvia, sol y viento.

**Condiciones:** Necesarias Superficie cubierta  
Ornamentación adecuada  
Adecuada resistencia de los pilares y facilidad de montaje y desmontaje

**Accesorios:** Proyección de área de cubierta grande  
Instalación de asientos para sillas

**Operativas:** Gamificación de los colores  
Posibilidad de instalar servicios eléctricos.

**Materiales:** Debe conservarse el carácter del edificio y debe haber armonía formal así como por su economía, debe soportar elementos naturales.

**Fenómeno Tensional:** No resistirá cargas vivas, solo viento y no será un gran espacio pues su capacidad es para 18 personas lo que ocupará un área no mayor de 25 metros cuadrados, lo que

nos dará claros pequeños.

- Clima:** Debe tomarse en cuenta dirección de vientos y la incidencia del sol en las horas de mayor afluencia de personas
- Suelo:** Arcilloso-arenoso
- Estética:** Debe ser atractivo y debe expresar claramente su función, con solo verla se sabrá que es una parada de buses, debe guardar armonía formal con el edificio de la facultad.
- Ambiente urbano:** Debe colocarse en lugar estratégico cerca de vías de comunicación y fácil accesibilidad tanto de los buses como los del edificio, debe integrarse al espacio urbano que es el edificio y el bosque circundante.
- Proceso de Ejecución** Debe ser sencillo y adecuado a los materiales y de factibilidad constructiva.

Coordinando los elementos anteriores deducimos que el material más adecuado es el concreto, material del que está hecho el edificio, económico, de fácil construcción, cubre el espacio que no necesita mayores claros, se adaptó al suelo y es atractivo.

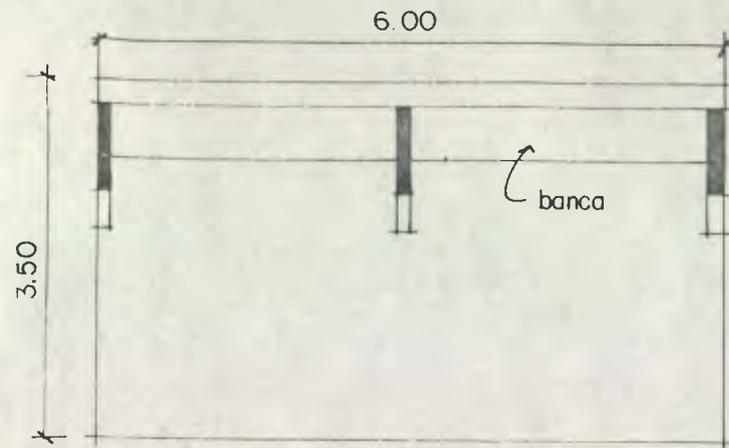
La estructura más adecuada para este problema es la de masa activa, pues es la solución del edificio de la Facultad de Derecho, para que no haya choque formal, y es factible de construirla con el material escogido y para cubrir pequeñas luces. la cubierta puede ser una losa simple con voladizo moderado, y descansando en soportes de tal manera que tenga la suficiente estabilidad para cumplir su función que resista cargas de viento y movimientos laterales para ello necesitará uniones rígidos y con la menor deformación.

#### ESQUEMAS:

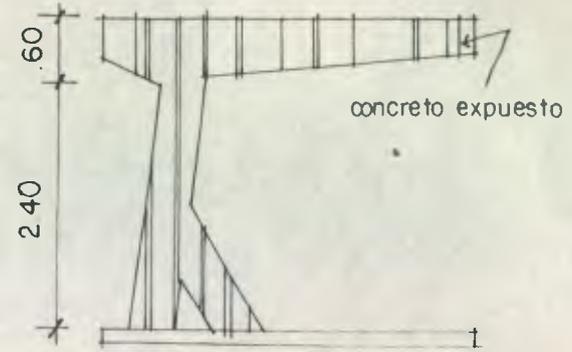
Soluciones ----- Críticas

Solución final:

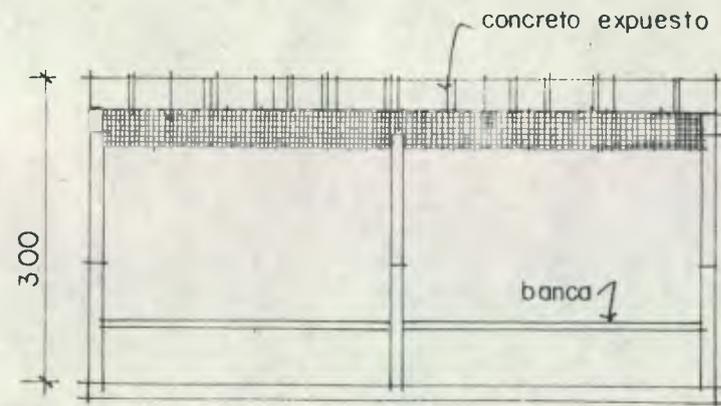
Expondré a continuación el trabajo que sacó el más alto punteo en el grupo a mi cargo, y que creo fué el que resolvió el problema en mayor grado. Nótese la satisfacción de los requisitos y el alcance de la finalidad.



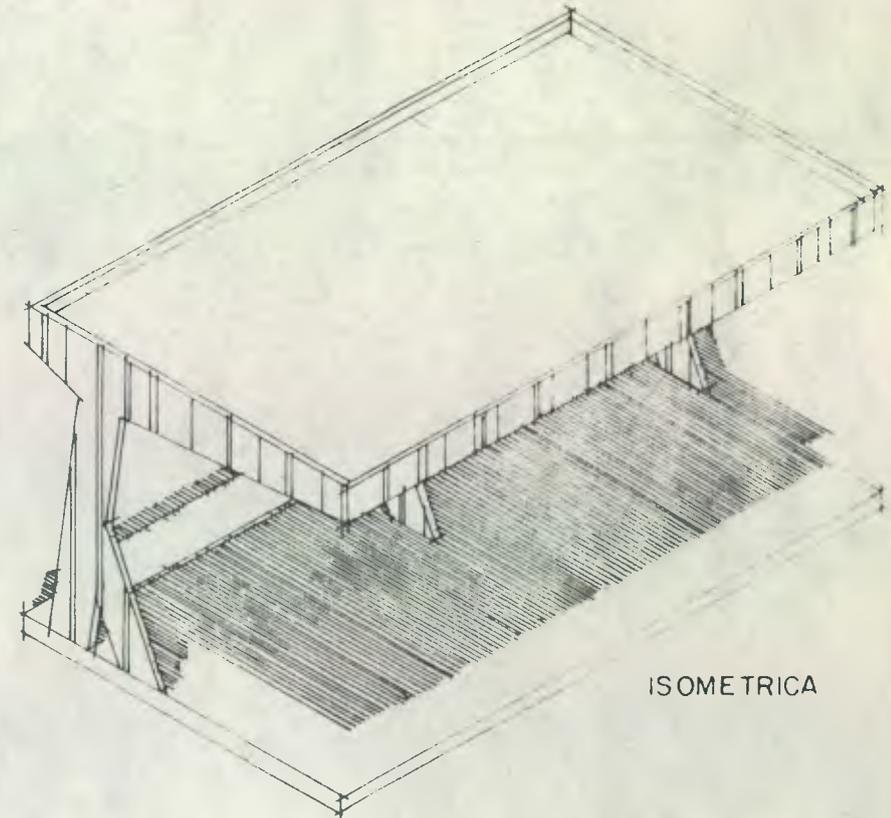
PLANTA



ELEVACION LATERAL



ELEVACION FRONTAL



ISOMETRICA

parada de bus

## CONCLUSIONES

Para el observador que conoce las relaciones estructurales estas se presentan en un orden amplio y claro y nota un origen intelectual en ellas, las cuales dan testimonio de lógica y consecuencia de buena técnica, que obedece a leyes del material al servicio del problema constructivo, sin embargo para el observador laico apoyado en impresiones visuales no comprenderá las relaciones de las formas estructurales faltándole el conocimiento del parentesco estructural de las formas múltiples.

De este razonamiento surge la deducción: La forma estructural moderna no puede comprenderse en su sentido sin conocimientos ello implica que la forma estructural tiene su lugar en el mundo de la técnica sin impedir que pueda llevarse a una forma artística.

Otra de las características decisivas en la forma estructural es la independencia de su concepto de todas las corrientes y tendencias de la arquitectura.

Así que las dos características fundamentales del papel de la forma estructural dentro de la arquitectura moderna pueden reunirse así:

- 1.- La forma estructural (no nace solo de la intuición, sino que se necesita además del conocimiento técnico para descubrirla y diseñarla, así como para comprenderla al contemplársela).
- 2.- La forma estructural no está sujeta a determinadas corrientes dentro de la arquitectura moderna, sus raíces son mucho más profundas y se encuentran en la historia estando esparcidas en todo el mundo sin liga a una ó a otra tendencia de la arquitectura actual.

Quiere decir eso que las tendencias son corrientes que no pueden reclamar en exclusiva la forma estructural como tampoco se les puede negar del todo, pues en las diversas épocas de la arquitectura en unas se le ha dado énfasis a la expresión de la estructura, sin embargo en otras se ha escondido ó se le ha dado un distinto papel.

Así las tendencias que son expresiones de una interpretación definida de la arquitectura en el fondo

no tiene que ver con la presencia ó falta de formas estructurales. En cualquier tendencia de la arquitectura se encuentran formas estructurales tanto auténticas como falsas.

El proyecto arquitectónico es el que resuelve el conflicto entre el hombre y el medio ambiente por lo cual constituye un complejo proceso, en el fondo del cual existe una solución natural ú orgánica, existiendo varios factores ó componentes, como la continuidad histórica, las condiciones de ubicación regional y específicas, así como necesidades físicas y psicológicas de la sociedad, los cuales configuran nuestro entorno.

Solamente por un análisis juicioso y detallado y de todos los factores inherentes a las estructuras mentales en nuestro tiempo puede desarrollarse una síntesis creadora.

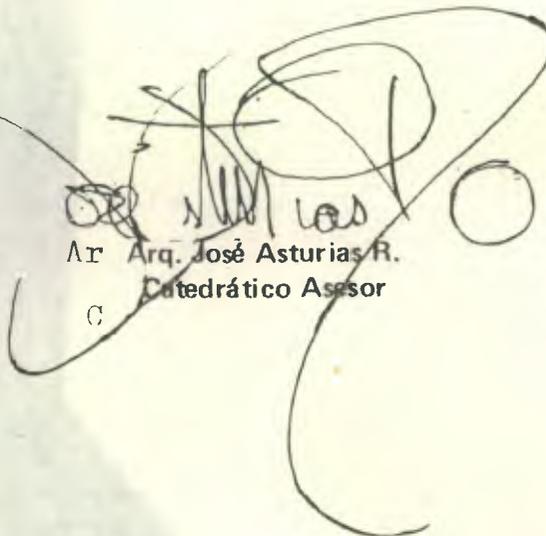
El arquitecto debe ser a la vez que universal un especialista versado en economía, sociología, estética, ingeniería, planificación y diseño, para que sea capaz de integrar todos estos conocimientos en una síntesis creadora, puesto que la comprensión de formas técnicas presuponen conocimientos que con la simple intuición no podría comprenderse las formas técnicas por ello el conocimiento señala, la incursión de la razón en el campo de la estética.

La arquitectura requiere de la técnica para su realización, solo con su ayuda o bien en forma y llega a constituir la expresión constructiva de su tiempo.

## BIBLIOGRAFIA

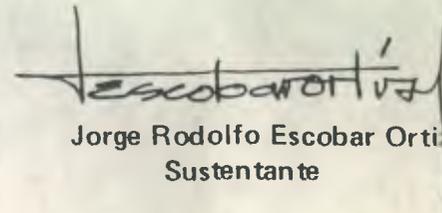
- RAZON Y SER DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES  
Eduardo Torroja
- FORMAS ESTRUCTURALES EN LA ARQUITECTURA MODERNA  
Curt Siegel, Editorial Continental
- SISTEMAS DE ESTRUCTURAS  
Heinrich Engel, Editorial Blume
- CONCEPTOS ESTRUCTURALES EN EDIFICIOS ALTOS  
Jaime Muñoz Duque, Revista Escala
- LAS ESTRUCTURAS VERTICALES Y SU ARQUITECTURA  
Luis Francisco Ruiz P.
- RESISTENCIA DE MATERIALES  
Seely & Smith, UTEHA
- FILOSOFIA DE LAS ESTRUCTURAS  
Félix Cardelach
- ESTRUCTURAS PARA ARQUITECTOS  
Salvadori & Heller  
Editorial Isla

Vo. Bo.



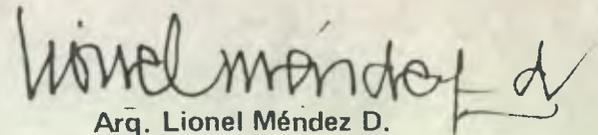
Arq. José Asturias R.  
Catedrático Asesor

C



Jorge Rodolfo Escobar Ortiz  
Sustentante

IMPRIMASE:



Arq. Lionel Méndez D.  
Decano en Funciones

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GÜ TEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Tesis