

**ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS
ESTEREOMETRICAS
Y SU UTILIZACION EN CHILE.**

S
ARQUI
051E
1996
C2

1996
02
C

MEN 3392

05 ABR 2001
MARC 2378



ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS ESTEREOMETRICAS Y SU UTILIZACION EN CHILE.

Abta: 4,6





UNIVERSIDAD DE VALPARAISO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
CARRERA DE ARQUITECTURA

SEMINARIO PROFESIONAL

"ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS ESTEREOMETRICAS Y SU UTILIZACION
EN CHILE"

Alumno:

GUILLERMO W. OLMEDO ESTAY

Profesor Guía :

LUIS BRAVO H.

53967 e2

*Dedicado a mis padres
por su incondicional apoyo.
A mis amigos y profesores.*

ABSTRACT :

El objetivo del siguiente seminario es informarse sobre el tema de las estructuras estereométricas, como placas , algunas formas y técnicas de construcción existentes e interiorizarse en las formas ocupadas en nuestro país y establecer las ventajas y desventajas de su construcción , es decir, lograr una evaluación de esta solución estructural y arquitectónica , la ESTEREOMETRICA.

Se iniciará el estudio refiriéndose a su geometría y volumetría para luego tratar las formas de solución para llegar a estas (estudio de nudos y apoyos) ,para así abordar el tema de su construcción y factibilidad. Se presentaran conjuntamente con el texto imágenes de apoyo al estudio.

En general el objetivo de este trabajo es la recopilación y estudios de datos que se transformen en material de apoyo sobre el tema, tanto para estudiantes como profesionales que se interesen en el, ya que contiene factores que están presentes en el transcurrir del arquitecto.

Del siguiente estudio se puede concluir la diversidad de ventajas que posee dicha estructura en diferentes aspectos como por ejemplo industrialización , tiempo , luz salvada , etc. y no es de extrañar el aumento paulatino de la construcción de este tipo de estructuras en nuestro país ,en donde existe la tecnología y mano de obra requerida para ella.

Ya no es materia de unos pocos especialistas del tema , lo que conlleva a plantearse en el futuro con un aumento de posibilidades de forma y construcción.

(Se desarrollan diferentes tipos de soluciones p.e. modificándose soluciones patentadas para evitar un aumento del costo.).

Con el estudio se logra profundizar en un tema muy acotado , Las Placas Estereométricas, que se circunscribe en el tema de las cubiertas de grandes dimensiones , que es un tema de constante actualidad.

INDICE

CAPITULO 1

"LA ESTEREOMETRICA UNA ESTRUCTURA ESPACIAL"

	PAGINA
1. ORIGEN GEOMÉTRICO DE LAS ESTRUCTURAS	07
2. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.	11
2.1 GENERAL.	11
2.1.1 La estructura según la posición en el espacio.(Superficies y Volúmenes)	11
2.1.1.1 Estructuras incluidas en el plano, ejemplos.	11
2.1.1.2 Estructuras incluidas en el espacio, ejemplos.	12
2.1.1.3 Estructuras volumetricas, ejemplos.	13
2.2 ESTRUCTURAS ESTEREOMETRICAS.	14
2.2.1. Clasificación según distribución de esfuerzos.	14
2.2.1.1 Distribución Bidireccional.	16
2.2.1.2. Distribución Tridireccional.	16
2.2.1.3. Distribución Cuadridireccional.	16
2.2.2. Clasificación según tipo de módulo espacial.	17
2.2.2.1 Módulo de prismas rectangulares.	17
2.2.2.2 Módulo de prismas triangulares.	17
2.2.2.3 Módulo de Tetraedros y Semioctaedros.	17
2.2.2.4 Módulo de Tetraedros y Octaedros.	18
2.2.2.5 Módulo de Pirámide hexagonal.	18

	PAGINA	
3. DATOS BÁSICOS DEL DISEÑO.	19	
3.1 INTRODUCCIÓN.	19	
3.2 DIMENSIONAMIENTO DE UN MODULO.	20	
3.3 REFERENTE A LOS APOYOS Y NUDOS.	23	
3.3.1 Esfuerzos en nudos	23	
3.3.2 Esfuerzos en los apoyos.	23	
3.3.3 Reacciones.	24	
3.3.4 Resistencia.	24	
3.3.5 Excentricidad	25	
3.3.6 Metodos para el diseño.	25	
3.3.7 Procedimiento de diseño.	25	
3.4 SOLUCIÓN DE UNIONES DE MONTAJE COMO PARTE DEL DISEÑO		28
3.4.1 Empalme en nudos.	28	
3.4.2 Empalme en cordones.	28	

CAPITULO II

"CLASIFICACION DE NUDOS Y APOYOS Y SU CONSTRUCCION."

	PAGINA	
1. INTRODUCCIÓN	30	
2. TIPOLOGIA DE NUDOS.	32	
3. TIPOLOGIA DE APOYOS.	43	
4. SOLUCIONES DE NUDOS Y APOYOS MAS UTILIZADOS EN CHILE.		45

	PAGINA
5. MUESTRA GRAFICA DE CASOS CHILENOS DE ESTRUCTURAS ESTEREOMETRICAS.	46

CAPITULO III

"INDUSTRIALIZACION EN LA CONSTRUCCION DE LAS ESTRUCTURAS ESTEREOMETRICAS."

	PAGINA
1. INDUSTRIALIZACION	49
2. MONTAJE.	52
3. COSTO.	53

CAPITULO IV

"CONSIDERACIONES DE LA UTILIZACION DE LA ESTRUCTURA ESTEREOMETRICA, SU EVALUACION"

	PAGINA
1. INTRODUCCIÓN.	56
2. VENTAJAS.	57
2.1 Posibilidades Arquitectonicas , Diseño Arquitectónico.	57
2.2 Como estructura modular , Modulación.	57
2.3 Importancia en su capacidad de resistencia.	57
2.4 Reducido peso propio.	58

	PAGINA
2.5 Fabricación y Montaje.	58
2.6 Tiempo de construcción.	59
2.7 Su caracter temporal.	59
2.8 Transporte.	60
2.9 Costos.	60
3. DESVENTAJAS.	61
3.1 Introducción.	61
3.2 Corrosión.	61
3.3 Costo.	62
4. CUADRO RESUMEN DE UNA EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA.	63
5. CONCLUSIÓN.	64
6. BIBLIOGRAFÍA.	66

INTRODUCCION

El presente trabajo de seminario estudia las estructuras estereométricas y su utilización en CHILE ,bajo un enfoque arquitectónico ,estructural y constructivo , desarrollo de los nudos y apoyos y sus alternativas existentes y las aplicaciones más utilizadas en nuestro país.

El objetivo de este seminario puede ser de importancia en el conocimiento tanto del estudiante de arquitectura como del profesional mismo ,por introducirse en un tema constructivo especial y enfocar o circunscribir su aplicación en CHILE .

Se tratarán factores que estarán siempre presentes en el transcurrir del arquitecto.

En resumen ,se trata de circunscribir el tema de las estructuras estereométricas aportando los conocimientos básicos que debe conocer el estudiante de arquitectura y el arquitecto para que adopte y desarrolle criterios frente a las estructuras y su aplicación teórica y práctica en proyectos ,información que se superpondrá con el estudio de la aplicación en CHILE.

1. ORIGEN GEOMETRICO

Es intreresante recordar la posición del hombre , específicamente los griegos , frente a los primeros problemas de tipo estructural... El arquitecto no fue intuitivo , sino que apoyó todos sus diseños en firmes razonamientos , que actualmente no servirían , pero si reflejan un estado de razonar... Es así como la arquitectura griega gira alrededor de la sección áurea y su expresión aritmética :

$$\phi = \frac{5+1}{2} = 1,618...$$

que al comprobarse aritmeticamente se cumple:

$\phi^n = \phi^{n-1} + \phi^{n-2}$, es decir que en la serie $1, \phi, \phi^2, \phi^3, \dots, \phi^n, \dots$ todo término es igual a la suma de sus dos precedentes, con lo que las longitudes proporcionales a estos términos tendrán propiedades geométricas notables.

La relación se encuentra en las figuras geométricas derivadas del pentágono y decágono regular , así cuando en un círculo de radio R se inscriben pentágonos regulares convexo y estrellados podemos obtener expresiones espaciales del pentágono regular (fig. 1.1).

El dodecaedro (12 caras pentagonales) y el icosaedro regulares son expresiones espaciales del pentágono regular (fig.1.2).

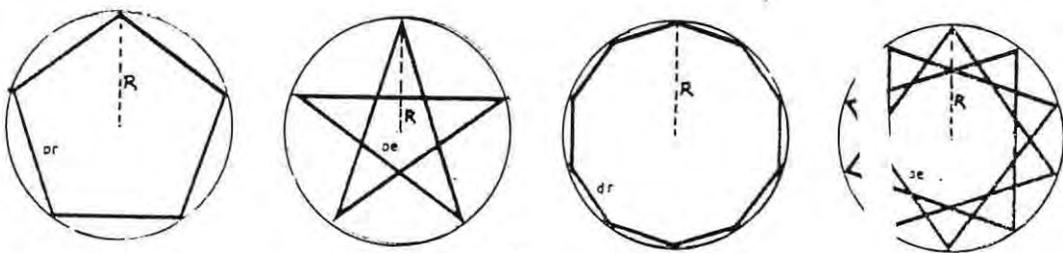


Figura 1.1

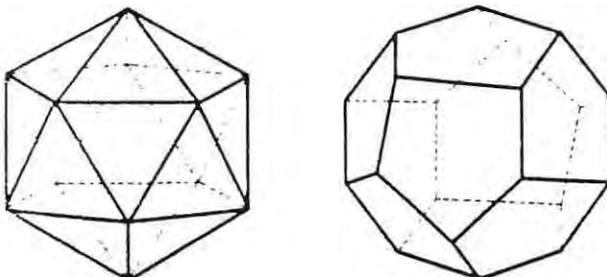


Figura 1.2

... el crecimiento de los radios , superficies y volúmenes, está regido en progresión geométrica , por el ritmo de la sección áurea.

Debido a los pocos testimonios gráficos que quedaron en la antigüedad clásica respecto a los cánones de composición , hoy tenemos sólo hipótesis basadas en los conceptos de simetría , analogía y armonía de como lo entendieron los clásicos.

MOESSEL, clasifica los procesos de diseño clásico en un cierto número de tipos específicos ... de las diversas divisiones del círculo nacen sistemas de rectángulos , triángulos , polígonos convexos y estrellados, que representan redes que tienen la forma y el significado de los sistemas de coordenadas, de esto se desprende que el estudio de la forma simétrica debe enfocarse como la subdivisión sistemática basada en el grado de similitud que existe entre sus módulos espaciales.(fig 1.3)

Se establece un sistema de los cuerpos simétricos (fig. 1.4) que clasifica los cuerpos en un primer nivel , en ISOMÉTRICOS , HOMEOMÉTRICOS , CATAMÉTRICOS y AMÉTRICOS. Dentro de los isométricos distinguen los ISOMÉTRICO FINITOS (cuerpos poligonales y esféricos.) que , en general , darán lugar a las células modulares de las mallas espaciales , y los ISOMÉTRICOS INFINITOS , donde encontramos 1) las Bandas , infinitas en una dirección del plano y limitadas en la otra , implicando una traslación en una sola dirección. (El concepto de forma infinita no es aplicable en la arquitectura se sustituye por "mucho mayor en una dirección que en otra"). 2) Varillas o bandas que se superponen a través de traslaciones , rotaciones , etc.

Nota :

_Simetría Isométrica :Sus motivos no se distinguen entre sí y su disposición se repite uniformemente.

_Simetría Homeométrica : Los motivos son semejantes entre sí, no iguales, y se repiten en sucesión monótona, de tal manera que un motivo se modifica respecto al siguiente en tamaño, posición o situación según una cierta ley.

_Simetría Catamétrica : Los motivos no tienen igual forma ni igual tamaño, pero están vinculados entre sí por una relación común.

_Hablamos de Ametría cuando los motivos no son

iguales ni semejantes ni están relacionados por ley alguna.

Desde un punto de vista arquitectónico las isometrías y homeometrías son las más interesantes, por su facilidad de fabricación, construcción y modulación.

EL antecedente de la malla espacial, la viga en celosía, se ha basado siempre en la triangulación, por ser el triángulo la célula más rígida que puede obtenerse en el plano. (Margarit y Buxadé.)

Es necesario mencionar y no debe extrañarnos el que muchas estructuras concebidas por el hombre , sean parecidas a ciertos sistemas encontrados en la naturaleza. La resistencia y ligereza de las estructuras naturales son posibles gracias a la disposición espacial de sus elementos.

A fines del siglo XIX la química orgánica descubre que toda ella es de configuración tetraédrica , más los descubrimientos de Pauling ayudan a suponer que toda estructura natural se basa en crecimientos tetraédricos , esto más la observación de estructuras naturales y datos geométricos concretos , como lo es por ejemplo el de las esferas que con igual radio y reunidas lo más compactamente forman tetraedros y que una concentración de éstas explica todas las formas de la estructura celular de tejido vivo.

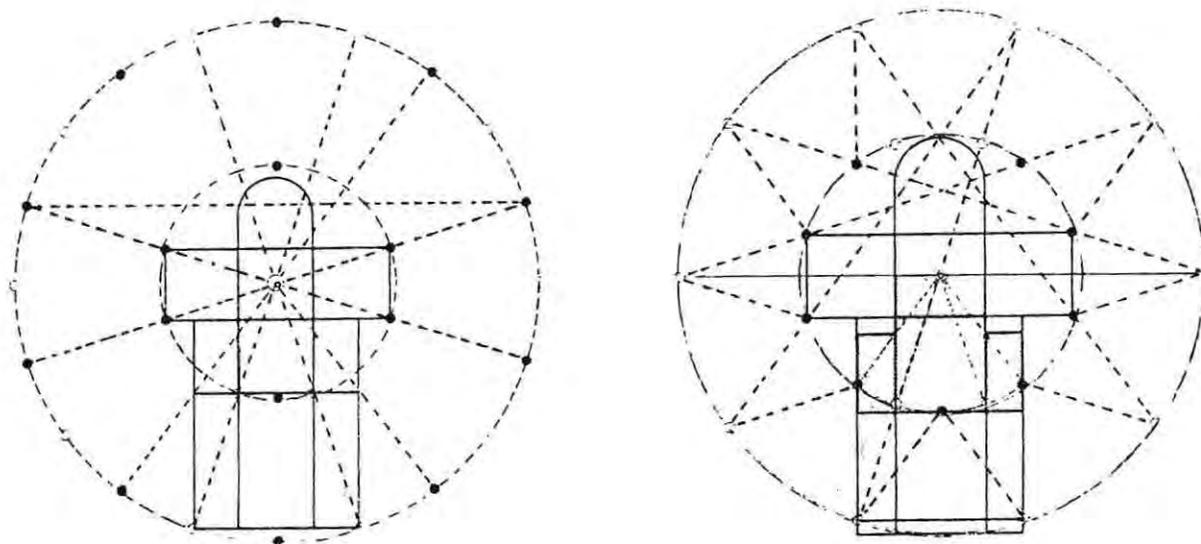


Figura 1.3

Clasificación de los cuerpos simétricos.(*)
(fig. 1.4)

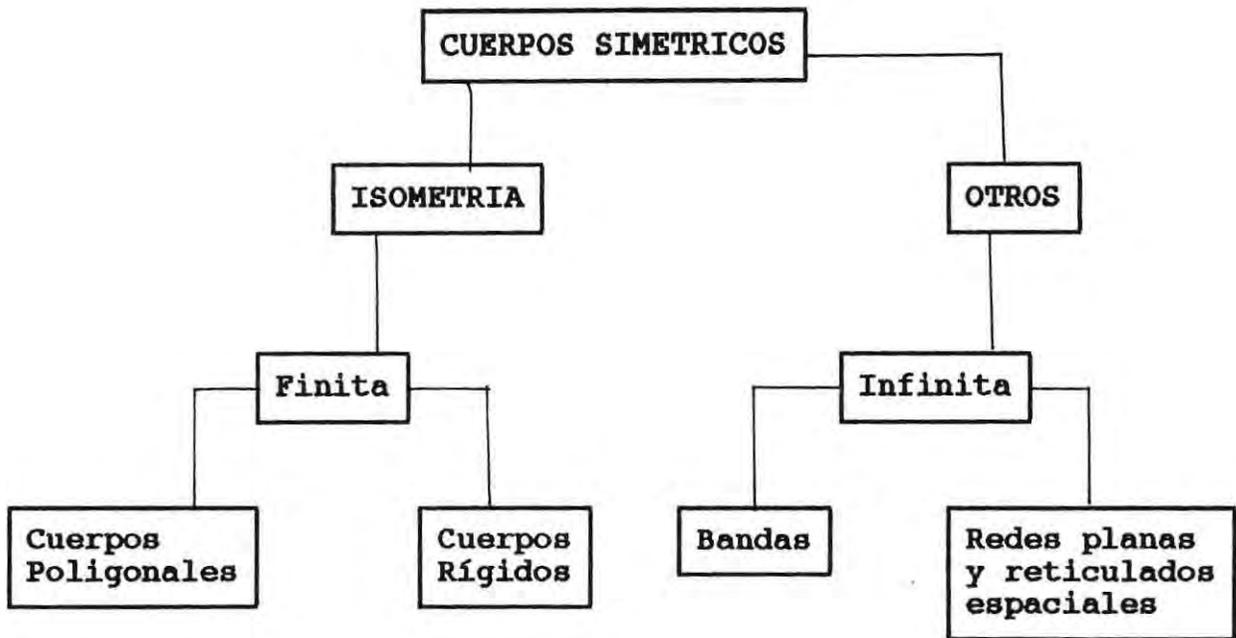


Figura 1.4

(*) Margarit - Buxadé, Introducción a una teoría del conocimiento de la arquitectura y del diseño .

2. CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS

2.1 GENERAL

La posición en el espacio nos da la posibilidad de ordenarlo a base de planos y estructuras , subdividiéndolo en superficies y volúmenes :

2.1.1 LA ESTRUCTURA SEGUN LA POSICIÓN EN EL ESPACIO.

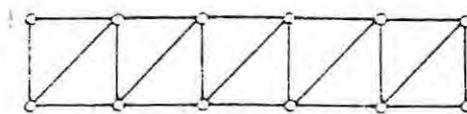
2.1.1.1 ESTRUCTURAS INCLUIDAS EN EL PLANO.

Aquellos sistemas estructurales que sólo poseen la estabilidad en el plano y que no son capaces de resistir fuerzas en sentido perpendicular a éste y que además cumplen en el conjunto y en las partes independientemente consideradas , la siguiente relación entre el número de nudos y el número de barras :

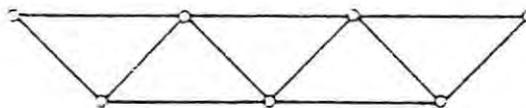
$$b = 2n - 3 , (*)$$

en que , **b = Número de barras**
n = Número de nudos.

Pertenecen a este grupo :Las vigas en celosía ,viga warren, viga pratt ,y otras armaduras como las siguientes:



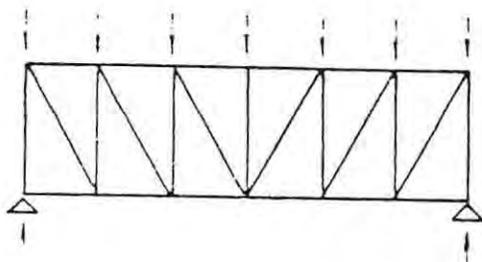
Viga en Celosía.



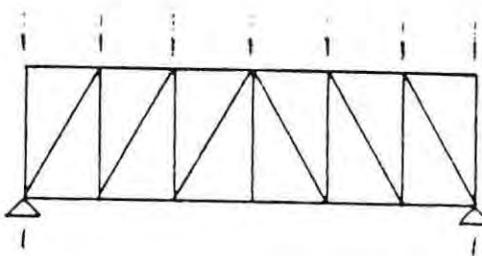
Viga Warren.

fig. 2.1

(*) Mecánica vectorial para Ingenieros, Beer y Johnson.



Viga Pratt



Viga Howe

fig. 2.2

2.1.1.2 INCLUIDOS EN EL ESPACIO :

Pertencen a este grupo todas las estructuras de módulo triangular inscritas en una superficie y que son capaces de encerrar por sí mismas espacios.

Esta capacidad portante la tienen con respecto a un estado muy definido de fuerzas ,si este varía ,y se aplican con otras disposiciones la fuerza,aparecen en sus elementos momentos,a los que pueden ser incapaces de resistir.

Estas estructuras se definirían como espaciales sin ser volumétricas pues cumplen en la superficie la misma relación entre nudos y barras que las ubicadas en un plano, y la resultante de las barras que siguen determinan el plano de las que siguen.

Ejemplos :

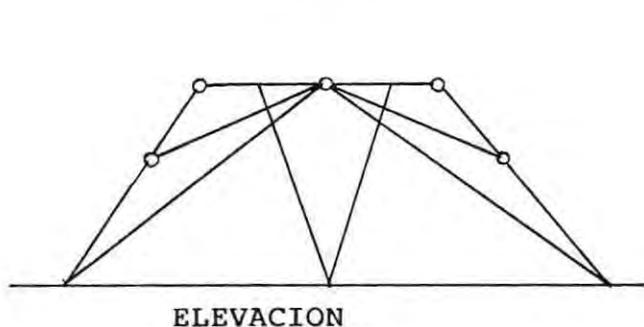
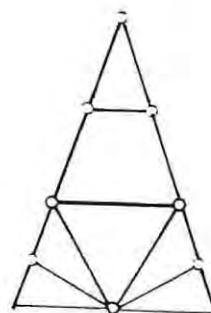


fig. 2.3



PLANTA

2.1.1.3 VOLUMÉTRICAS.

Se definen estructuras volumétricas aquellas que poseen estabilidad para fuerzas provenientes de cualquier punto del espacio y dirección.

Todos estos volúmenes están formados por agrupaciones de pirámides (tetraedros) como la forma triangular volumétrica más simple y deben cumplir como condicionante la relación entre nudos y barras , tanto en el total como en sus partes.

$$b = 3n - 6$$

en que : b = Número de barras
 n = Número de nudos. (*)

Cumplida esta condición , se encuentran estáticamente determinadas y sus barras sólo sufren tracciones y compresiones :(fig 2.4)



fig. 2.4

(*) Mecánica vectorial para ingenieros Beer y Johnson.

2.2 ESTRUCTURAS ESTEREOMETRICAS.

Definición:

En realidad la estructura estereométrica no es más que una proyección espacial de las cerchas o vigas en celosía , y una definición de ellas sería , aquella estructura formada por barras distribuidas en el espacio en forma triangulada cuya acción en conjunto permite con un peso mínimo cubrir grandes espacios , y obtener un trabajo solidario y homogéneo en distribución de cargas y esfuerzos.

Acerca de las vigas en celosía :

Se entiende por viga en celosía o triangulada , aquella viga que conserva las zonas de compresión y tracción de una viga maciza y reemplaza el alma por una red de barras , algunas a compresión y otras a tracción , que absorben los esfuerzos cortantes.

Con el nacimiento de la estructura espacial podemos hacer un paralelo con las primitivas vigas trianguladas , el cual sería: " las vigas en celosía son a las vigas macizas, como la estructura espacial es a la lámina."

(Extracto del Conoc. de la Arq. y Diseño. de Margarit y Buxadé.).

Las estructuras estereométricas , indispensables en grandes luces , está formada por dos redes o mallas unidas entre sí a través de barras oblicuas que dan al conjunto una mayor rigidez.

2.2.1 SEGUN DISTRIBUCION DE ESFUERZOS.

La característica disposición de sus barras , oblicuas , producen solo fuerzas axiales de tracción y compresión que se distribuyen hacia las barras vecinas en una acción común.

... " con ello se logra una redistribución de los distintos esfuerzos en magnitud y así evitar toda posibilidad de flexión en las barras. Esta disposición permite considerar el conjunto como un material donde la homogeneidad es obtenida por la indeformabilidad de los diferentes elementos....

... las cargas aisladas que actúan en ciertos puntos de la obra no son sostenidas únicamente por los elementos cargados directamente , sino por otros situados a considerable distancia de la carga.

.... con ello se da una distribución más homogénea de las sollicitaciones en el conjunto de las estructuras. "

*(Extracto de Estructuras espaciales de acero. ,
Z. S. Makowski.)*

En estas estructuras un mismo elemento constructivo y estructural puede ser alternativamente sometido a esfuerzos de tracción y compresión ante la acción de cargas distintas.

La estructura estereométrica está formada por dos capas o redes dispuestas en dos planos paralelos horizontales unidos entre sí por barras oblicuas o verticales a través de nudos en sus extremos , obteniendo así un tipo de construcción tridimensional , en donde la acción de las cargas exteriores se reparten en un gran número de elementos con diferentes direcciones.

De acuerdo con la dirección de la distribución de los esfuerzos , tres son los sistemas principales que se pueden adoptar :

1. Bidireccional
2. tridireccional
3. cuadridireccional.

(Fuera de estos sistemas la configuración direccional se complica.)

2.2.1.1 BIDIRECCIONAL

Obedece a un trazado similar al del damero , el cual puede formarse por un conjunto de vigas planas de celosía. Cuyas barras están inclinadas a 45° para obtener alternadamente la unión en los cordones superiores e inferiores. (fig 2.5)

2.2.1.2 TRIDIRECCIONAL

Fue ideado por Le Ricolais , y consiste en una combinación de tetraedros y octaedros.

Es un sistema muy eficaz , y de excelente rigidez a la flexión y la torsión.

La firma Mannesmann fue la primera en presentarlo en el mercado , bajo el nombre de " Okttaplatte " , de entramado soldado y destinado a los edificios.

Luego en Canadá , la firma Fentiman and Sons lo presentó con el nombre de " Tritopetic " , con una característica importante , un método original de unión de barras sin soldadura , sin pernos ni remaches. El nudo está formado por una especie de cubo en el que se insertan las diferentes barras de cualquier sección. (fig 2.6)

2.2.1.3 CUADRIDIRECCIONAL

Trabaja principalmente con un módulo piloto octaédrico , logrando así cuatro direcciones en el espacio intermedio de la estructura la que puede ser aprovechada por ductos de ventilación , acondicionado , electricidad , etc.

La distribución de esfuerzos , sus disposiciones geométricas y modulares , sus nudos , apoyos ,etc. , permiten salvar grandes luces y espacios sin apoyos intermedios , como recoger diferentes configuraciones planimétricas y adaptar cualquier exigencia arquitectónica prefijada. (fig. 2.7)

ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL BIDIRECCIONAL

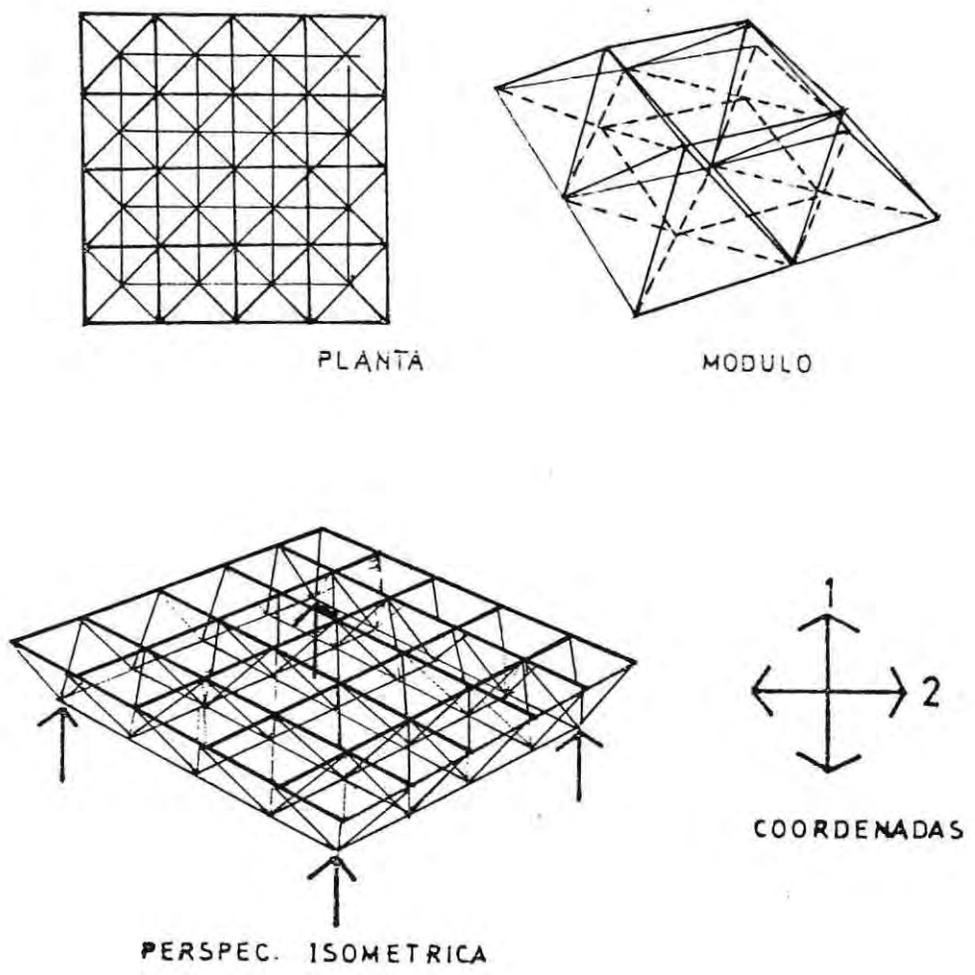
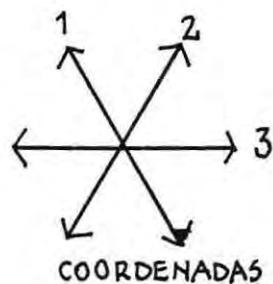
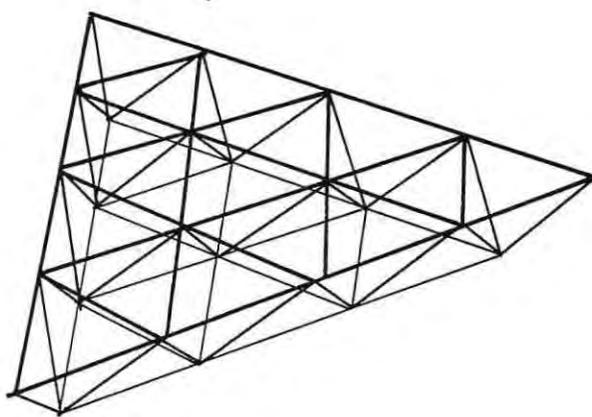
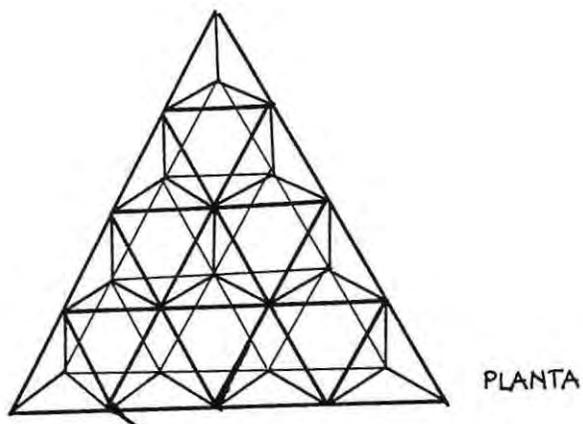


Figura 2.5

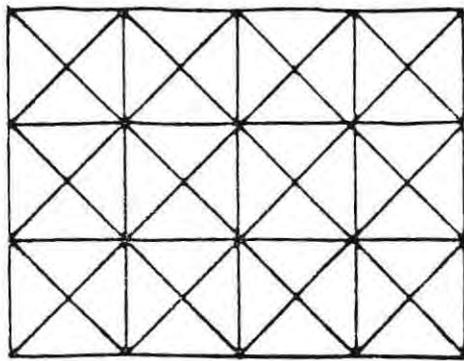
ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL TRIDIRECCIONAL



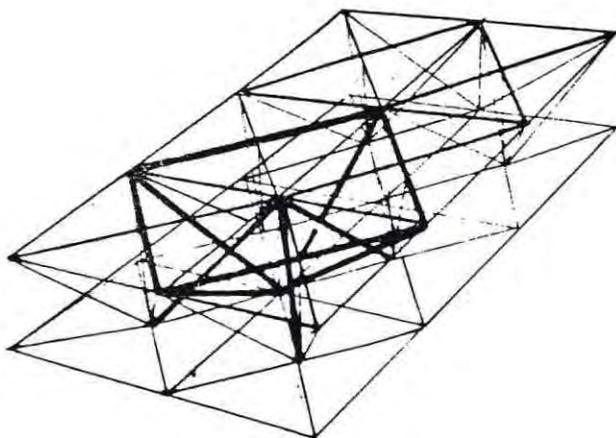
PERSPECT. ISOMETRICA

Figura 2.c

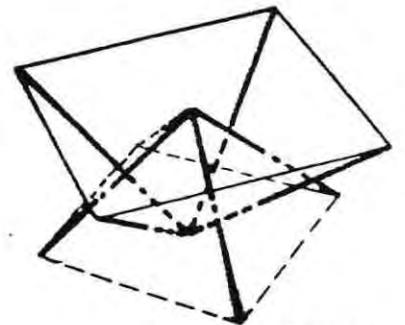
ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL CUADRIDIRECCIONAL



PLANTA



PERSPECTIVA ISOMETRICA



MODULO

Figura 2.7

Para cada caso existen empresas que idearon una forma de construcción y la patentaron como es el caso por ejemplo de la empresa Mannesmann con su Oktaplatte para protegerlas , casi siempre se refieren a los nudos.

La mayor parte de los arquitectos e ingenieros que se interesan por la construcción de reticulados , no están siempre dispuestos a pagar los derechos de uno de los sistemas patentados. Entonces modifican la construcción de los nudos.

Es así como pasa en nuestro país donde se encarece mucho el costo de la obra si se utiliza un sistema patentado llevando consigo la invención de nuevas formas o modificaciones de los nudos.

2.2.2 SEGUN TIPO DE MODULO ESPACIAL

2.2.2.1 Sistemas reticulados espaciales compuestos por prismas rectangulares.(fig. 2.8)

1. Sistemas con simple reticulado en la cara de los prismas.
(fig. 2.9)
2. Sistema con doble reticulado en la cara de los prismas.
(fig. 2.10)
3. Sistema con reticulado diagonal en los prismas.
(fig. 2.11)

2.2.2.2 Sistemas reticulados espaciales compuestos por prismas triangulares de forma " a ".(fig. 2.12)

1. Sistema con simple reticulado en las caras de los prismas.
(fig. 2.13)
2. Sistema con doble reticulado en las caras de los prismas.
(fig. 2.14)

2.2.2.3 Sistemas reticulados espaciales compuestos por prismas triangulares de forma " b ".(fig. 2.15)

1. Sistema con simple reticulado en las caras de los prismas.
(fig. 2.16)
2. Sistema con doble reticulado en las caras de los prismas.
(fig. 2.17)

- 2.2.2.4 **Sistemas reticulados espaciales compuestos por tetraedros y semi octaedros. (fig. 2.18)**
- 2.2.2.5 **Sistemas reticulados espaciales compuestos por tetraedros y octaedros. (fig. 2.19)**
- 2.2.2.6 **Sistemas reticulados basados en la pirámide hexagonal. (fig. 2.20)**

Sistemas reticulados espaciales compuestos por prismas rectangulares

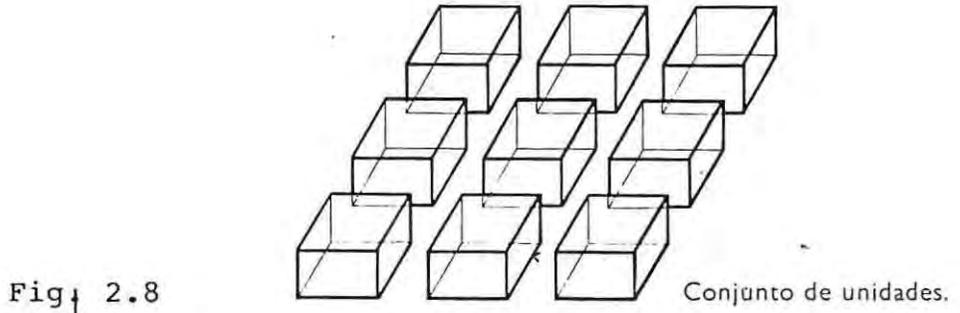
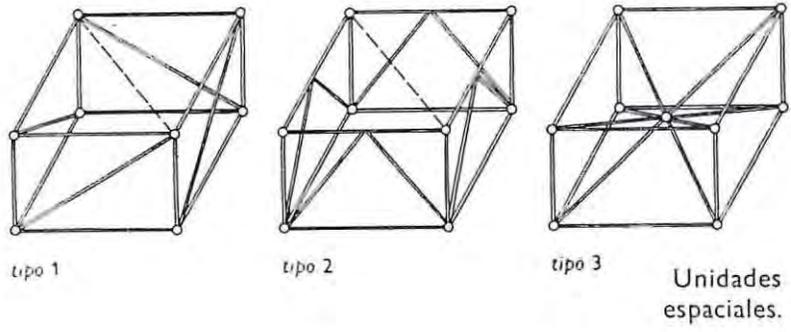
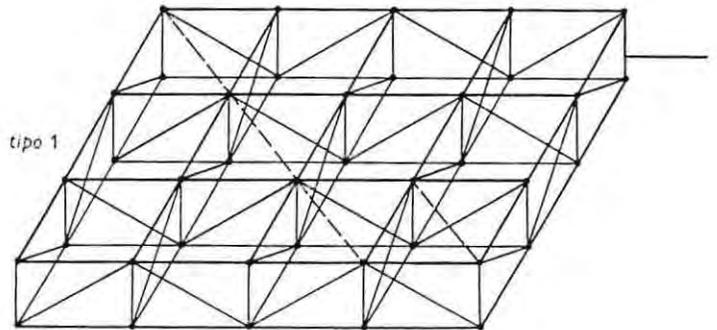
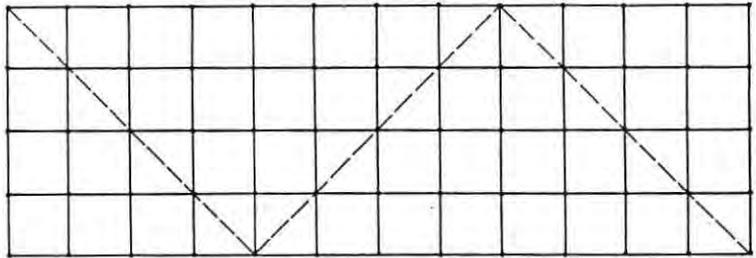


Fig. 2.8

Fig. 2.9



Sistema con doble reticulado en las caras de los prismas.

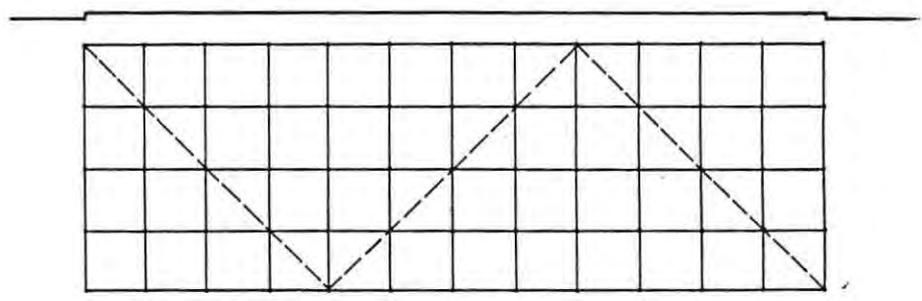
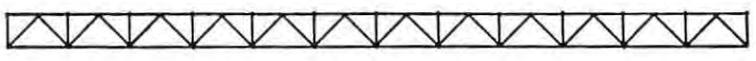
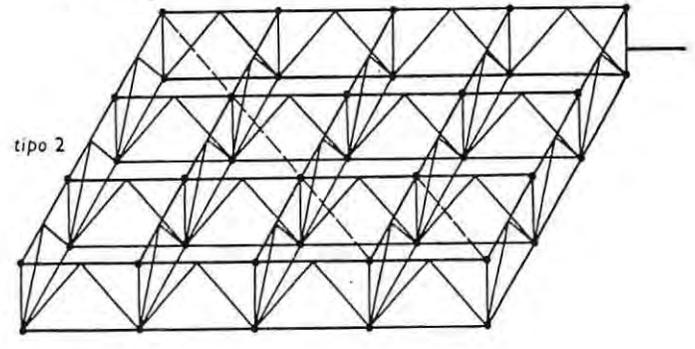


Fig 2.10

Sistema con reticulado diagonal en los prismas.

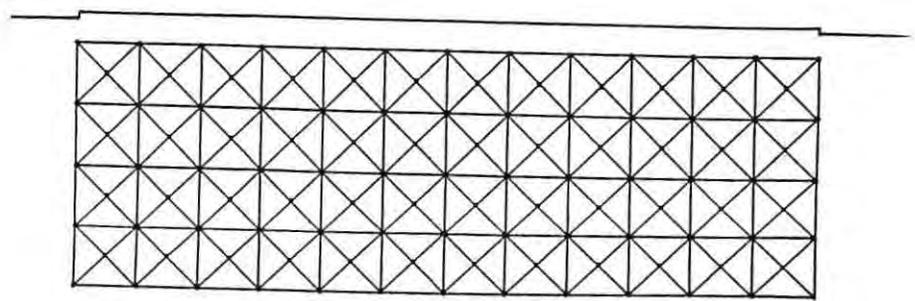
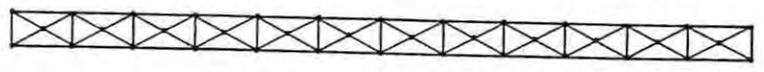
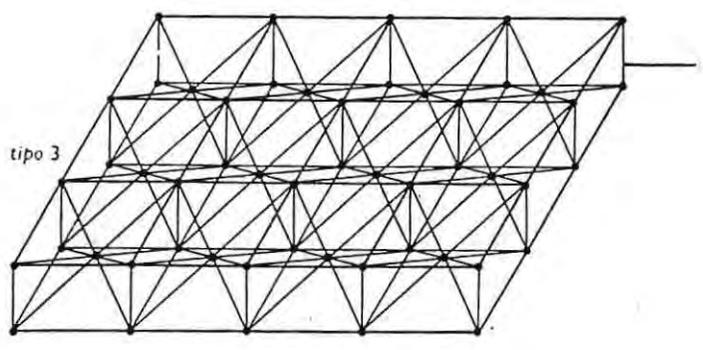
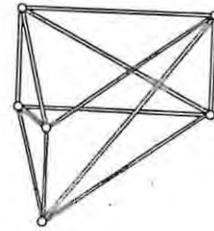
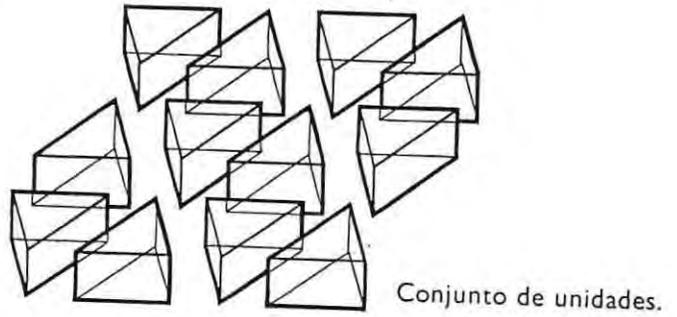


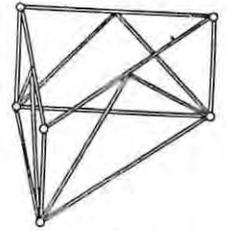
Fig 2.11

Sistemas reticulados espaciales compuestos por prismas triangulares de forma "a"

Fig. 2.12



tipo 1

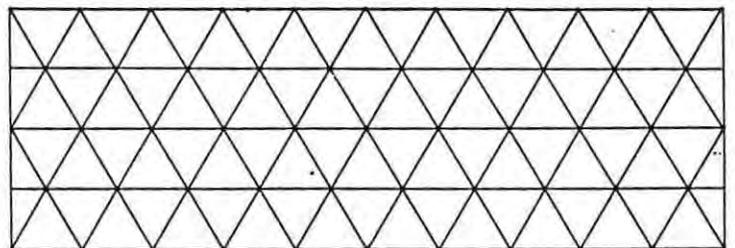
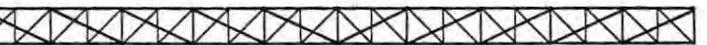
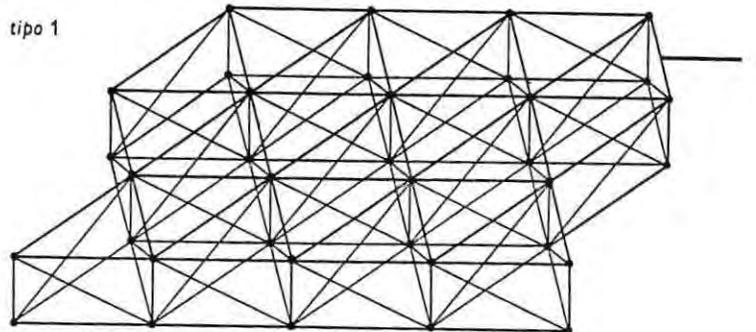


tipo 2

Unidades espaciales.

Sistema con simple reticulado en las caras de los prismas.

Fig. 2.13



Sistema con doble reticulado en las caras de los prismas.

tipo 2

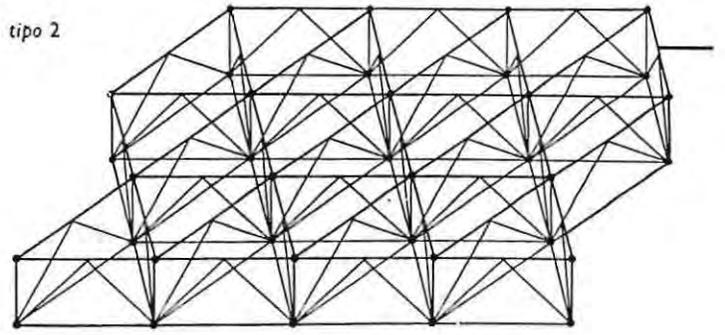
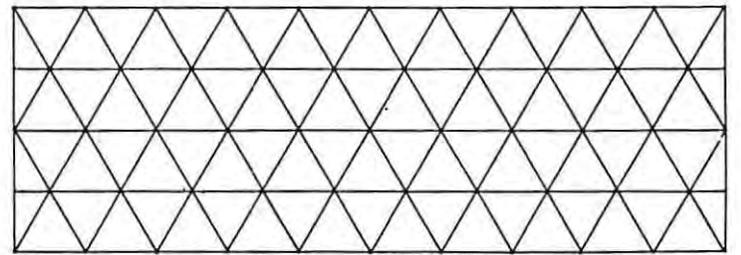
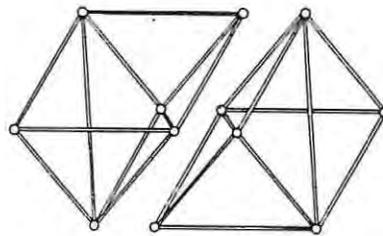


Fig 2.14

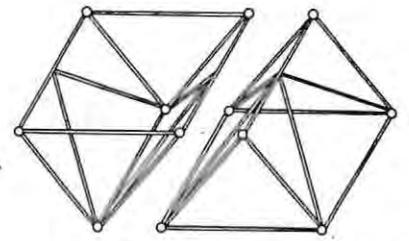


Sistemas reticulados espaciales compuestos por prismas triangulares de forma "b"

Fig. 2.15

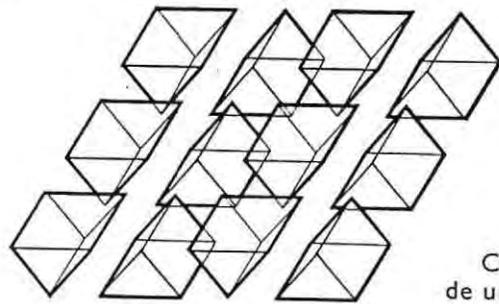


tipo 1



tipo 2

Unidades espaciales.



Conjunto de unidades.

Sistema con simple reticulado en las caras de los prismas.

tipo 1

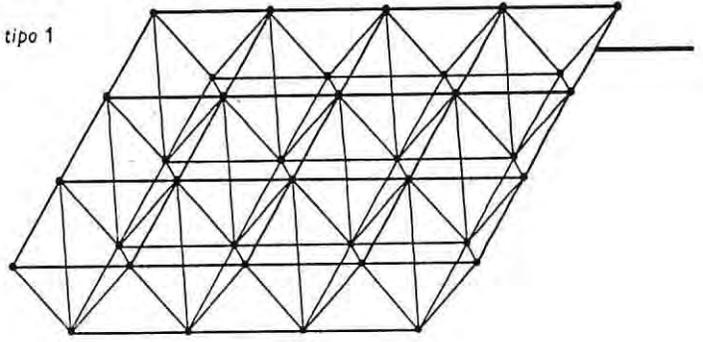
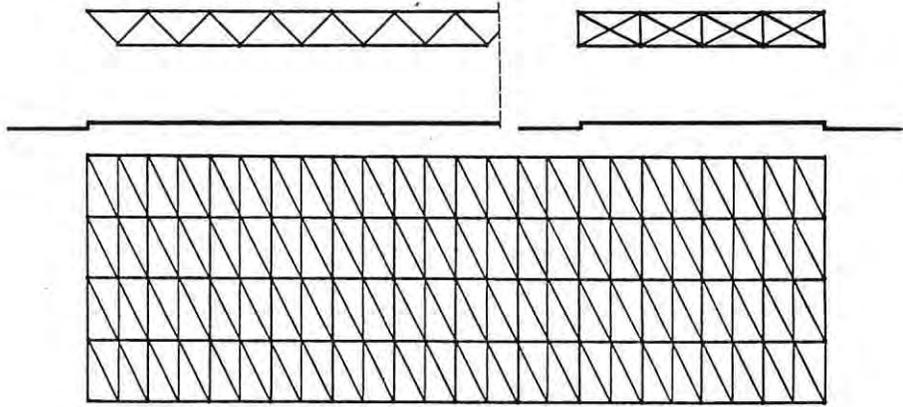


Fig. 2.16



Sistema con doble reticulado en las caras de los prismas.

tipo 2

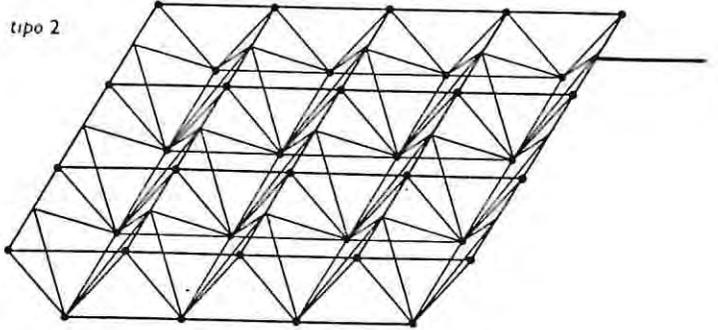
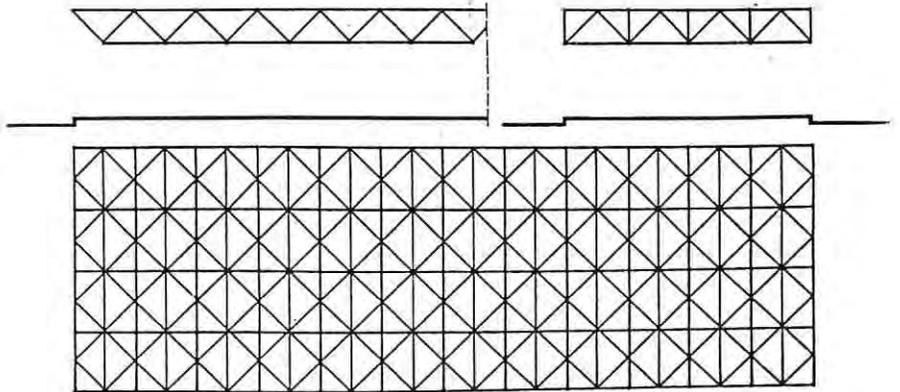


Fig. 2.17



Sistemas reticulados espaciales compuestos por tetraedros y semi octaedros

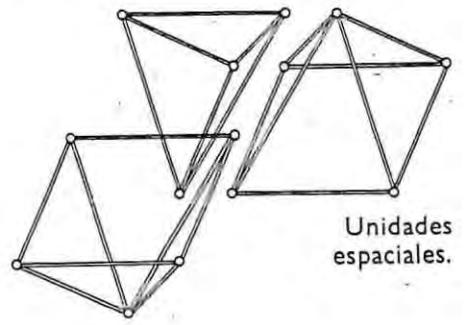
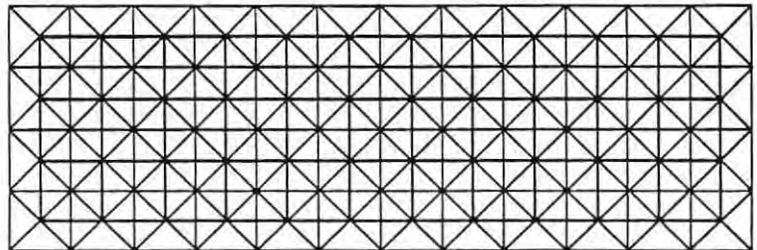
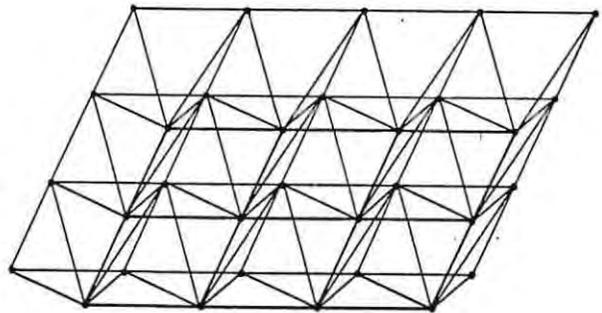
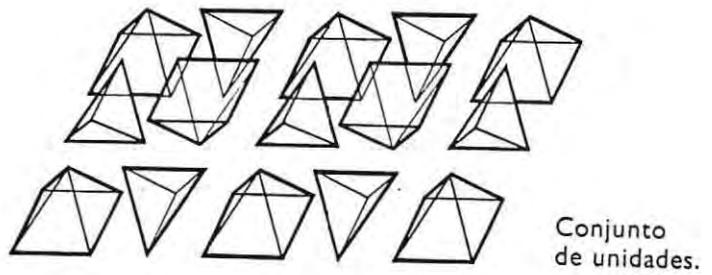
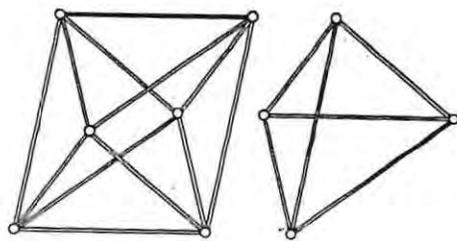


Fig 2.18

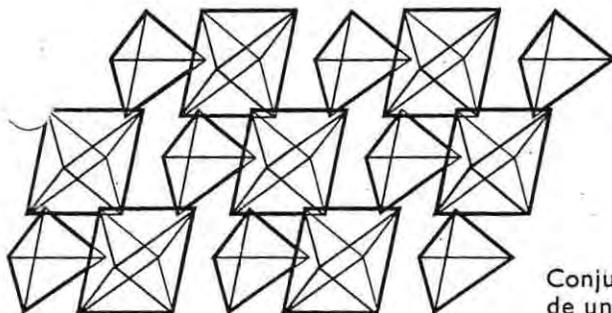


Sistemas reticulados espaciales compuestos por tetraedros y octaedros

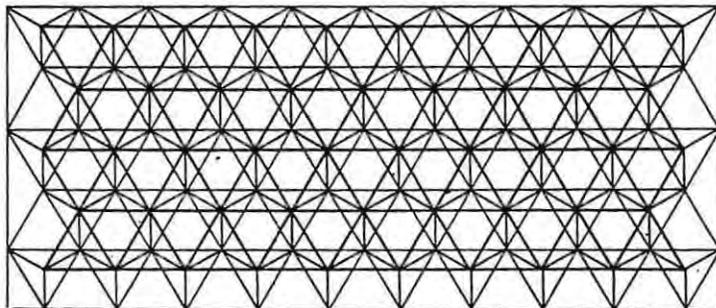
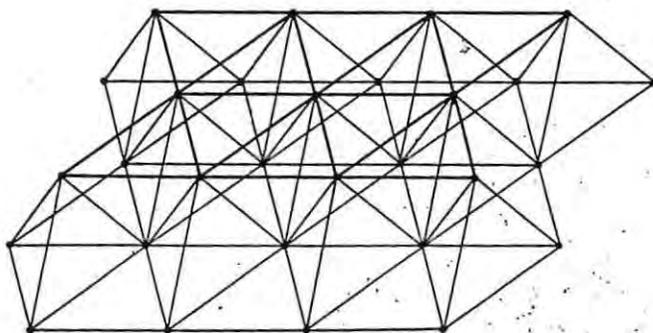


Unidades espaciales.

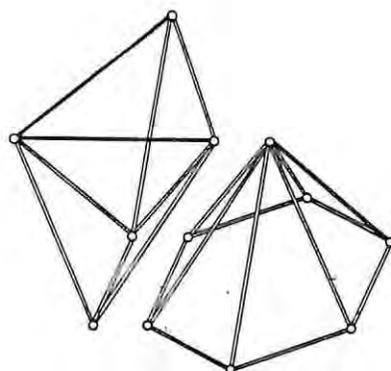
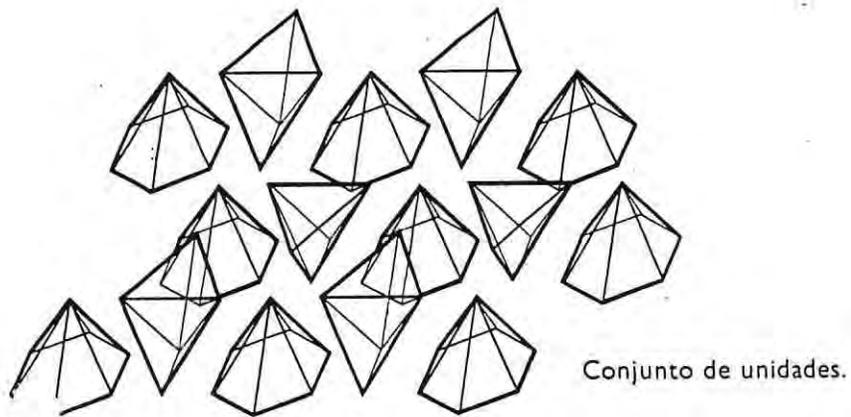
Fig 2.19



Conjunto de unidades.

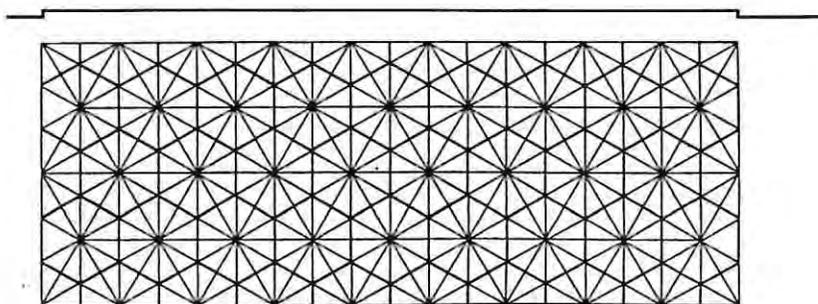
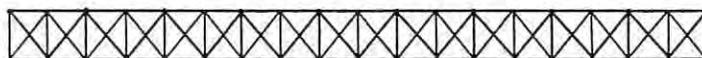
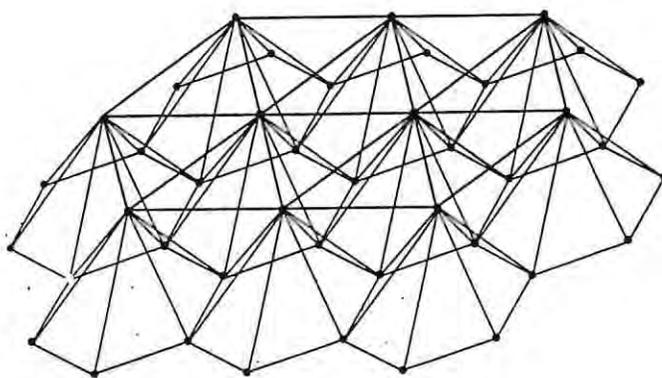


Sistemas reticulados basados en la pirámide hexagonal



Unidades espaciales.

Fig.2.20



3. DATOS BASICOS DEL DISEÑO

3.1 INTRODUCCION.

.Las mallas espaciales poseen una gran libertad en el DISEÑO , por su ventaja de utilizar unidades prefabricadas las cuales en su tamaño pueden ser desde un módulo hasta un conjunto importante de módulos , yuxtaposición de sus unidades. (módulos p.e. tetraedro o pirámides , conjunto de módulos p.e. anillos , hileras , etc.).

Gracias a su forma y a su capacidad de prefabricación y estandarización de los elementos constructivos, se logra que el costo de las obras disminuyan , los trabajos en la obra se simplifiquen y se termine con mayor rapidez.

Pero esta diversidad de posibilidades en el diseño tiene el problema de ser más difícil de plantear en forma óptima el proyecto ya que mientras tenga más restricciones o condiciones de frontera disminuyen sus posibilidades de solución .

La experiencia al respecto , sin embargo , ha producido desde un punto de vista del módulo , las mallas tetraédricas , en pirámide cuadrada y otras.

La gran variedad de formas en la distribución de las barras origina una diversidad de soluciones de nudos y apoyos como alternativas constructivas y de diseño . Estos elementos son parte importante en la estructura como en el aspecto visual de la obra.

La distribución de las tensiones en una placa es afectada tanto por la rigidez relativa de los elementos componentes, como por las proporciones de la placa ; siendo importante en sus proporciones las relaciones altura - luz del módulo.

En general , las proporciones de una placa son determinadas por razones arquitectónicas o necesidades de funcionamiento final de la estructura que ,unidas a la rigidez de estos sistemas reticulados , presentan alturas bastante inferiores respecto de los sistemas clásicos.

3.2 DIMENSIONAMIENTO DE UN MODULO.

3.2.1 ALTURA DE UN MODULO

Para condiciones normales , la altura de un reticulado estereométrico fluctúa entre 1/15 a 1/20 de la luz que salva la estructura entre sus apoyos.

Por norma la aplicación de las proporciones indicadas , obedecen a razones de economía y deformaciones mínimas , proporciones que varían según las características y condiciones de sustentación de la estructura (los apoyos) , para lo cual rigen las siguientes consideraciones :

3.2.1.1 Apoyo perimetral continuo.

Este tipo de apoyo se refiere principalmente al hecho de que los muros portantes en todo su recorrido se comportan como una superficie de apoyo y viceversa , es decir , se apoyan mutuamente entre sí.

En este caso las razones de proporcionalidad deben ser de 1/20 a 1/25 de la luz que salva la estructura.

3.2.1.2 Apoyo parcialmente perimetral.

Es aquel en que predomina la línea de apoyo en un solo sentido y la altura se determina aplicando la razón de 1/15 a 1/18 de la luz que salva entre los apoyos.

En el diseño de una placa estereométrica , se aplican las siguientes consideraciones básicas para el cálculo de la altura en función del módulo adoptado en planta :
(fig. 3.1 3.2)

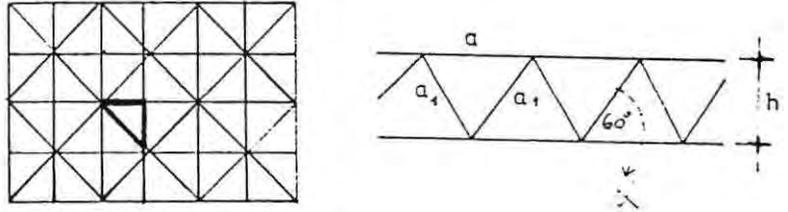
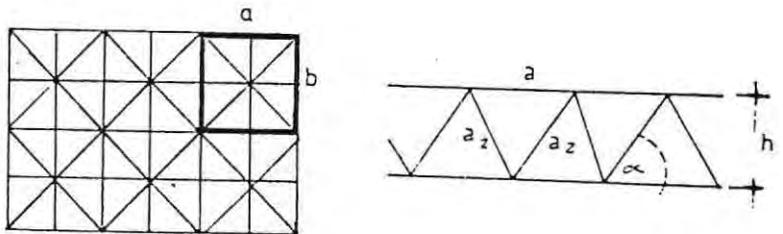


fig. 3.1

$h = a \cdot \cos 30^\circ$
 longitud de la diagonal a_1 :

$$La_1 = \sqrt{(a/2)^2 + (a/2)^2 + h^2}$$

Para $\alpha = 60^\circ$



Para $\alpha = x$ cualquiera ,
 longitud de la diagonal

$$La_1 = \sqrt{(a/2)^2 + (b/2)^2 + h^2}$$

fig. 3.2

3.2.2 POR LA SUPERFICIE DE LA PLACA.

El dimensionamiento de una estructura para cubrir cierta superficie esta en relación directa con esta misma.

Para un reticulado rectangular , de vigas entrecruzadas , existe una restricción que la da la desigualdad de rigideces entre las vigas entrecruzadas.

Lo recomendado para cubrir con una placa estereométrica una superficie sin apoyos intermedios es la siguiente relación :

$$1,0 < \frac{\text{longitud mayor}}{\text{longitud menor}} < 1,5$$

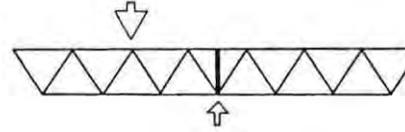
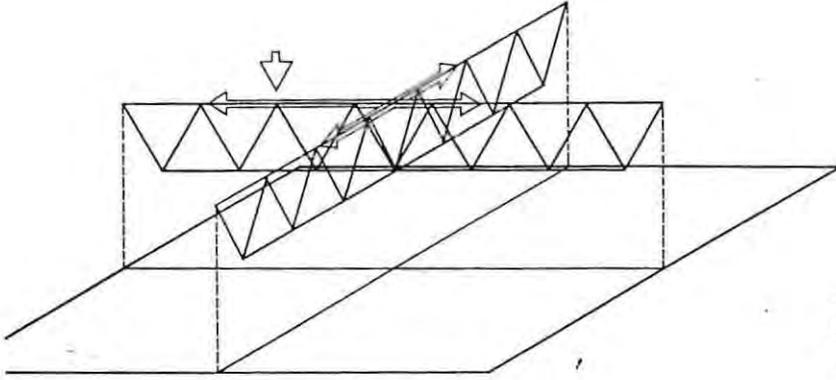
Si fuera el resultado mayor es recomendado dividir la estructura en las partes que fuera necesario para que actúen independientemente y así la diferencia de rigideces no excediera lo aconsejable.

(fig. 3.3)

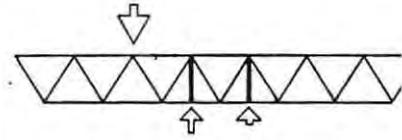
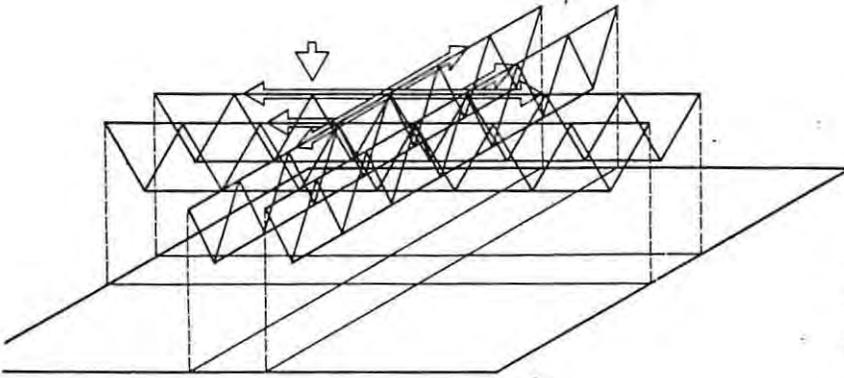
El sistema más usado es el reticulado rectangular , aunque no sea tan aconsejable desde un punto de vista de repartición de tensiones (entrecruzadas y dispuestas paralelamente a los muros). Se logra un mejor reparto de tensiones con un reticulado diagonal , compuesto por vigas en sentido oblicuo a los muros. Presenta mayor rigidez , producido por disminución de las flechas.

Las vigas del reticulado en diagonal son de longitudes diferentes. La consecuencia de esto es que las vigas de esquina , más cortas tienen mayor rigidez a la flexión y sirven de apoyo a las más largas , así se reducen los momentos de flexión en el centro.

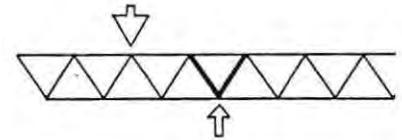
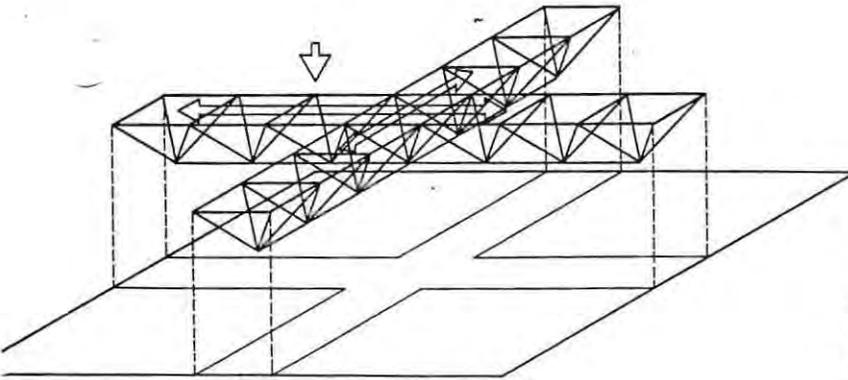
inismo sustentante de los sistemas reticulados
ciales



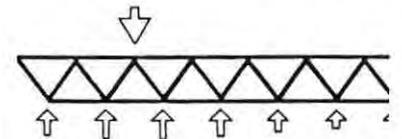
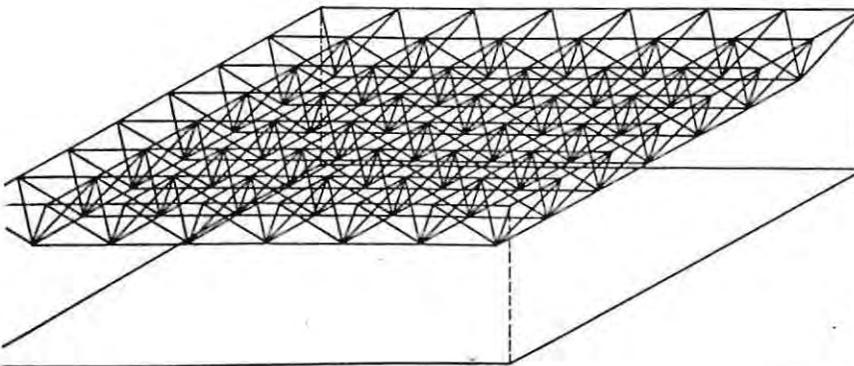
Participación de la cercha no cargada directamente,
en la resistencia a la deformación.



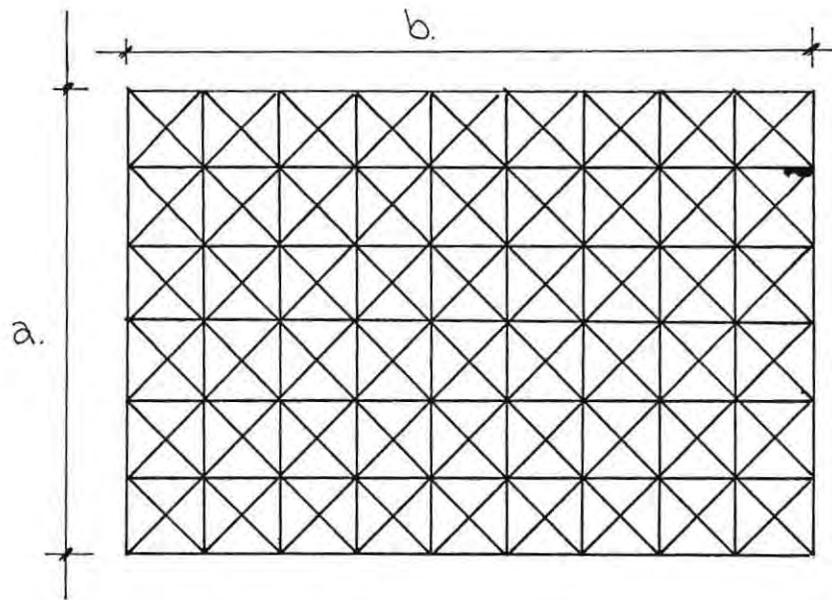
Incremento de la eficacia mediante yuxtaposición
de cerchas paralelas adicionales.



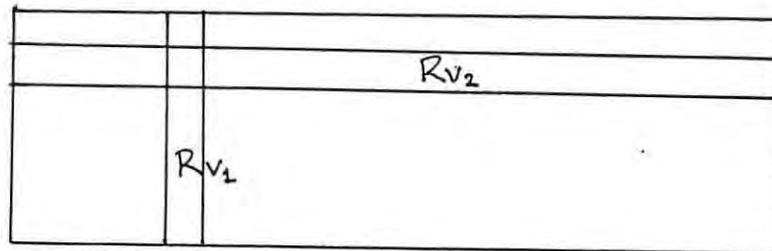
Mayor incremento de la eficacia mediante la com-
binación de cerchas paralelas.



Optima eficacia mediante la continuidad en lon-
gitud y anchura.



$$1,0 < \frac{b}{a} < 1,5$$



Ejemplo :

$$a = 10$$

R = rigidez

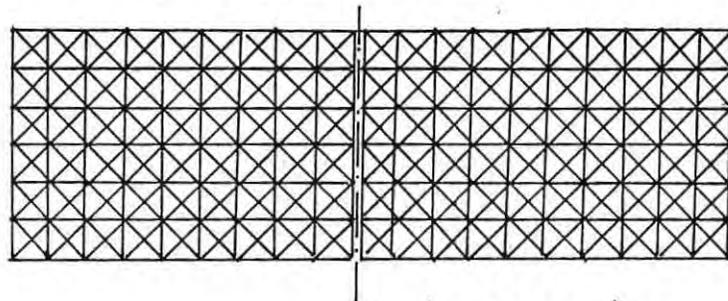
$$b = 40$$

$$R_{v2} = R_{v1} \times \left(\frac{10}{40}\right)^2 = 0,0625 \Rightarrow 1 - 0,0625 = 0,9375$$

$$R_{v1} = 93\%$$

$$R_{v2} = 7\%$$

Existe mucha diferencia de rigidez se recomienda dividir la estructura actuando independientes entre si.



se divide generandose dos estructuras independientes.

3.3 ACERCA DE LOS APOYOS Y NUDOS

3.3.1 ESFUERZOS EN LOS NUDOS

Aunque las barras de una armadura estereométrica están realmente unidas entre sí mediante uniones soldadas, apemadas o ensambladas, se considera que cada nudo está constituido por una rótula.

De esta manera, no se aplicará ningún par (sin transmisión de momentos) a las barras de la estereométrica, tomándose cada barra sometida a dos fuerzas.

Al determinar las condiciones de equilibrio para cada nudo deberán considerarse las seis ecuaciones siguientes:

	EJE X	EJE Y	EJE Z
Fuerzas :	$F_x = 0$	$F_y = 0$	$F_z = 0$
Momentos :	$M_x = 0$	$M_y = 0$	$M_z = 0$

Estas ecuaciones no pueden resolverse para más de seis incógnitas, las cuales representan generalmente reacciones de nudos o apoyos.

3.3.2 ESFUERZOS EN APOYOS.

En general, en un apoyo deben tomarse en cuenta los siguientes esfuerzos al determinar sus dimensiones:

1. Esfuerzos derivados de pesos propios y cargas.
2. Esfuerzos horizontales derivados de sismo, viento o de los mismos pesos propios.
3. Transmisión de momentos por empotramiento en su base o en la placa y cargas axiales o radiales.

Atendiendo a la economía deben evitarse los esfuerzos de compresión en las barras largas , pues por efecto de pandeo , exigen grandes reacciones. Este inconveniente se elimina con la utilización de diagonales delgadas para resistir esfuerzos de tracción.

3.3.3 REACCIONES EN APOYOS Y ARTICULACIONES.

Las reacciones sobre una estructura estereométrica van desde una fuerza única de dirección conocida , ejercido por una superficie lisa , hasta un sistema fuerza - par ejercido por un apoyo empotrado.

Por lo tanto el número de incógnitas asociado con la reacción varía de uno a seis en situaciones que determinan el equilibrio de estas estructuras.

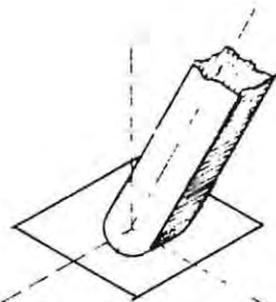
Una manera simple de determinar el tipo de reacción correspondiente a un apoyo o articulación dada y el número de incógnitas que intervienen , consiste en encontrar cuales de los seis movimientos fundamentales (traslación en las direcciones x , y , z) pueden realizarse y cuales no.

(fig. 3.4)

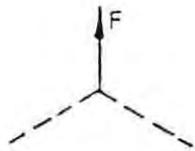
3.3.5 RESISTENCIA.

El nudo , elemento de unión entre las barras de los cordones y diagonales de la malla , debe considerarse capaz de desarrollar en forma segura los esfuerzos calculados , pero en ningún caso menos del 50% del esfuerzo que puede desarrollar el elemento.

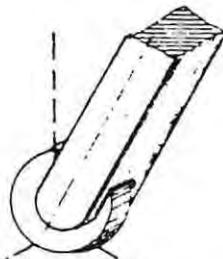
Todos los nudos deben ser capaces de resistir las fuerzas producidas por una carga de ruptura igual a 2,5 veces la carga de cálculo.



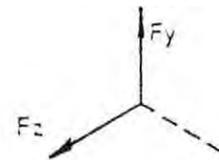
SUPERFICIE LISA



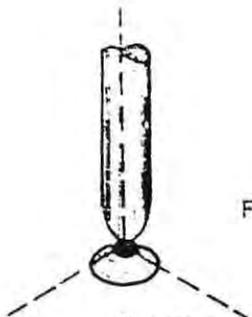
FUERZA CON LINEA DE ACCION CONOCIDA (Una incognita)



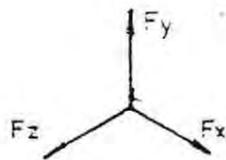
RODILLO SOBRE SUPERFICIE RUGOSA



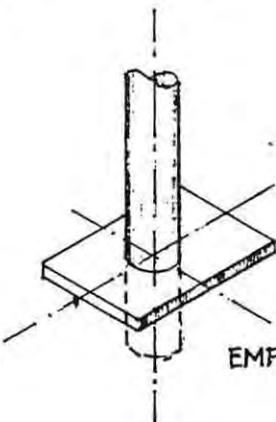
DOS FUERZAS COMPONENTES



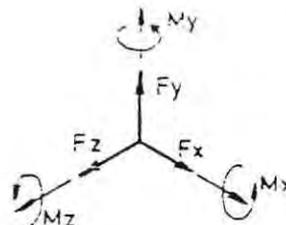
ROTULA



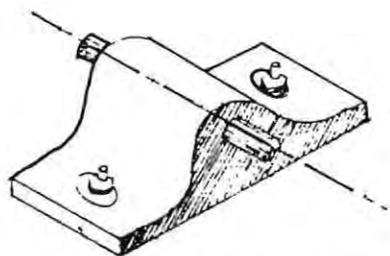
TRES FUERZAS COMPONENTES



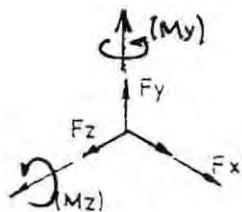
EMPOTRAMIENTO



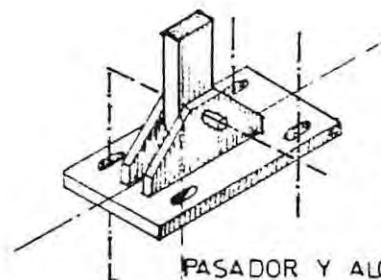
TRES FUERZAS COMPONENTES Y TRES PARES



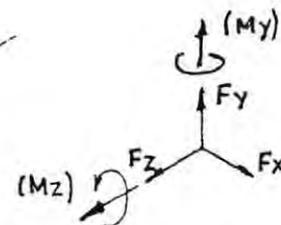
APOYO QUE SOPORTA CARGA RADIAL UNICAMENTE



DOS FUERZAS COMPONENTES (y dos pares)



PASADOR Y ALOJAMIENTO (Soporta carga axial y radial)



TRES FUERZAS COMPONENTES

3.3.5 EXCENRICIDAD

En lo posible los elementos principales que convergen a un nudo tendrán sus ejes de gravedad convergentes en un punto común. Los extremos de elementos estructurales deben ser diseñados para soportar la flexión producida por las excenricidades de los apoyos.

La unión de los elementos del reticulado en sus puntos de cruce , dan a las construcciones estereométricas un elevado grado de hiperestaticidad , sobre todo si la unión es rígida.

3.3.6 METODOS PARA EL DISEÑO

En muchos casos se observa que los reticulados estereométricos poseen varios ejes de simetría y que están solicitados por cargas simétricas , con lo cual los cálculos se simplifican notablemente.

A pesar de ello , los problemas son de tipo hiperestáticos y su resolución por los métodos comunes o clásicos se hace muy difícil , lo que lleva a utilizar métodos de aproximación que no producen una economía.

Este problema se soluciona gracias a la ciencia de la computación que nos entrega hoy en día métodos muy exactos para el cálculo , para la determinación de las tensiones de los reticulados.

3.3.7 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.

Generalmente lo primero que se hace en el diseño y dimensionamiento es determinar las tensiones en los nudos , cargas , etc. , que se obtienen desarrollando métodos clásicos.

Este procedimiento se desarrolla de la siguiente forma :

1. Determinación de cargas.

Una vez definida la geometría de la placa , es decir los módulos se procede a determinar las cargas actuantes en nudos superiores e inferiores.

2. Predimensionamiento

Obtenida la magnitud de los esfuerzos en los nudos , y puntos críticos , se predimensionan por tanteo las secciones aproximadas a las barras.

3. Programa computacional.

Calculadas las tensiones , sea por el sistema de ecuaciones de deformación , utilizando el método de áreas de influencia o el del CROSS modificado , se procede a elaborar un programa que se introduce en el computador , a través del cual obtenemos :

3.1 Esfuerzos axiales en las barras.

3.2 Deformaciones (flechas) en las direcciones x,y,z.

Realizando el proceso computacional , se toman los valores entregados por el computador y se efectúa un segundo dimensionamiento de verificación , el que nuevamente se procesa en el computador , obteniendo con ello el dimensionamiento de las secciones de los elementos estructurales.

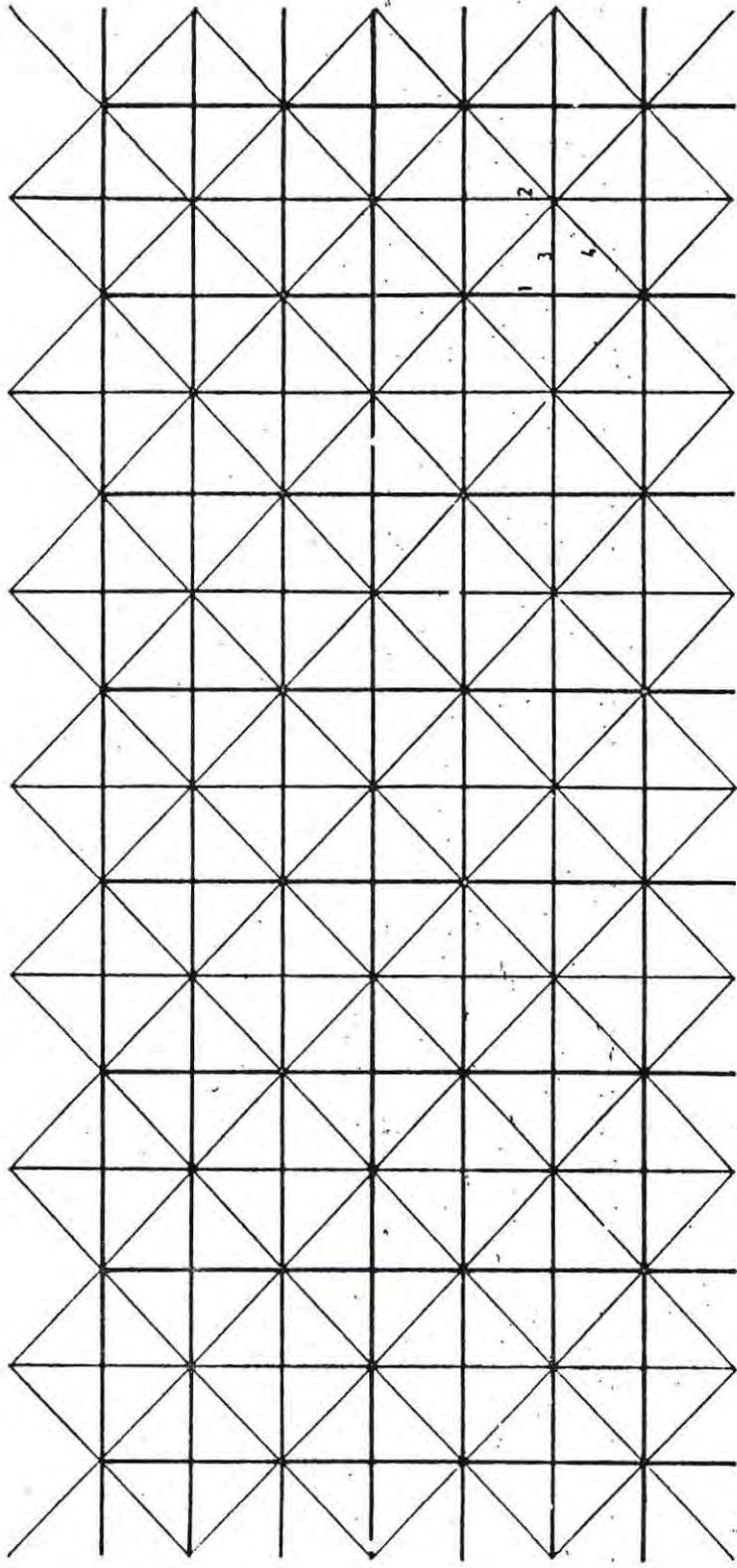
4. Algunas formas de representación gráfica.

Se entregará la representación de una obra mediante un lenguaje gráfico normalizado.

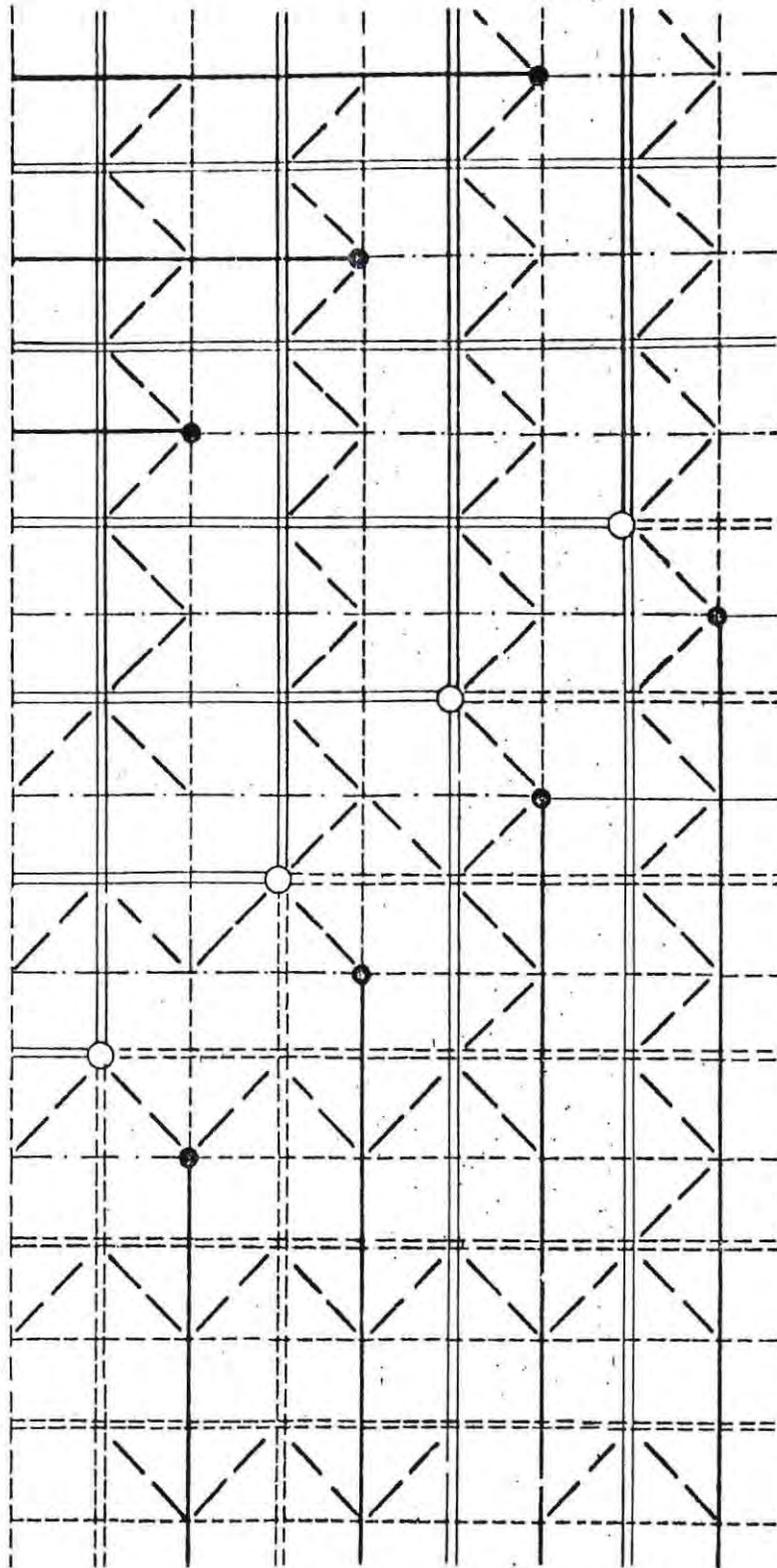
En el caso de planos estructurales en que se represente las placas estereométricas existe una variedad en las formas gráficas aplicadas ,en las que se incluye proyecciones,plantas,elevaciones y detalles de uniones y además los respectivos apoyos en vigas y ó pilares,fundaciones y otros.

Los problemas que surgen al enfrentar la gráfica en estructuras de éste tipo, se deben a los variados planos en que se encuentran las barras ,denominados "mallas". A continuación algunos ejemplos de representación en planos de este tipo de estructura .(ejemplos de recopilación extraída del seminario REPRESENTACION GRAFICA DE ESTRUCTURAS ESPACIALES.)

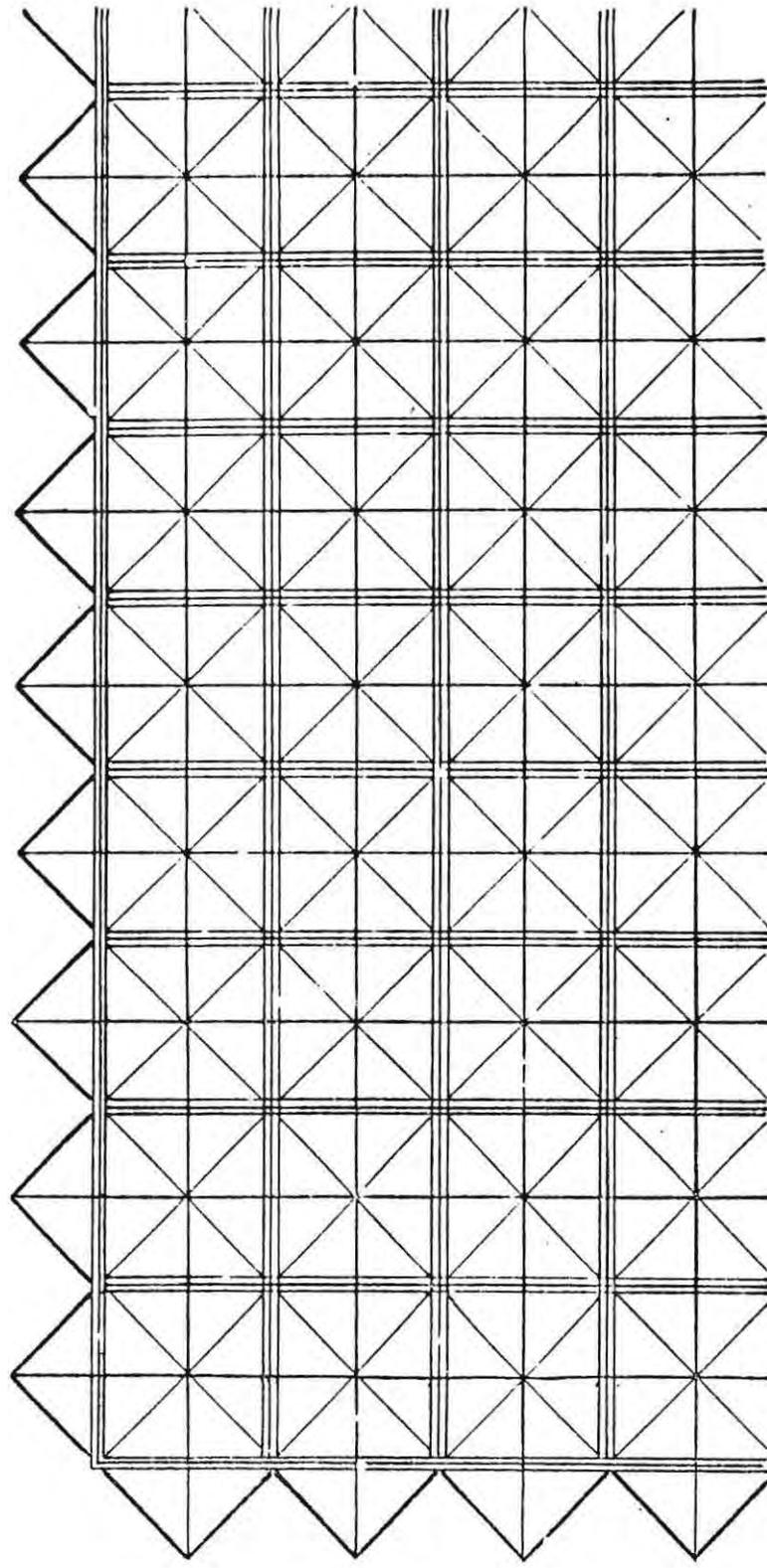
- 1 2L 40 X 40 X 3
 - 2 L 40 X 40 X 4
 - 3 L 40 X 40 X 3
 - 4 L 30 X 30 X 3
- ACERO: A 3721 E S



- 2L 40 X 40 X 4
- 2L 40 X 40 X 5
- 2L 30 X 30 X 4
- CAMBIO ESCUADRIA MALLA SUPERIOR ○
- CAMBIO ESCUADRIA MALLA INFERIOR ●

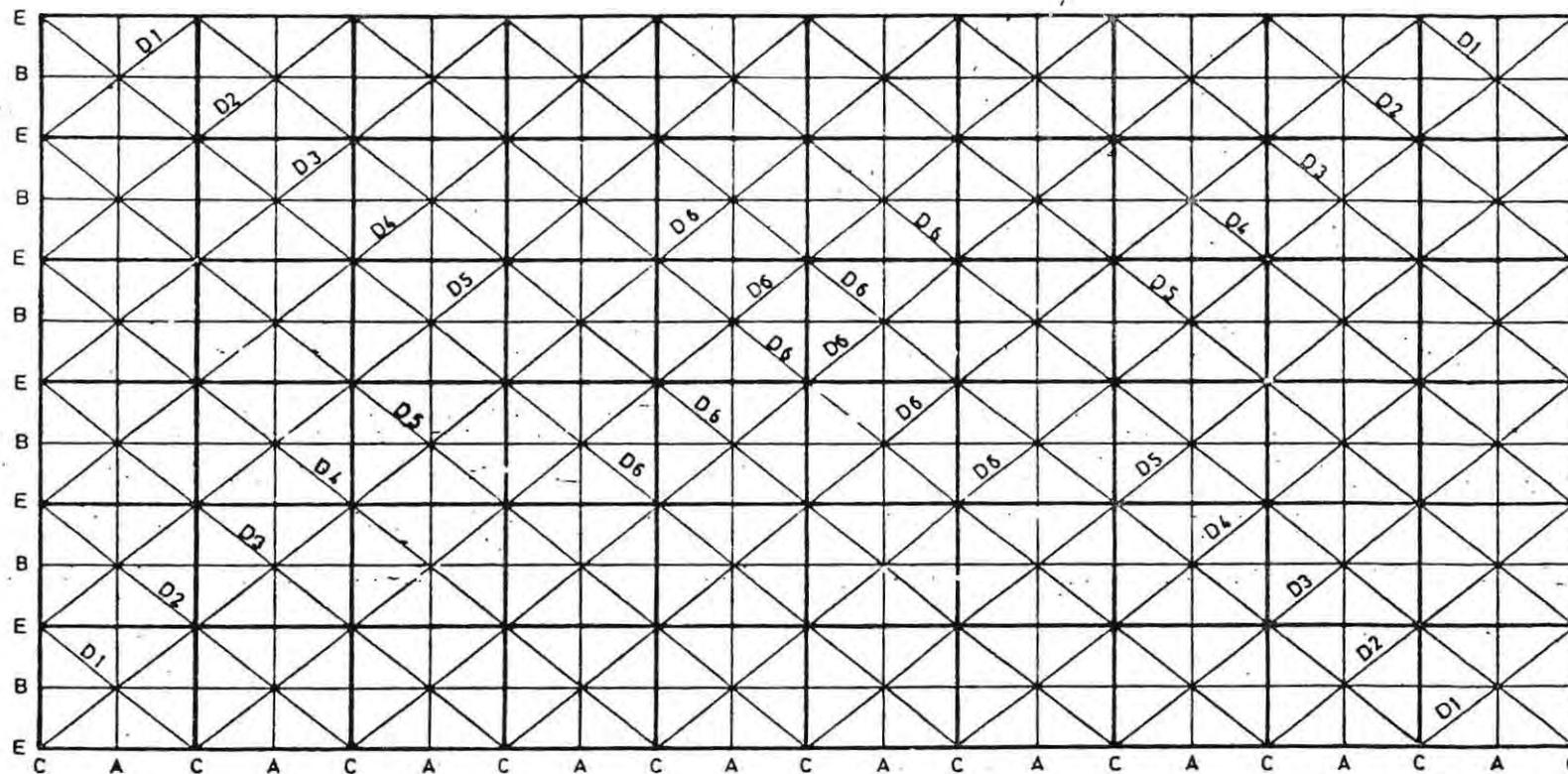
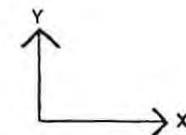


- L 40 X 40 X 4
 - 2L 40 X 40 X 3
 - L 40 X 40 X 3
 - L 30 X 30 X 3
- ACERO : A3724 ES

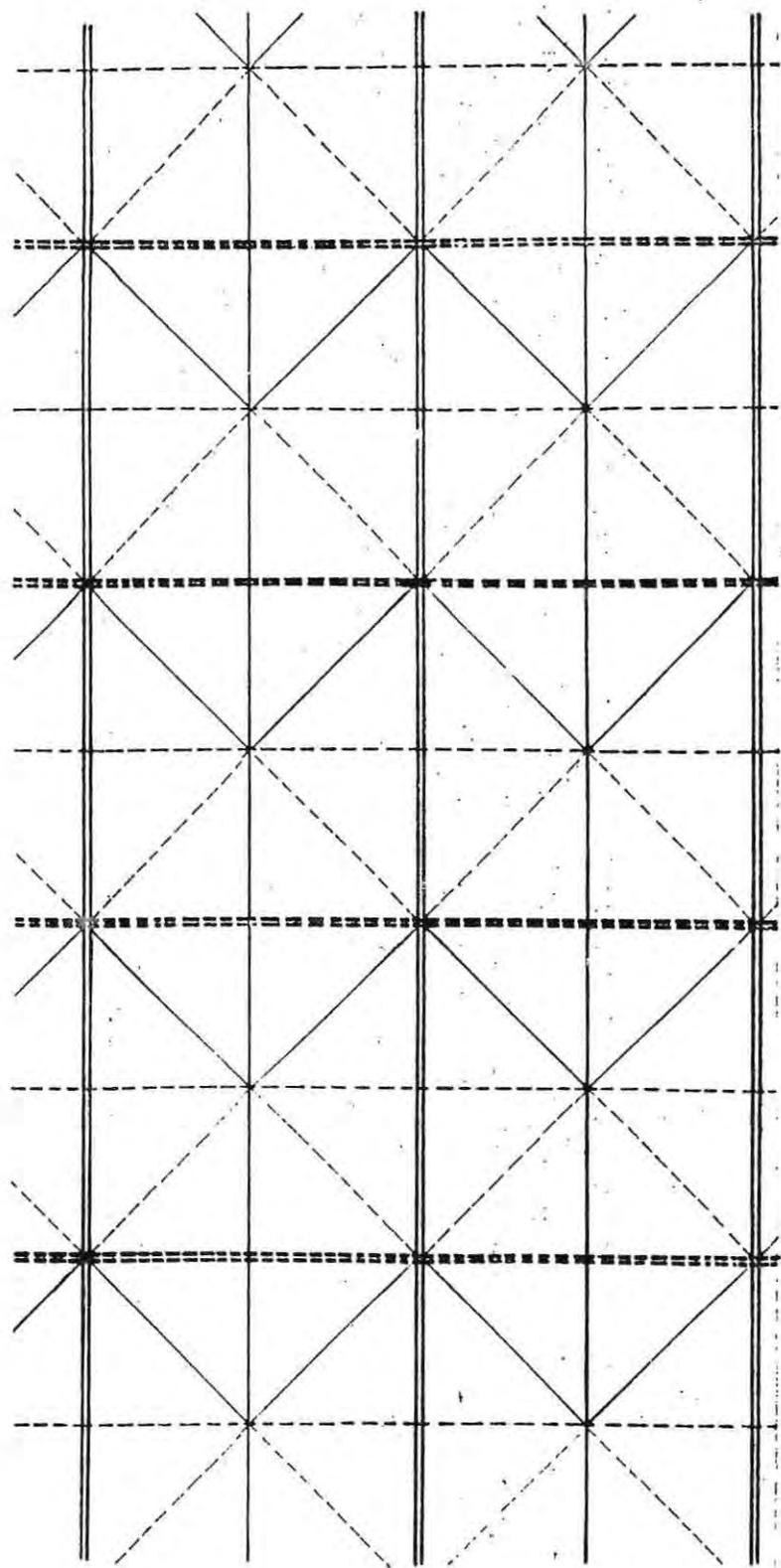


EJEMPLO NACIONAL Nº4

- A BARRAS SENTIDO Y INFERIORES
- B BARRAS SENTIDO X INFERIORES
- C BARRAS SENTIDO Y SUPERIORES
- E BARRAS SENTIDO X SUPERIORES
- D DIAGONALES
- LA CIFRA INDICA CANTIDAD DE MODULOS

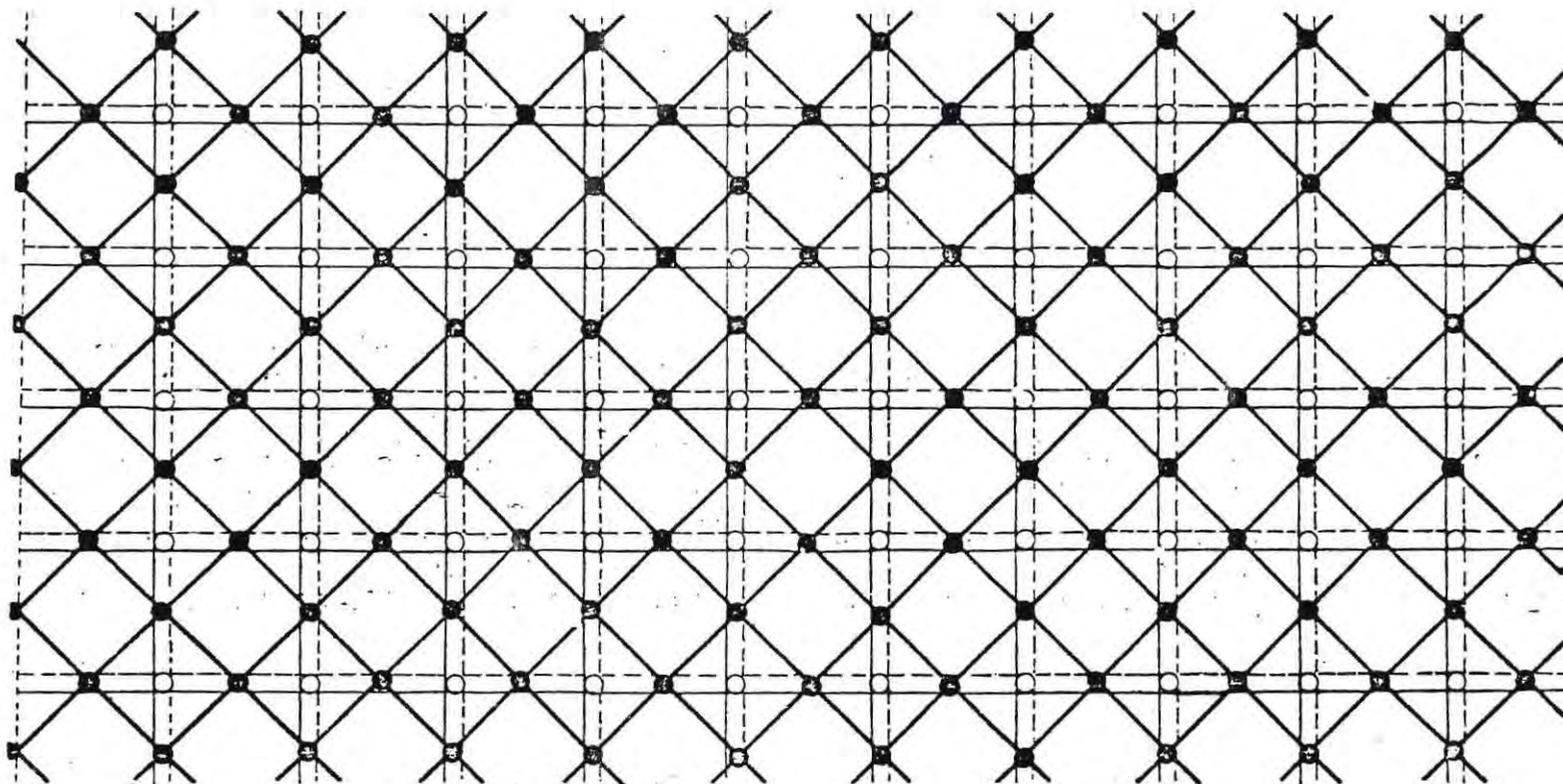


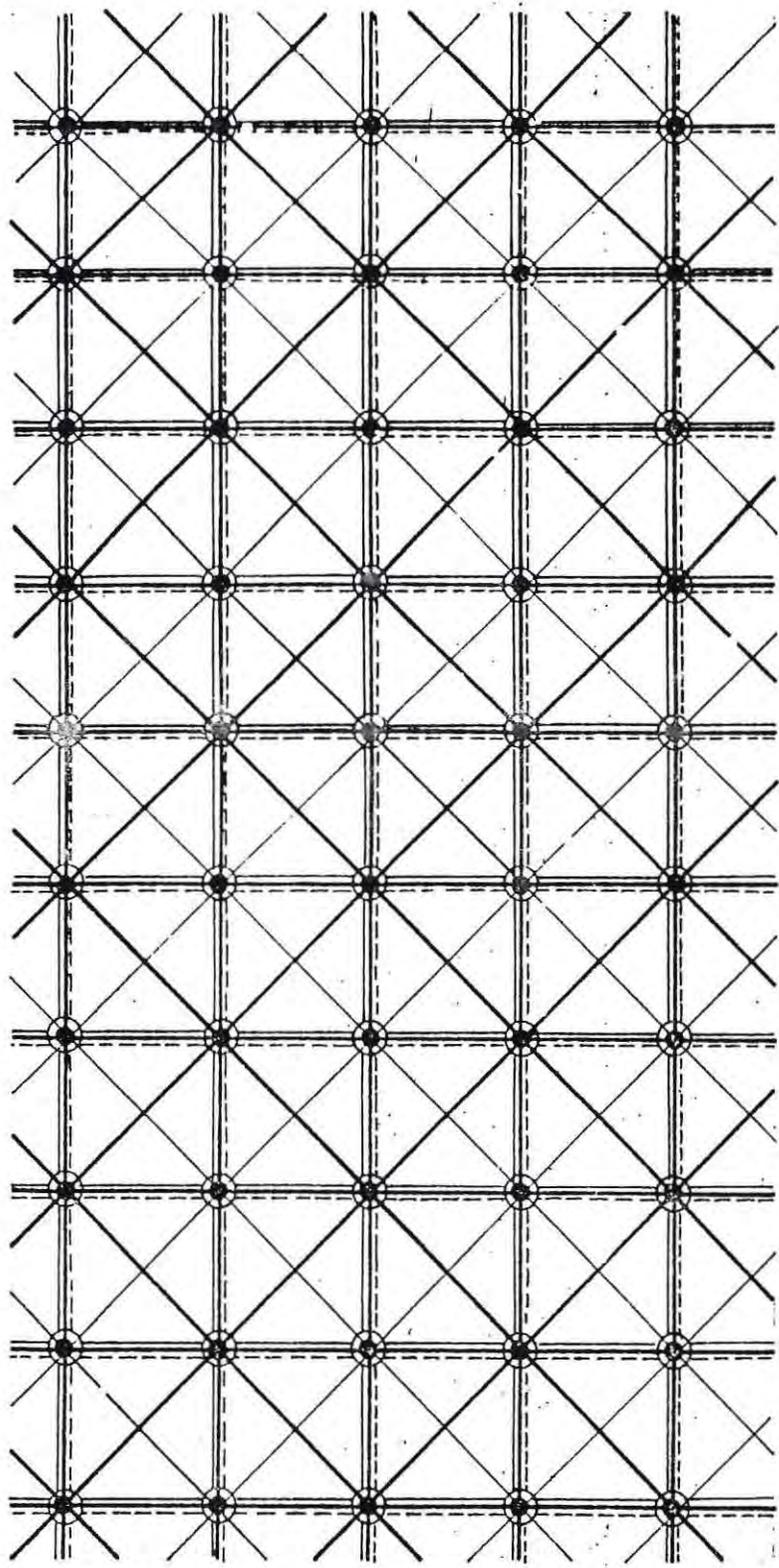
MALLA SUPERIOR 2L 30 X 30 X 4
2L 25 X 25 X 4
MALLA INFERIOR L 30 X 30 X 4
L 20 X 20 X 4
DIAGONALES L 20 X 20 X 4
L 20 X 20 X 4



EJEMPLO EXTRANJERO

NUDO MALLA SUPERIOR ●
NUDO MALLA INFERIOR ○





3.4 SOLUCIÓN DE UNIONES DE MONTAJE COMO PARTE DEL DISEÑO

Uno de los problemas más importante en la etapa de montaje de estereométricas lo constituye la ubicación de las líneas o cordones de empalme en terreno , los cuales pueden efectuarse de dos formas :

3.4.1 Empalme en líneas de nudos.

Como su nombre lo indica , estos empalmes se determinan en los mismos nudos , aprovechando su facilidad y rapidez de armado , los cuales permiten ser ajustados de manera flexible , manteniendo la continuidad de las partes empalmadas.
(ver fig. 3.5)

3.4.2 Empalme en cordones.

Estos corresponden a ejes de montaje que se localizan en los cordones superiores e inferiores , independientemente de la ubicación que tengan los nudos.

Este tipo de empalme se usa en caso que no exista simetría en el diseño del reticulado estereométrico.
(ver fig. 3.6)

EMPALME EN NUDOS

fig. 2.28

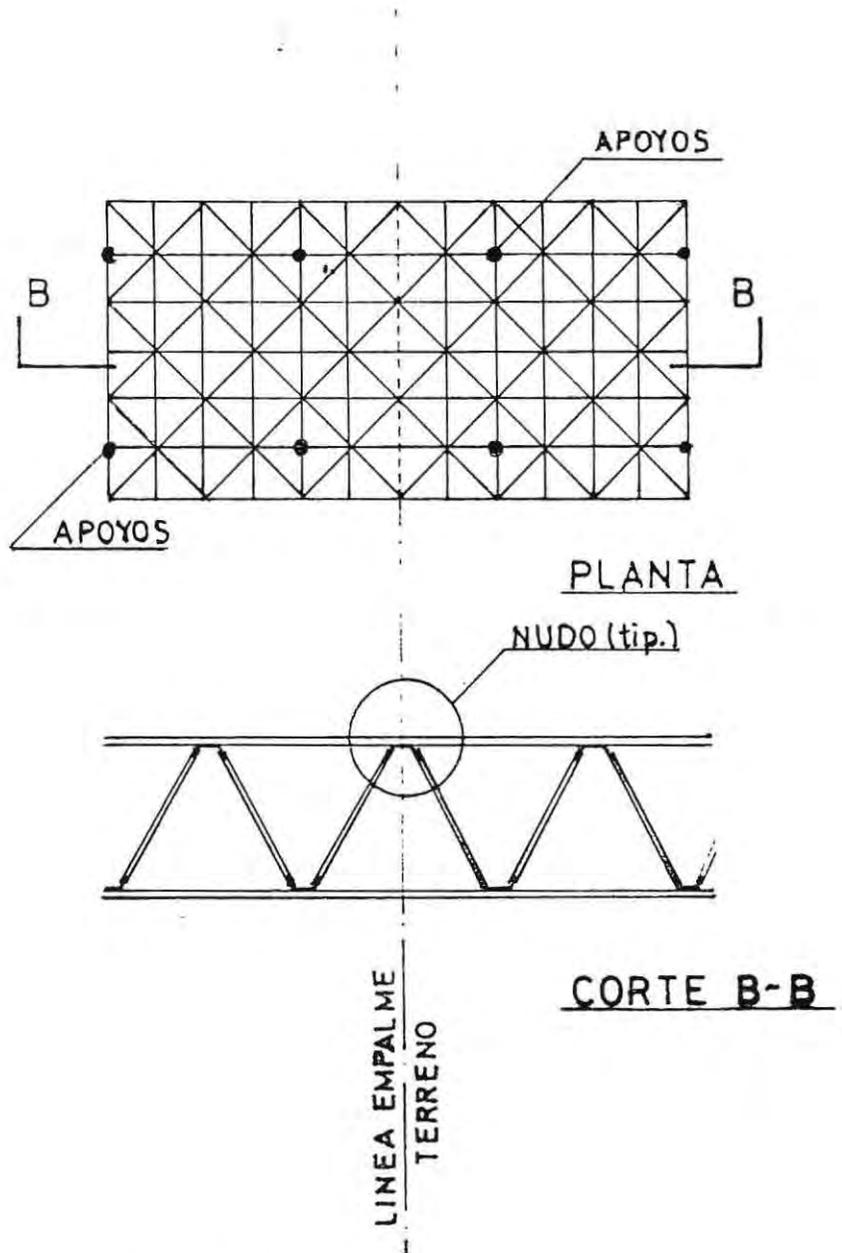


fig. 3.5

EMPALME EN GORDONES

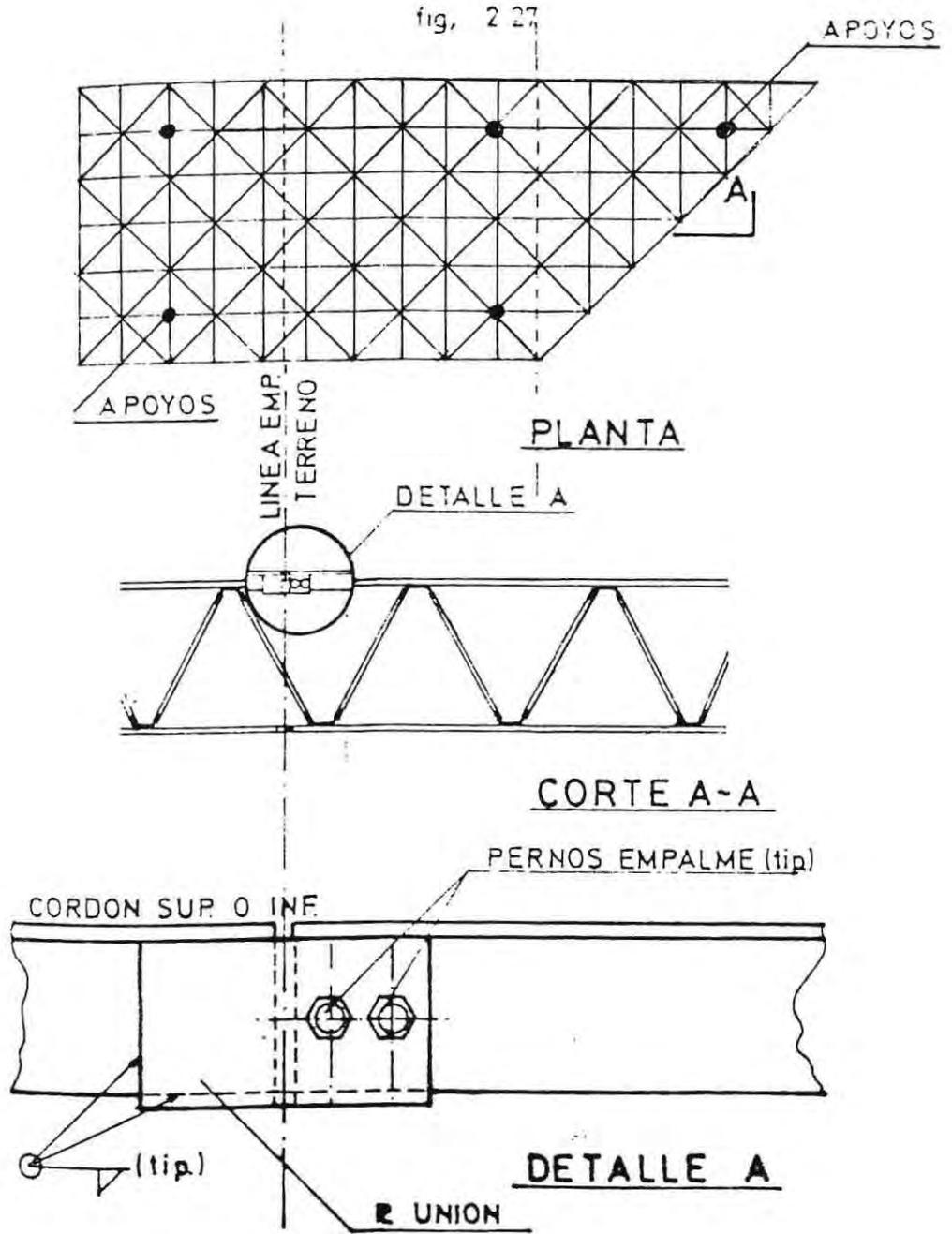


fig. 3.6

CAPITULO II

" CLASIFICACION DE NUDOS Y APOYOS "

INTRODUCCIÓN

Resulta difícil establecer una completa clasificación de nudos y apoyos en estructuras espaciales dada la enorme variedad de tipologías existentes. Pero se distinguen como principales los siguientes sistemas :

NUDOS:

- a. Apemados
- b. Atomillados
- c. Soldados
- b. Endentados

APOYOS:

- a. Rotulado fijo
- b. Rotulado móvil o deslizante
- c. Empotrado

Esta clasificación no tiene la intención de ser única y completa , pero es la más característica y la mayor parte de nudos y apoyos están clasificados en una u otra de las modalidades indicadas.

Podemos afirmar que la estandarización de nudos y apoyos hace de la estereométrica una estructura de mayor aplicación , al aprovechar principalmente su facilidad de prefabricación y todas sus ventajas ya conocidas.

En el armado de una placa , el nudo tiene gran relevancia por su particularidad de permitir el ajuste longitudinal de una barra y así suministrar todos a la misma medida. Después de verificar la posición correcta de los nudos y la inclinación de las barras ,se fijan y aprietan las barras como sea necesario.

Los sistemas de nudos estudiados por el Ingeniero chileno don RENE JARA constituyen una solución interesante del problema , en la industria nacional. Estos pueden ser estandarizados e industrializados existiendo ya algunos patentados , pues las

modificaciones de las longitudes de las barras son mínimas , aún en grandes luces y con una triangulación compleja.

(ver pag. 34)

Existen además soluciones de nudos propios para cada proyecto , pensando siempre como el elemento básico para la configuración de placas estereométricas , probablemente con el fin de rehuir el pago de derechos por la utilización de nudos patentados. Además encarece la importación de los elementos de los nudos que no se fabrican en nuestro país como es el caso del sistema MERO. (ver pag. 35)

Un claro ejemplo lo constituye un proyecto de una placa para la estación de servicio Shell , cuya solución constructiva y estructural pertenece al Ingeniero Civil Juan Carlos Labbé. (ver pag.47p)

2. TIPOS DE NUDOS

2.1 APERNADOS

2.1.1 Nudo CHAMAYOU. (Fig.2.1)

Puede ser plano con una serie de rebordes a lo largo de su línea poligonal, de sección cuadrada y permiten la fijación de los tubos mediante mordazas y posteriormente atomilladas.

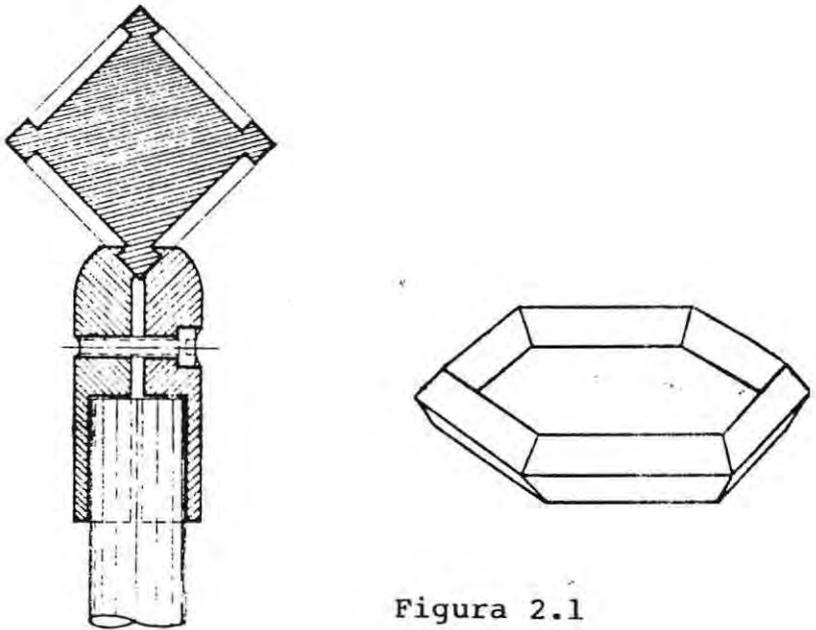


Figura 2.1

2.1.2 Nudo SARTON. (Fig.2.2)

Se aplanan los tubos en los puntos del nudo y luego se atomillan los tubos aplanados superpuestos.

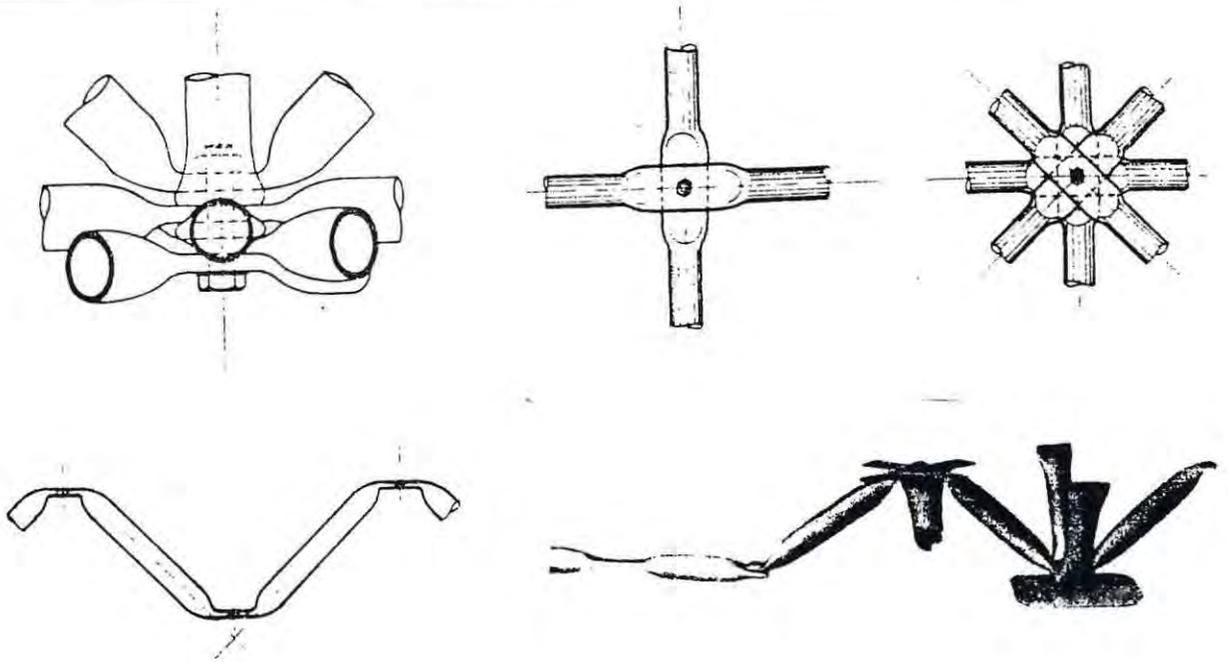


Figura 2.2

2.1.3 Nudo TESEP. (Fig. 2.3)

Las barras se atomillan (tb.soldadas) a una pletina que esta soldada en forma perpendicular al tubo central.

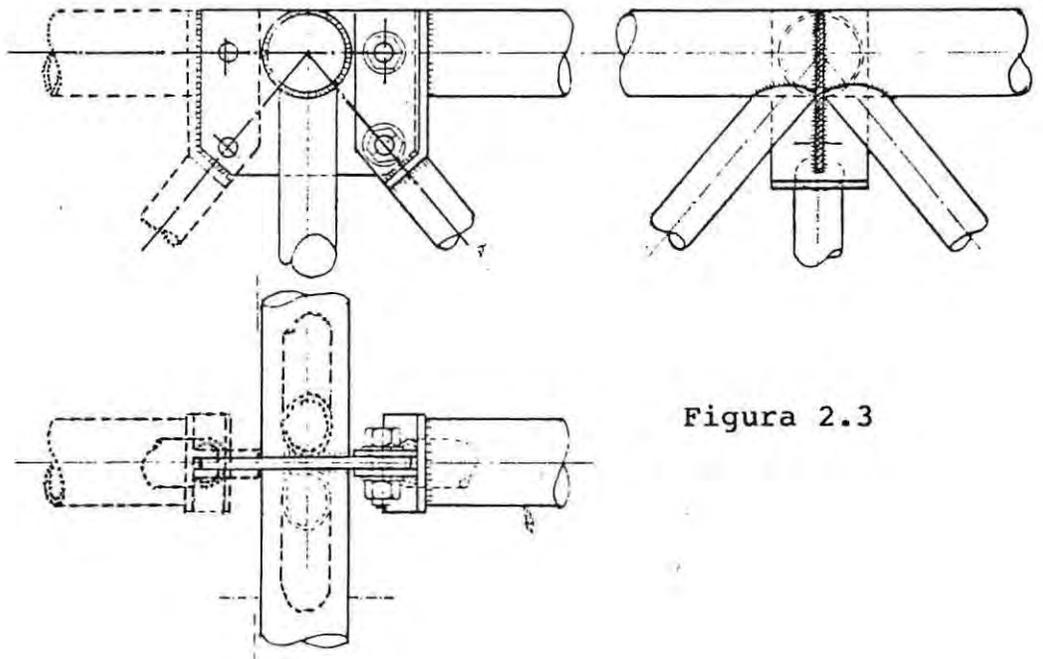
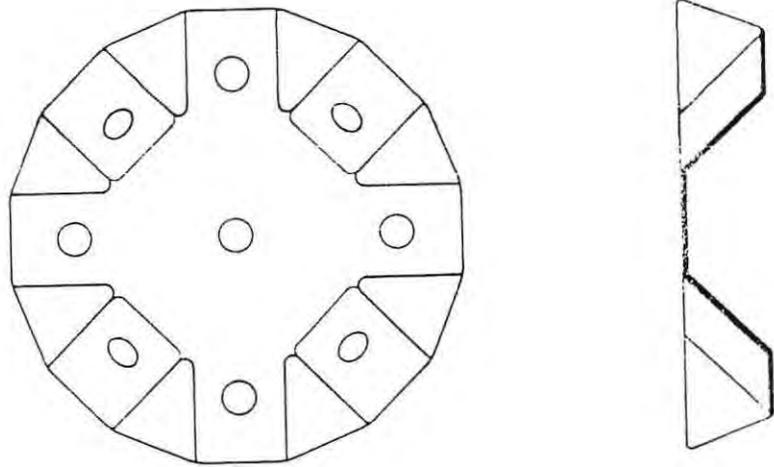


Figura 2.3

2.1.4 Nudo UNISTRUT. (Fig. 2.4)

Formado por una chapa plegada a la que se le unen barras mediante pasadores.

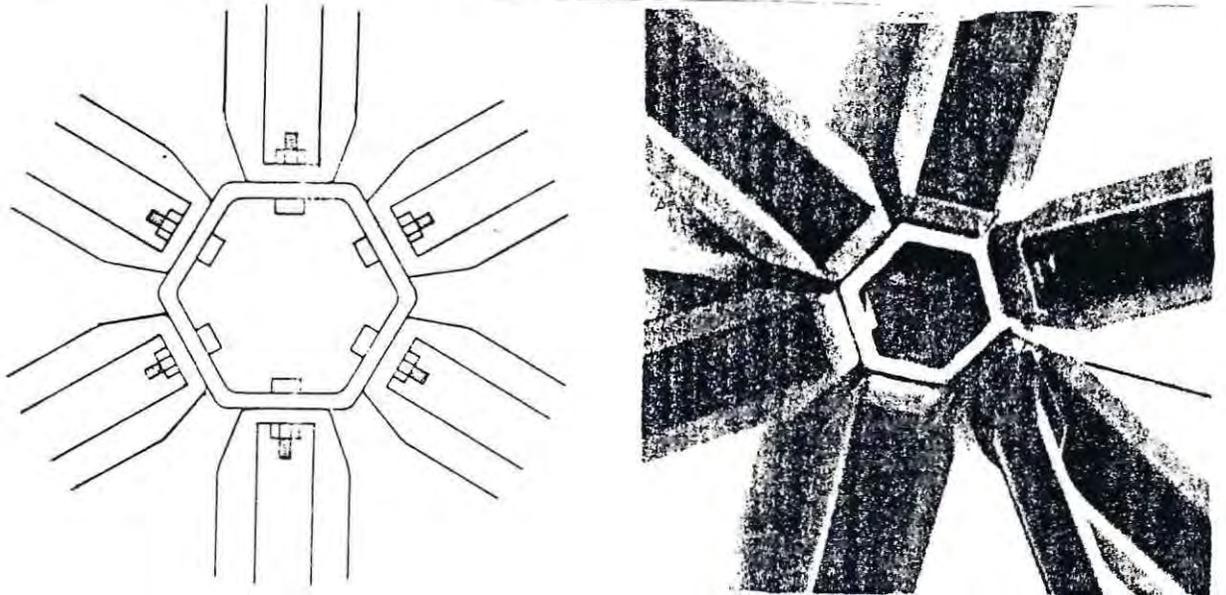
Figura 2.4



2.1.5 Nudo WUPPERMANN (Fig 2.5)

Formado por un hexágono al que se atornillan las barras , en seis direcciones posibles.

Figura 2.5



2.1.6 Nudo PLÁCEME (Fig.2.6)

Consiste en perfiles de acero reducidos en sus extremos y apernados a un perfil central.

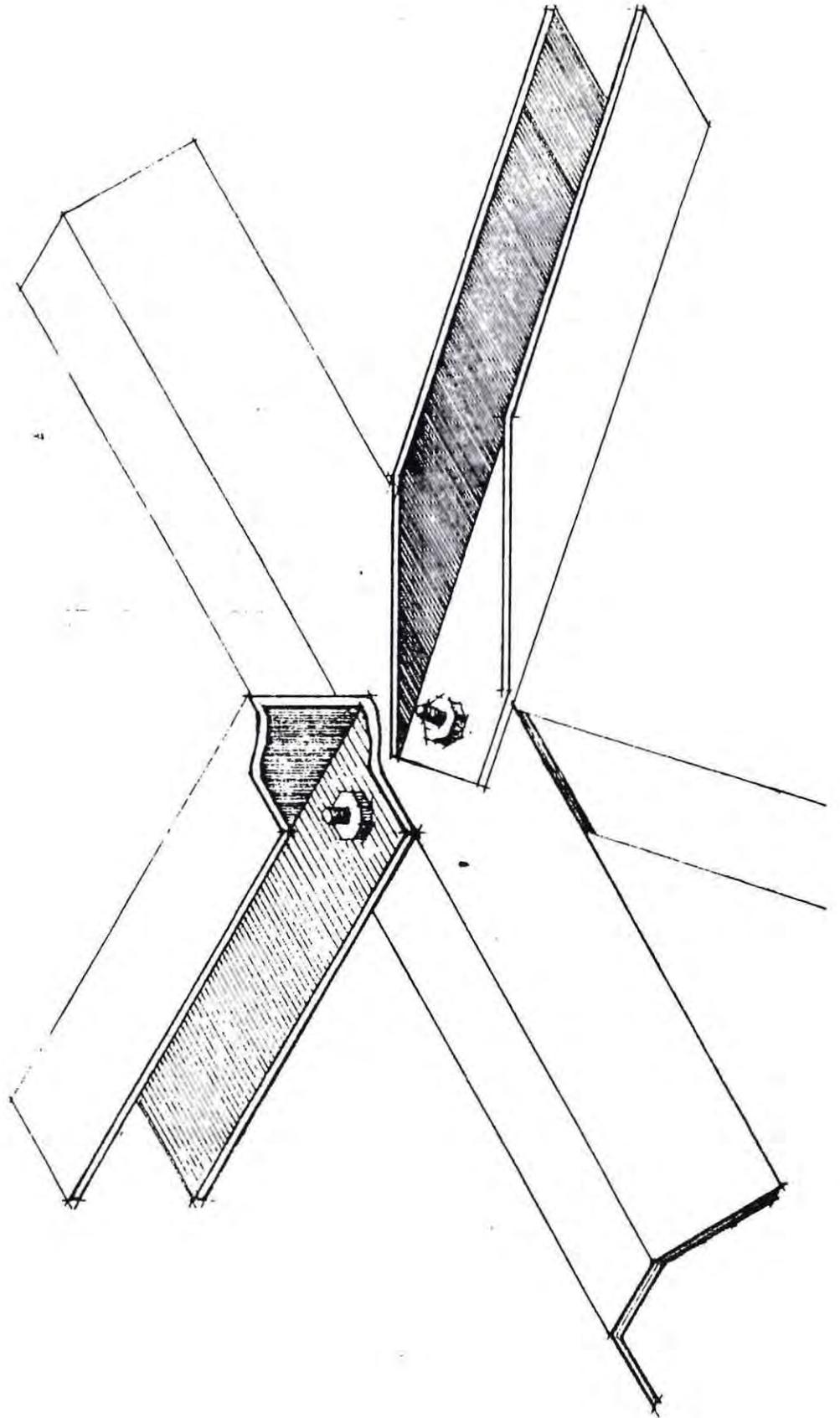


Figura 2.6.1

32a

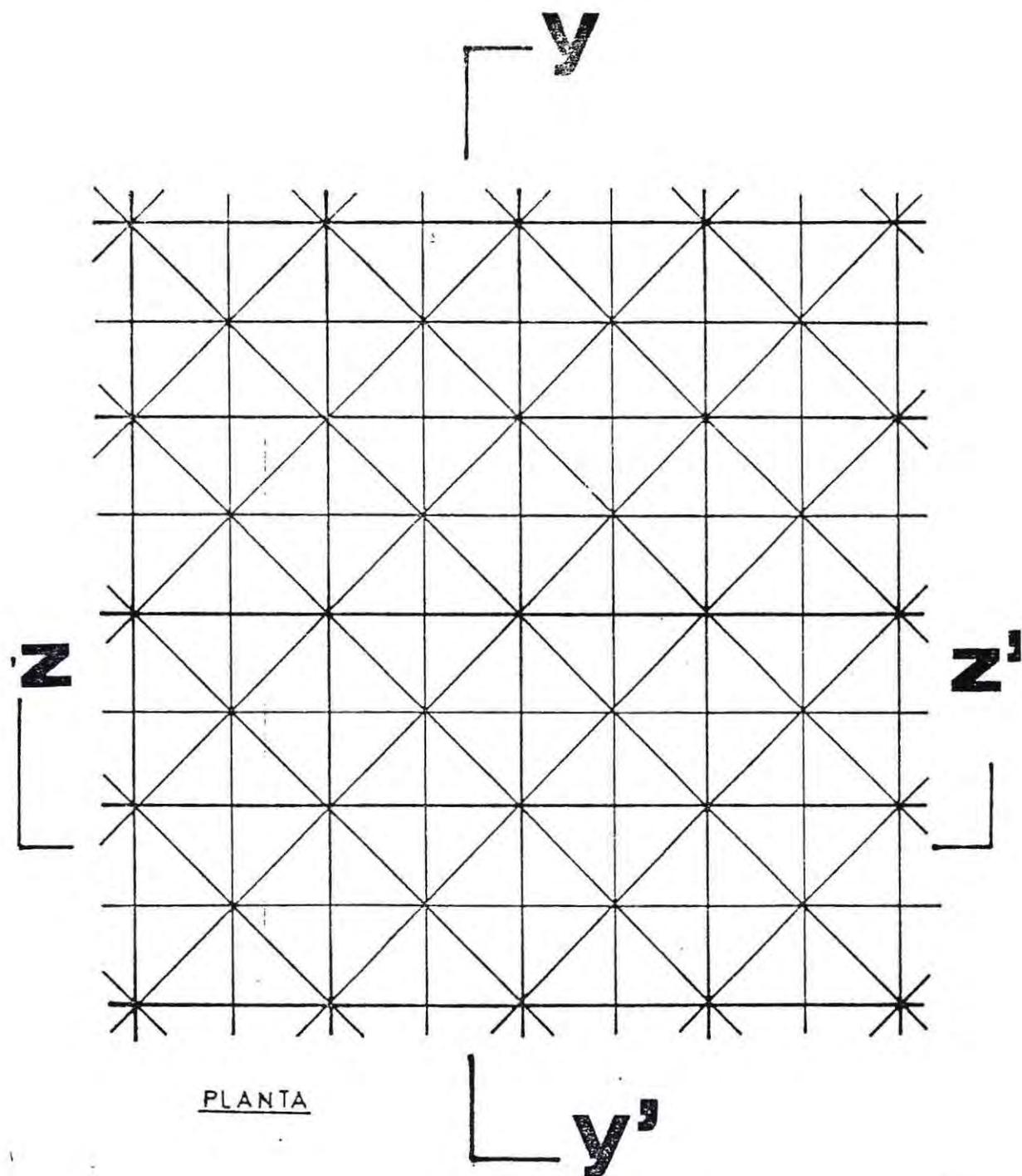
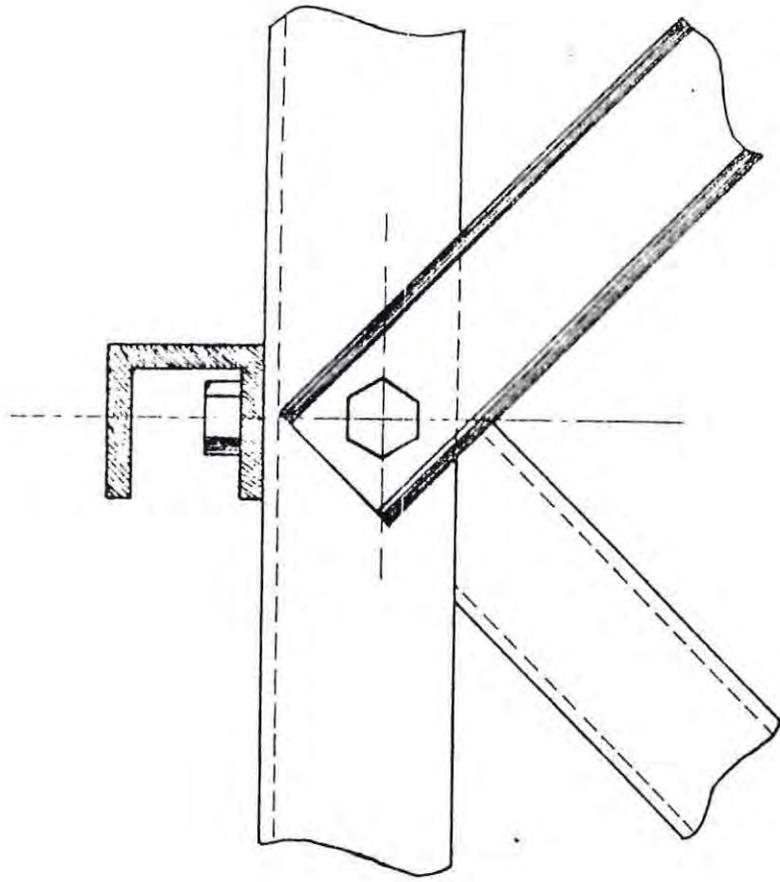
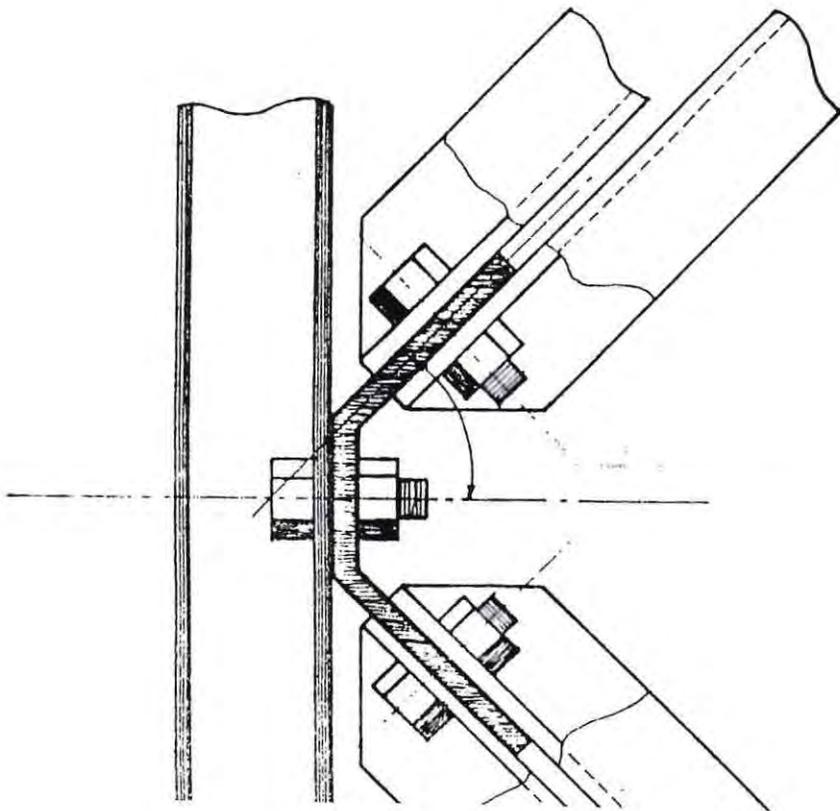


Figura 2. 6.2

 **corte z-z'** **corte y-y'**Figura 2.⁶.3

2.2 ATORNILLADOS

2.2.1 Nudo MERO (FIG. 2.7)

Formado por octógonos , inscritos en una esfera , en los cuales se atomillan las barras preparadas.

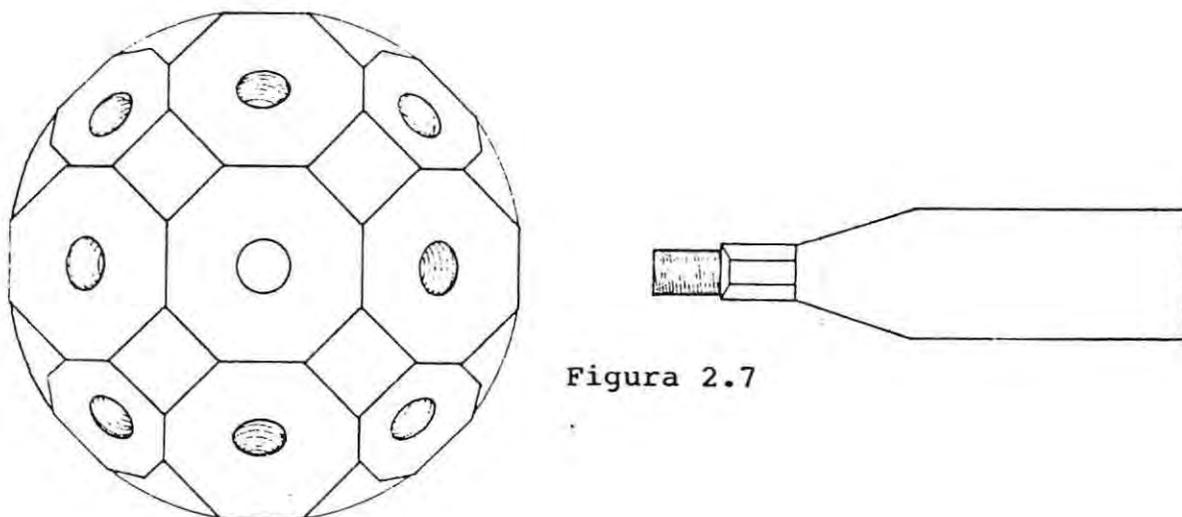


Figura 2.7

2.2.2 Nudo BEGUE (FIG 2.8)

Constituido por un núcleo y barras , con extremidades troncocónicas , que se atomillan a aquél.

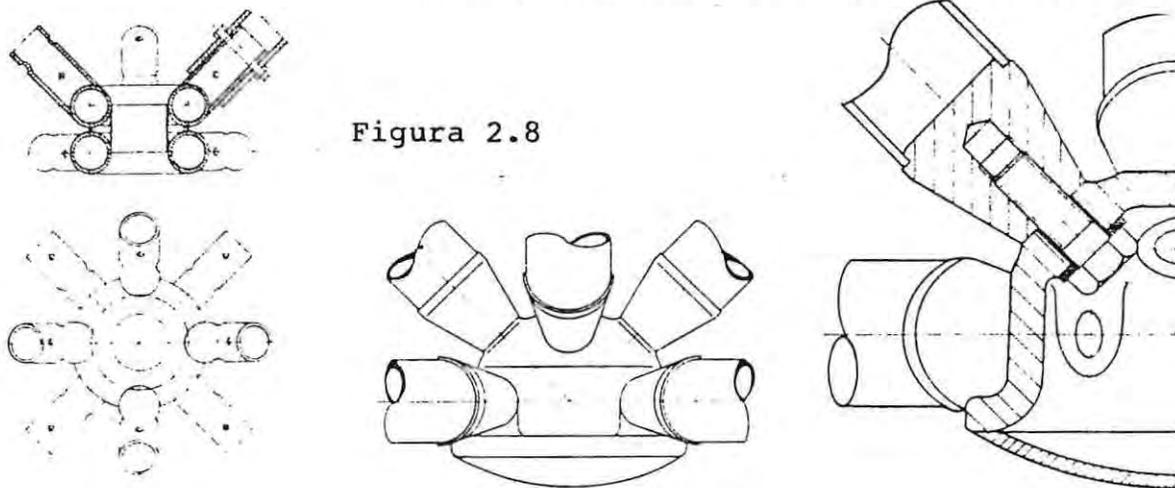


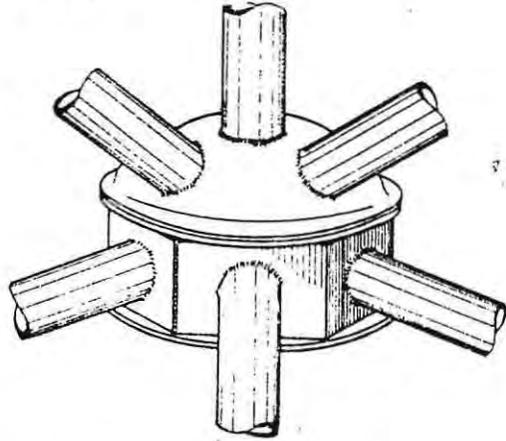
Figura 2.8

2.3 SOLDADOS

2.3.1 Nudo SEGMO 1. (Fig. 2.9)

Nudo de acero soldado. Compuesto de una parte esférica y otra prismática , cada tubo se fija por soldadura u otro.

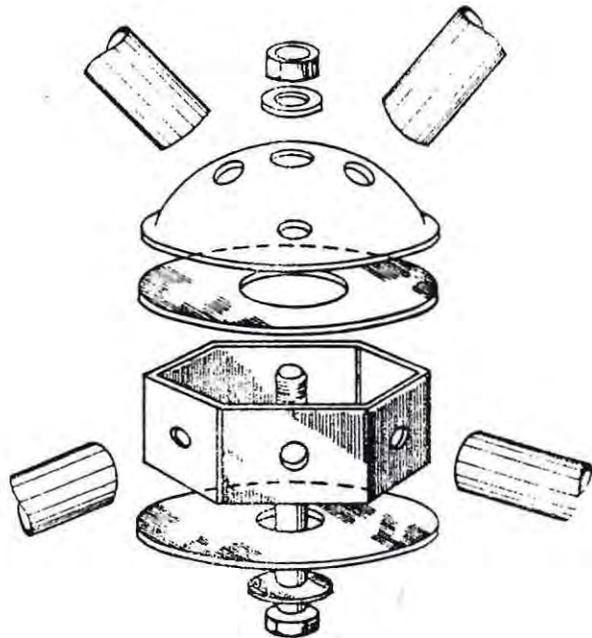
Figura 2.9



2.3.2 Nudo SEGMO 2. (Fig. 2.10)

Variante del anterior. Los tubos tienen en sus extremos un vástago soldado que se introduce en los orificios del nudo y permite la unión mediante roblonado.

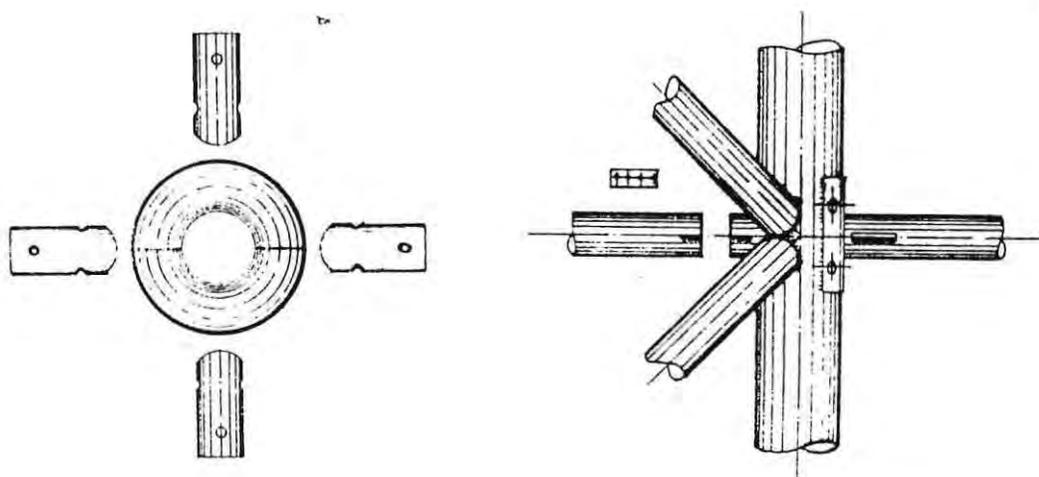
Figura 2.10



2.3.3 Nudo TUBACCORD. (Fig. 2.11)

Las barras pueden soldarse directamente o fijarse mediante un pasador que encaja con unas ranuras situadas en el extremo de la barra y en un manguito soldado previamente a la barra tubular de mayor diámetro.

Figura 2.11



2.3. Nudo DELACROIX-GLOTIN-MONIER-SEJOURNET

(Fig. 2.12)

Este nudo está formado por uno o dos semitubos con aletas soldadas que indican la dirección de las barras concurrentes. La fijación de las restantes barras se realiza aplastando sus extremos y uniéndolos, mediante soldadura o pasadores.

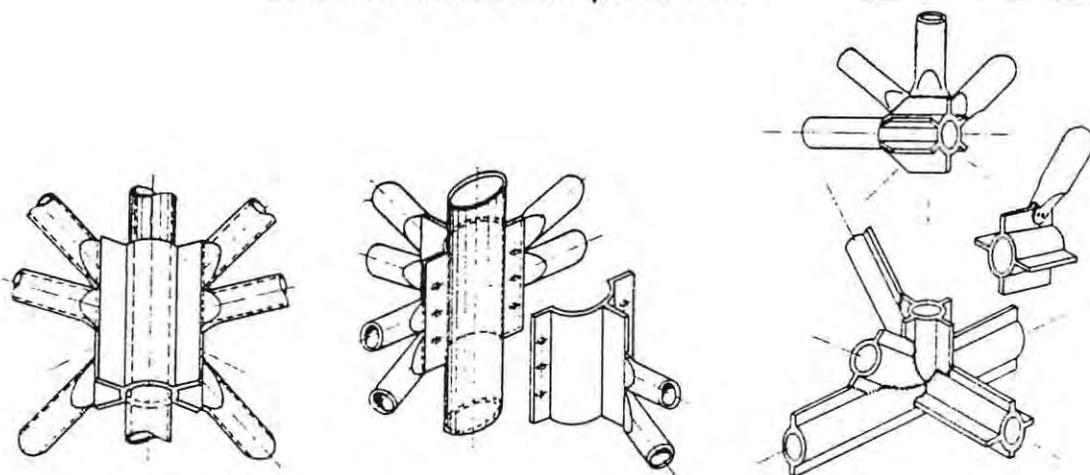


Figura 2.12

2.3.4 Nudos KIEFFER. (Fig.2.13)

Está formado por un cilindro macizo central que hace de pasador de todo el nudo y al cual se sueldan las barras.

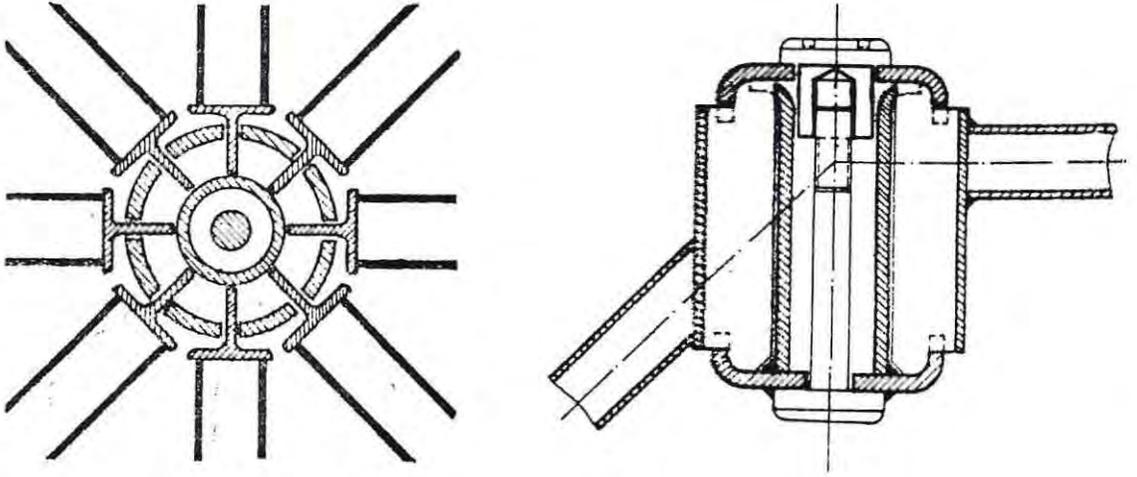


Figura 2.13

2.3.5 Nudos ESFÉRICOS. (Fig. 2.14)

Constituido por una esfera a la que se unen , por soldadura , barras en cualquier dirección.

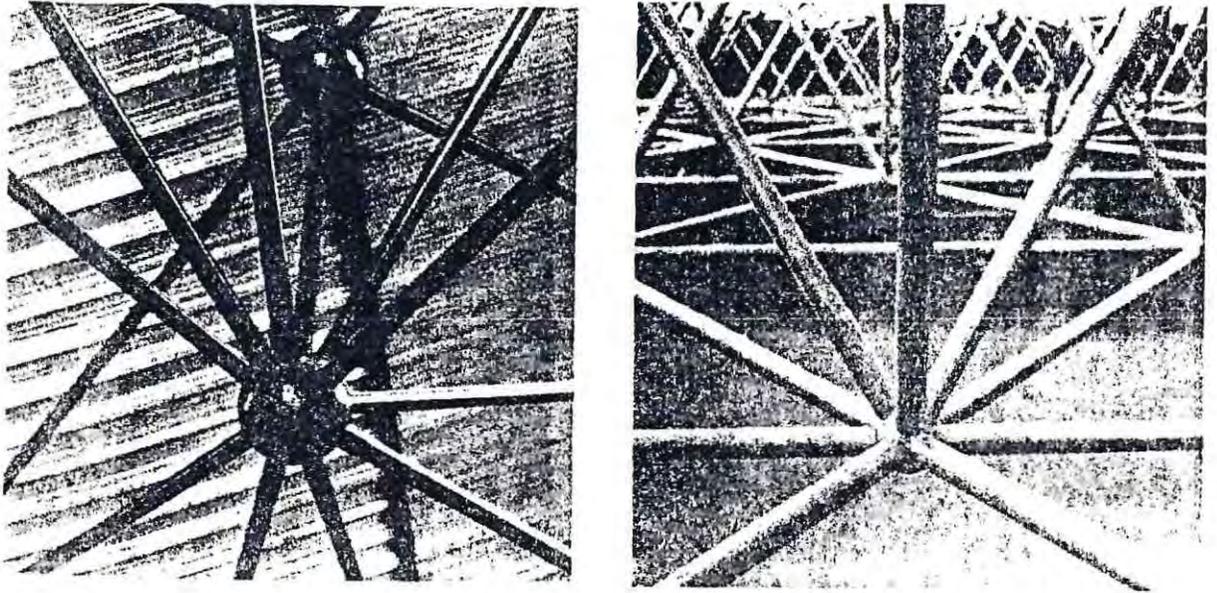


Figura 2.14

2.3.6 Nudo BITUBULAR (Fig. 2.15)

Está constituido por dos tubos , unidos paralelamente , a los cuales van soldadas las barras concurrentes.

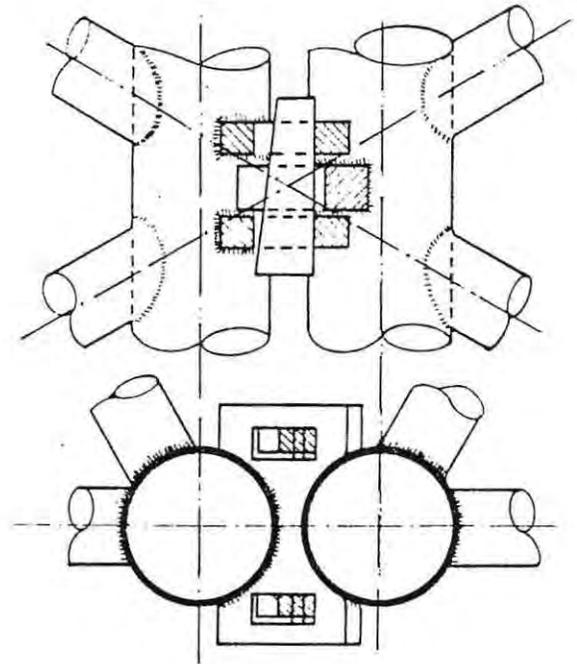


Figura 2.15

2.3.7 Nudo S.D.C. (Fig. 2.16)

Nudos para mallas de una sola capa , preparados para el ensamble y soldadura de las barras concurrentes.

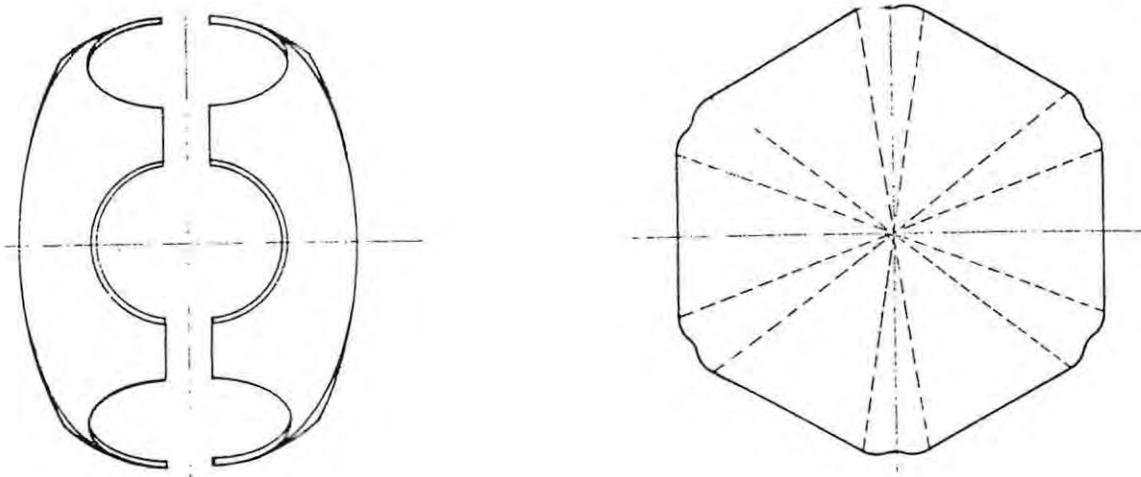
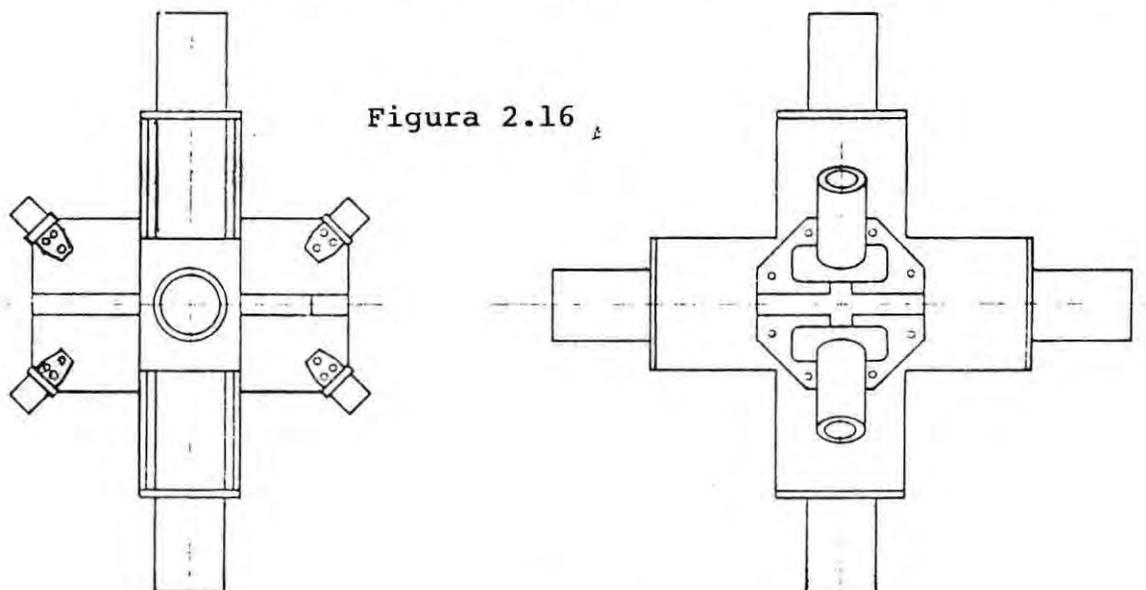


Figura 2.16

2.3.8 Nudo TRIDIMATEC (Fig.2.16)

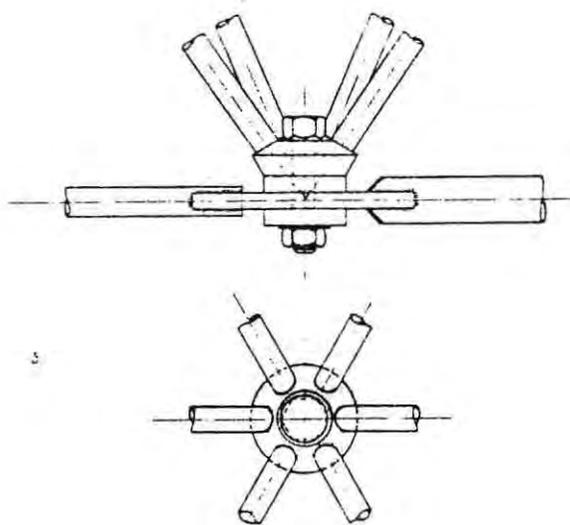
Compuesto por un sistema de cruz al que se le sueldan las barras concurrentes.



2.3.9 Nudo PIRAMITEC (Fig. 2.17)

Está formado por un cuerpo cilíndrico central y por un tronco de cono , a los cuales se sueldan las barras.

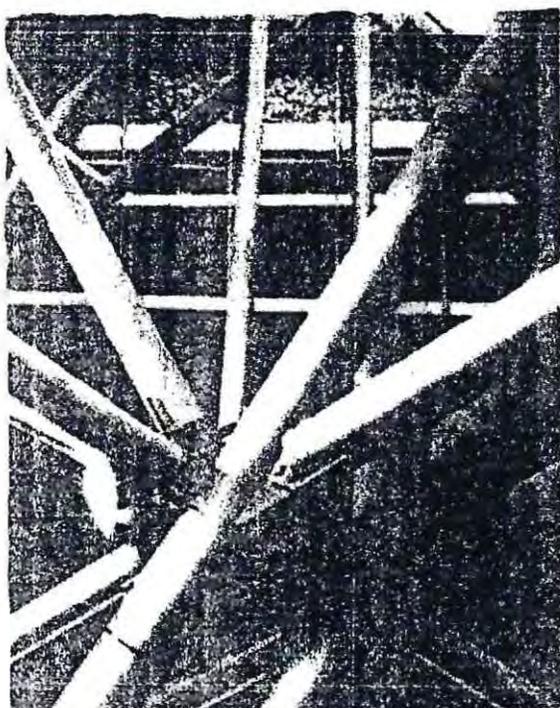
Figura 2.17



2.3.9 Nudo CON PLETINAS (Fig. 2.18)

Obtenido por la fijación de las barras concurrentes a pletinas soldadas al tubo de mayor diámetro.

Figura 2.18



2.3.10 Nudo OKTOPLATTE. (Fig. 2.19)

Nudo esférico formado por dos casquetes y un disco meridiano , al cual se sueldan las barras concurrentes.

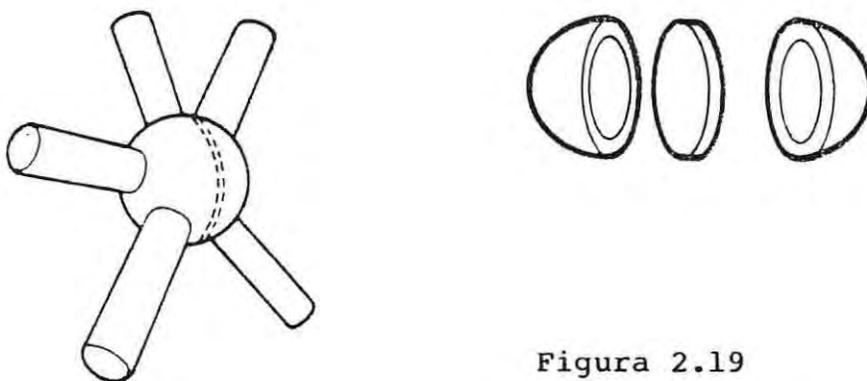


Figura 2.19

2.4 ENDENTADOS.

2.4.1 Nudos TRIODETIC. (Fig. 2.20)

Las barras son planas en sus extremos y se introducen a presión en las ranuras dentadas del nudo.

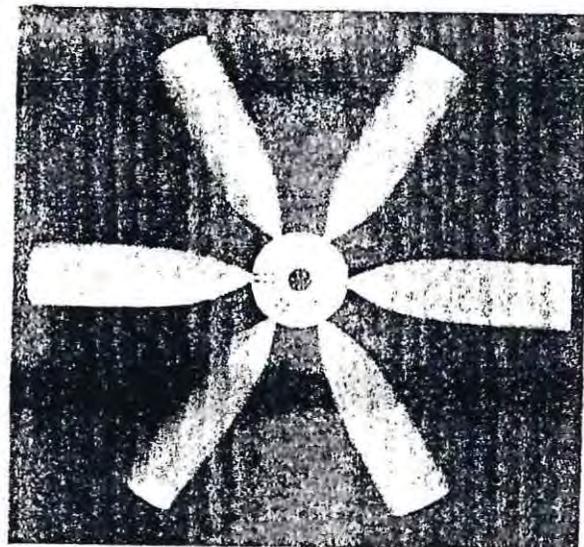
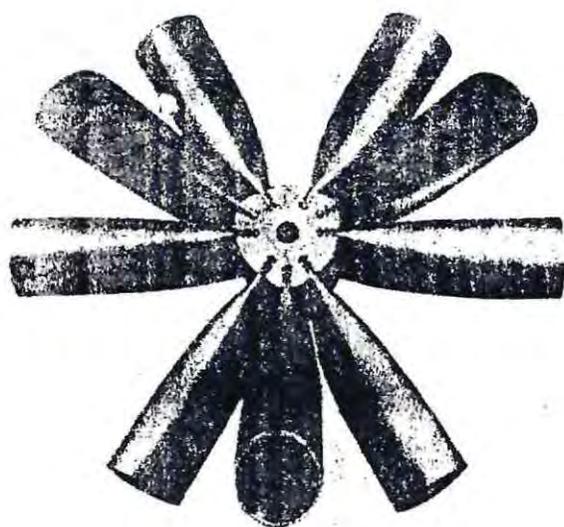


Figura 2.20

2.4.2 Nudos BEGUE-KIEFFER. (Fig. 2.21)

Está formado por una esfera con unos arranques en los cuales hay dos ranuras destinadas a fijar los tubos.

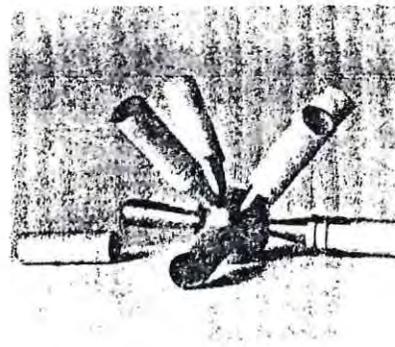
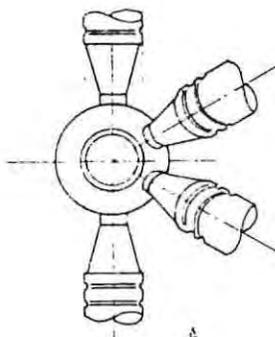
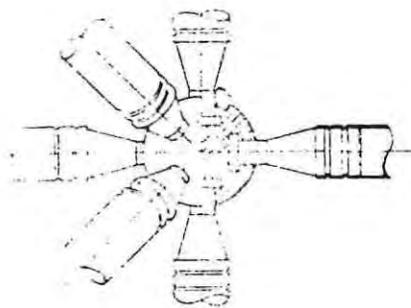
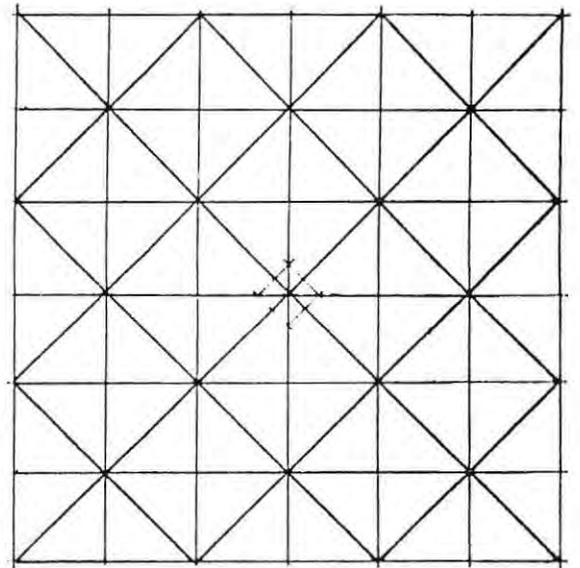
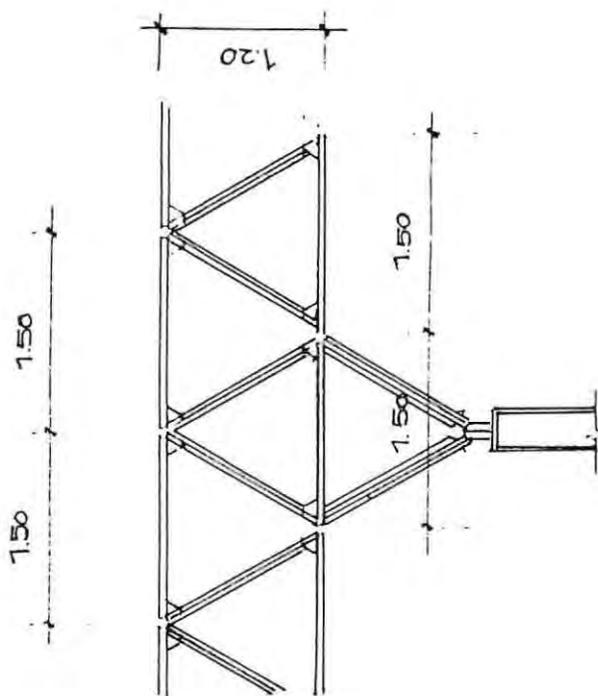
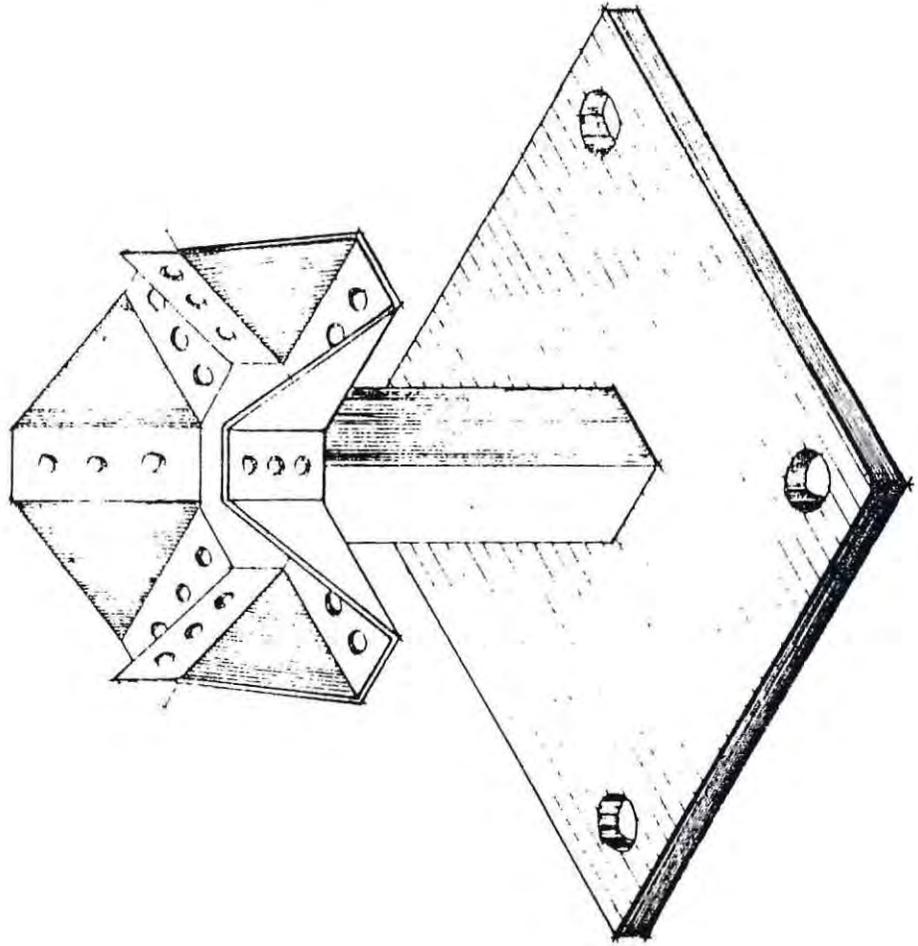


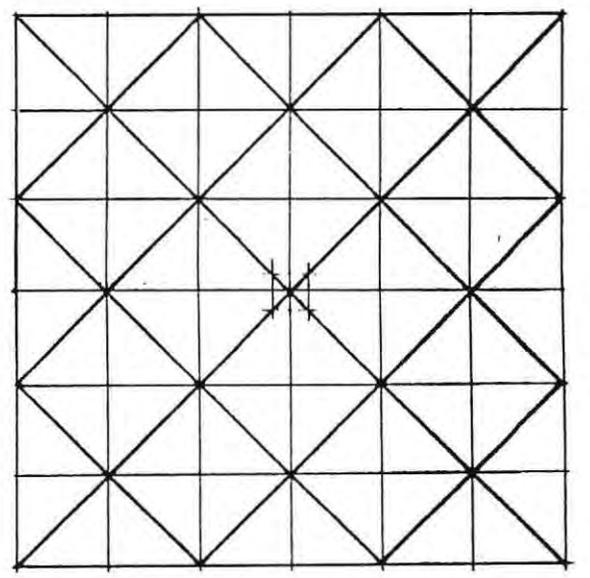
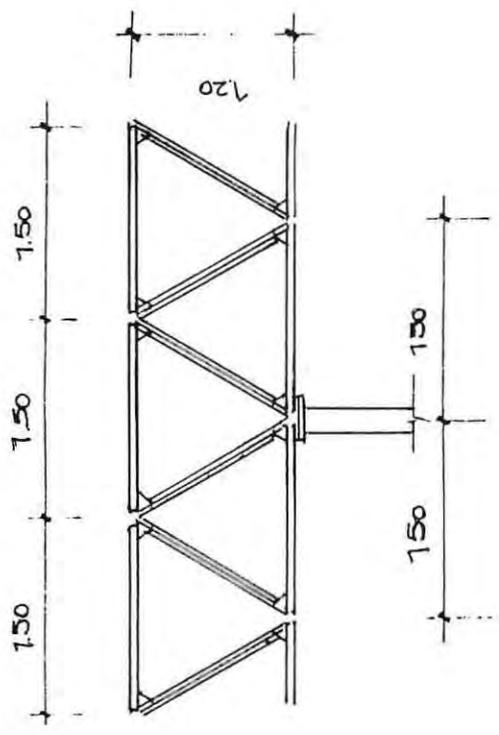
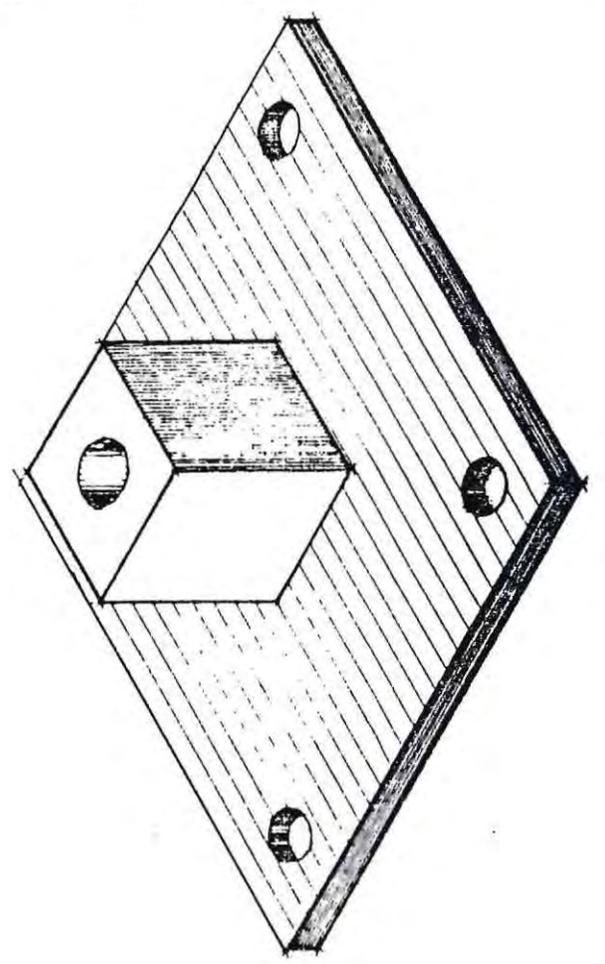
Figura 2.21

3. ALGUNAS SOLUCIONES DE APOYOS.

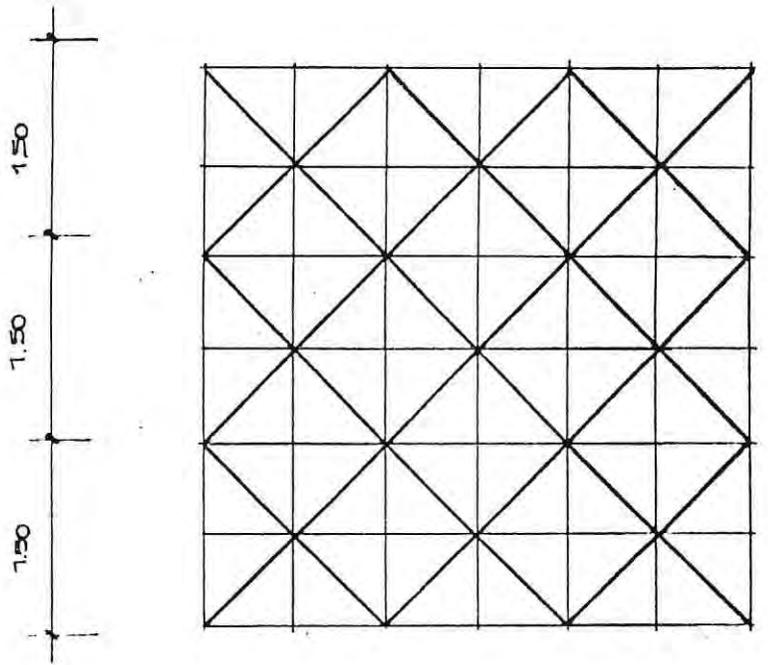
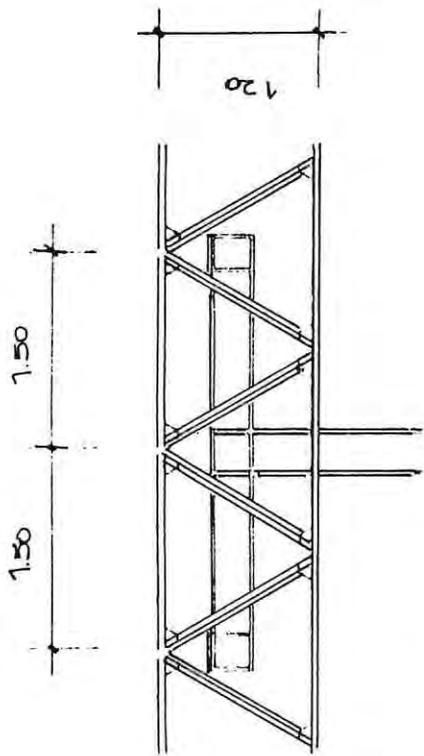
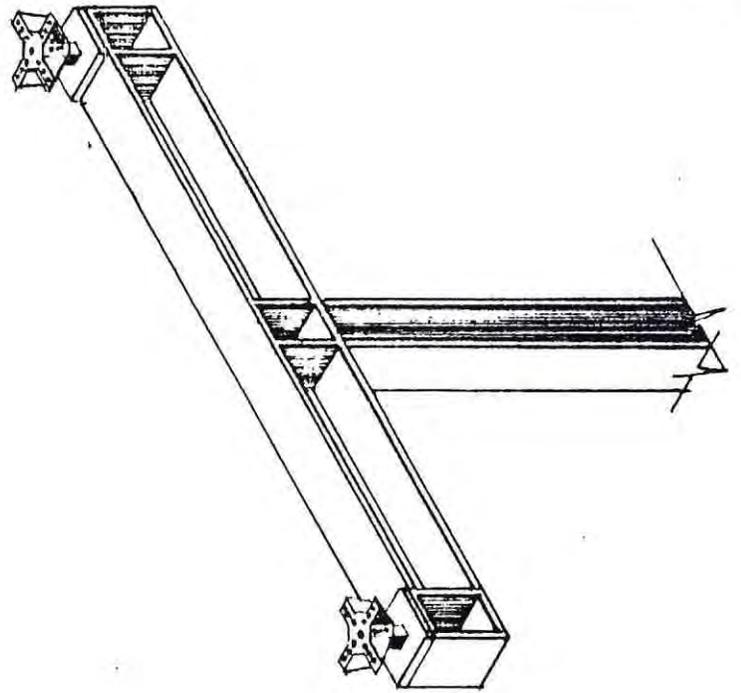
APOYO CENTRAL



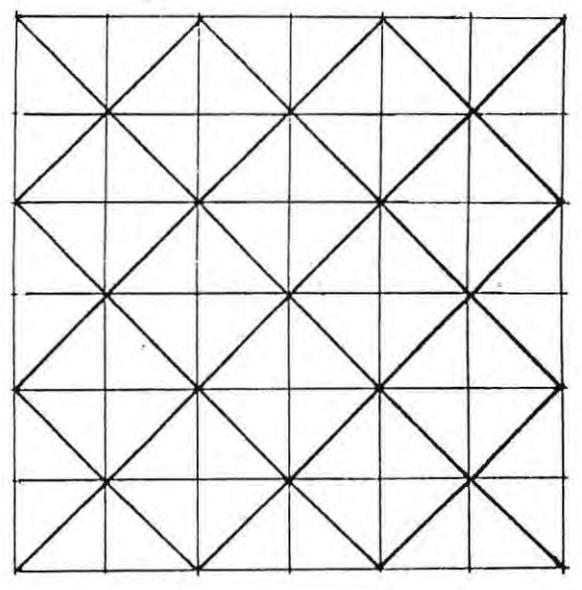
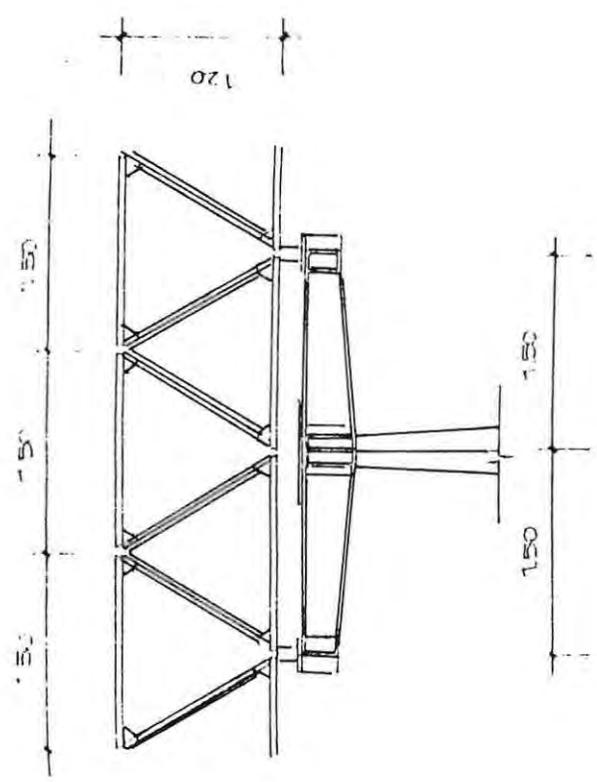
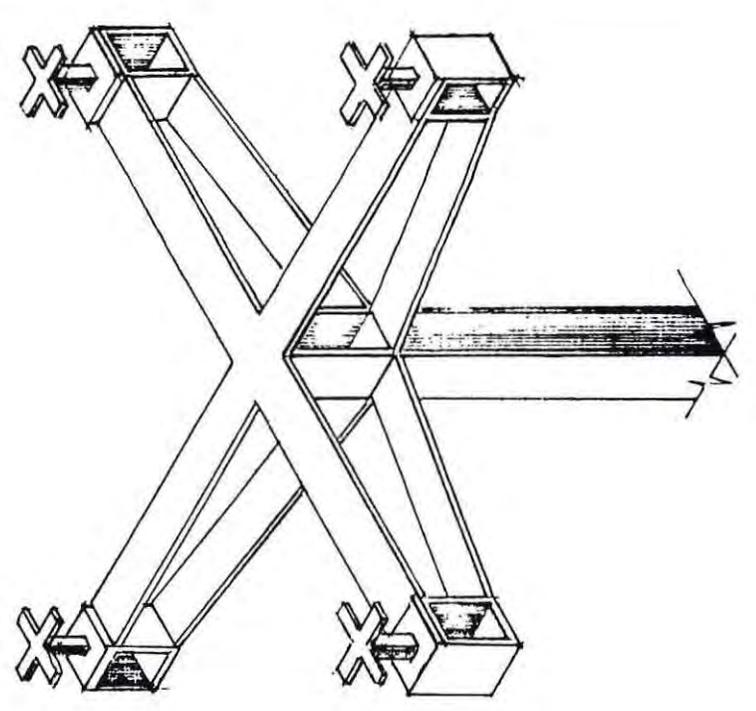
APOYO CENTRAL

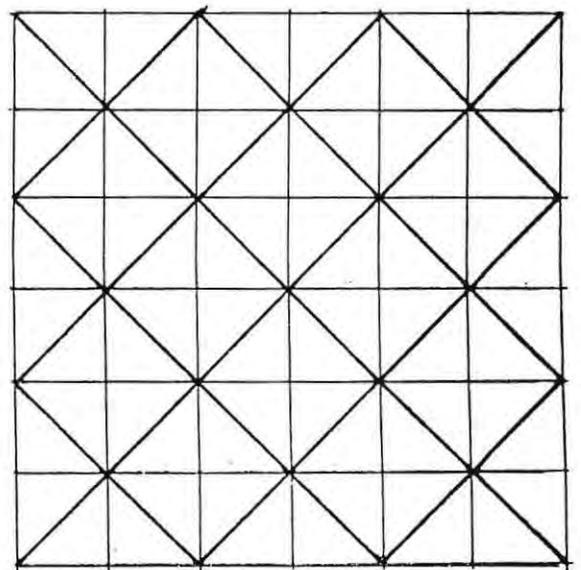
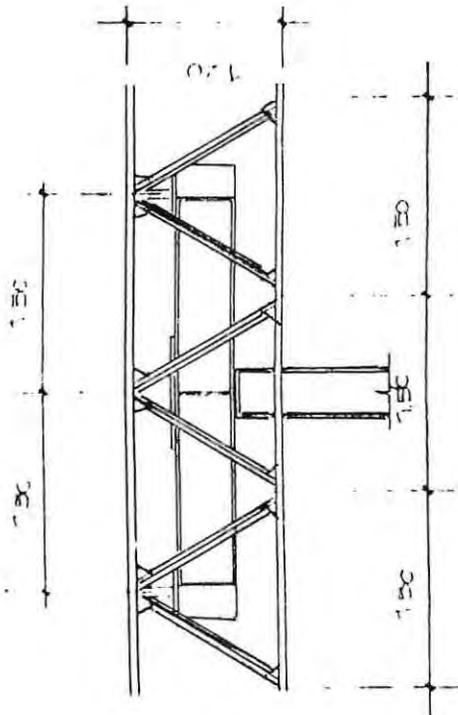
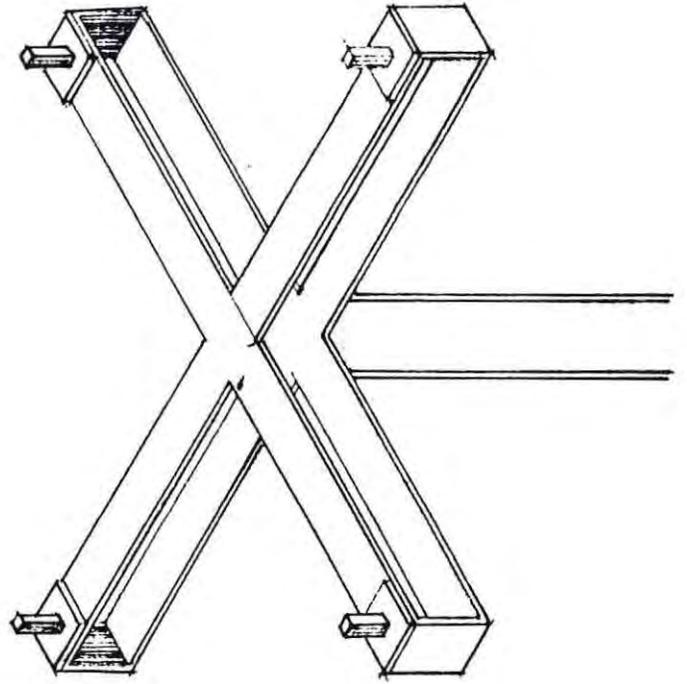


APOYO BANDA CENTRAL

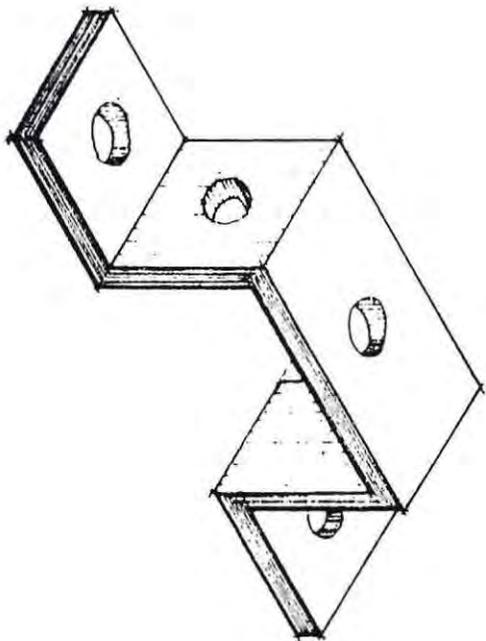
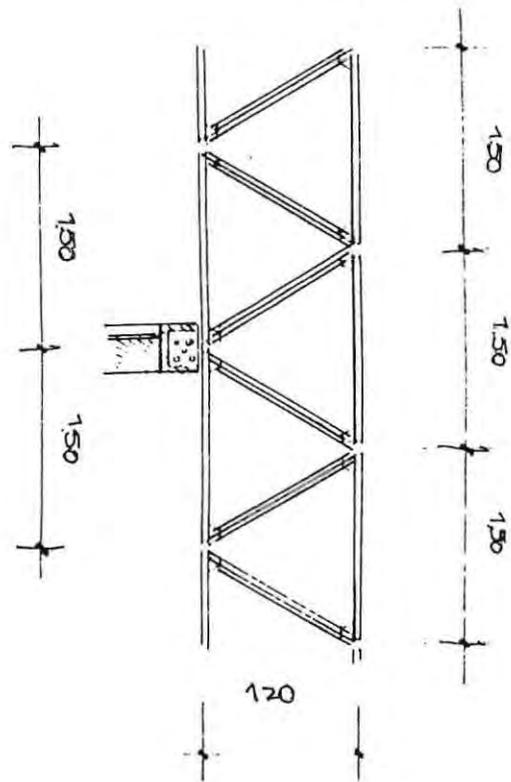
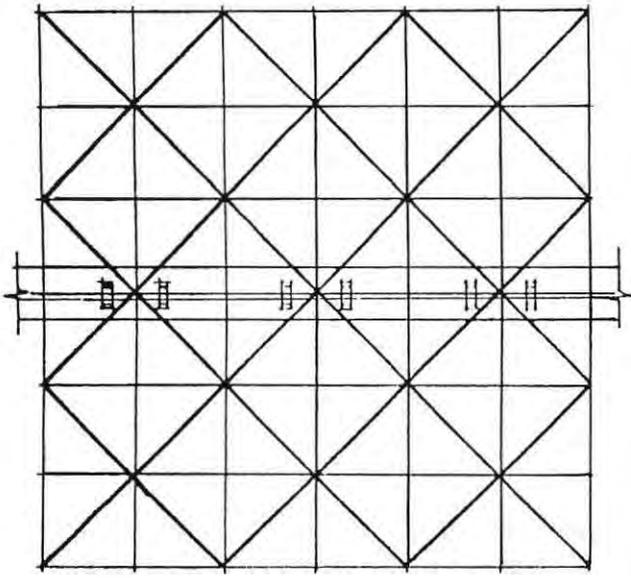


PILAR CENTRAL CON 4 PTOS.





APOYO EMPOTRADO.



4. SOLUCIONES DE APOYOS Y NUDOS MAS UTILIZADOS EN CHILE.

En CHILE las soluciones utilizadas son diversas de acuerdo a cada proyecto en particular efectuando algunas modificaciones o interrelación de las soluciones existentes para así evitar un aumento de costo de la obra por pago de utilización por estar patentados y además por la importación en algunos casos de los elementos que conforman el nudo como lo mencione en un punto anterior.

Se utiliza mucho el sistema de nudos PLACEME (Ing. René Jara, ver pag. 32 nº 2.1.7) como también la solución mediante la soldadura de las barras a pletinas , los cuales sus soluciones son diversas y la unión mediante esferas como nudos a los cuales se sueldan las barras.

La utilización de los apoyos , que son diversos , están de acuerdo a los requerimientos del diseño y sus intereses visuales como de la libertad en la planta.

Para este caso existe mayor libertad porque no existe gran número que este patentado a diferencia de los nudos.

5. MUESTRA GRAFICA DE ALGUNOS CASOS CHILENOS.



Calle Peatonal Cubierta

BOULEVARD

DRUGSTORE

FICHA DE IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Av. Providencia Nº 2124, Santiago

Superficie: 500 m²

Destino: Comercial

Año de Construcción: 1986

Arquitectos: Leyton, Saavedra, Binimelis y Asoc.

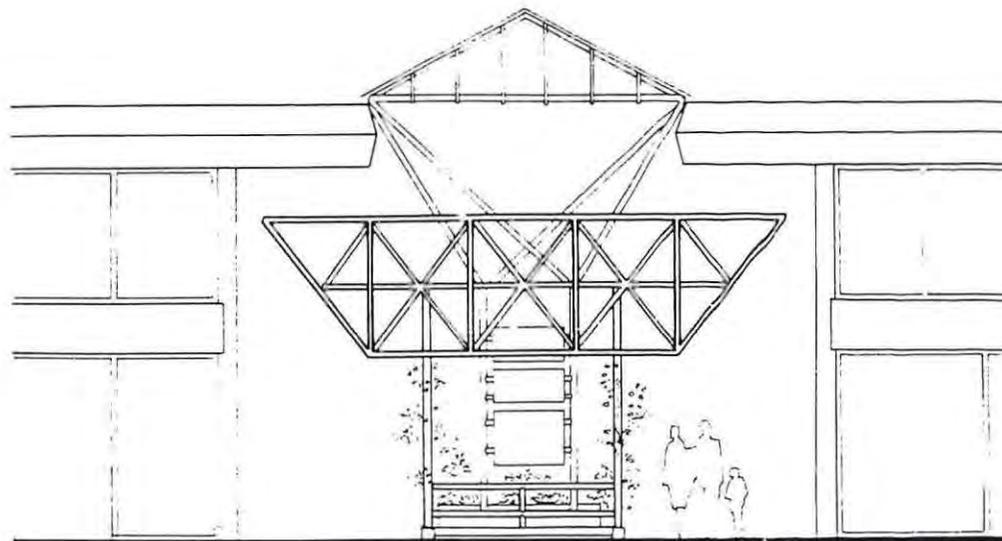
Ingenieros Estructurales: Del Sol, Vogel y Asoc.

Empresa Constructora: Lupicino Sanz

DESCRIPCION DE LA OBRA

Un pasaje peatonal perpendicular a la Avenida Providencia, de aproximadamente 10 m de ancho por 50 m de longitud, más una pequeña plaza interior tangente al pasaje fueron cubiertos por un techo acristalado de estructura de acero, organizándose además, mediante el diseño del pavimento y el mobiliario urbano, una galería comercial, de estar y de paseo.

Se eligió el acero porque la obra debía ser realizada en el breve plazo de un mes, junto



FACHADA PROVIDENCIA

con cubrir una luz de relativa importancia, dar la sensación de liviandad, permitiendo la mayor iluminación solar posible.

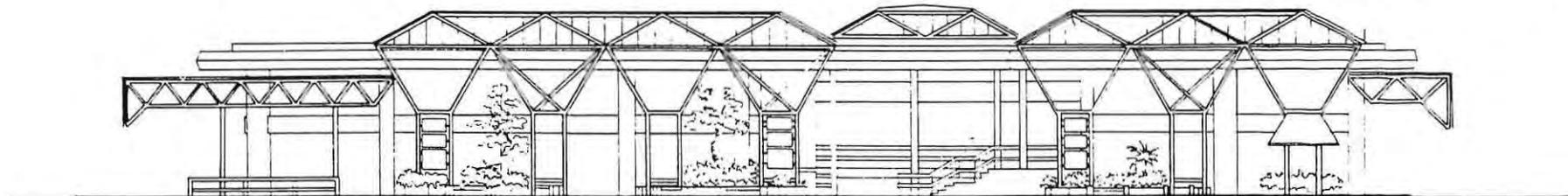
La estructura fue realizada en tubos de acero de sección circular y diámetros variables.

El equipo proyectista ha destacado la importancia que le adjudican al uso del acero en la renovación y adecuación de lugares y edificios públicos.

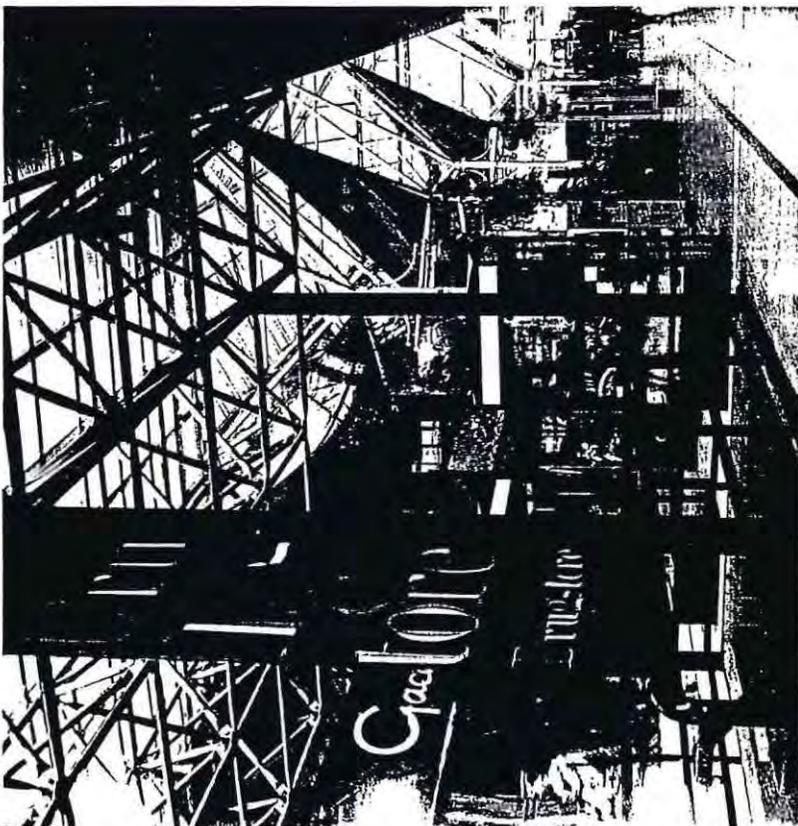
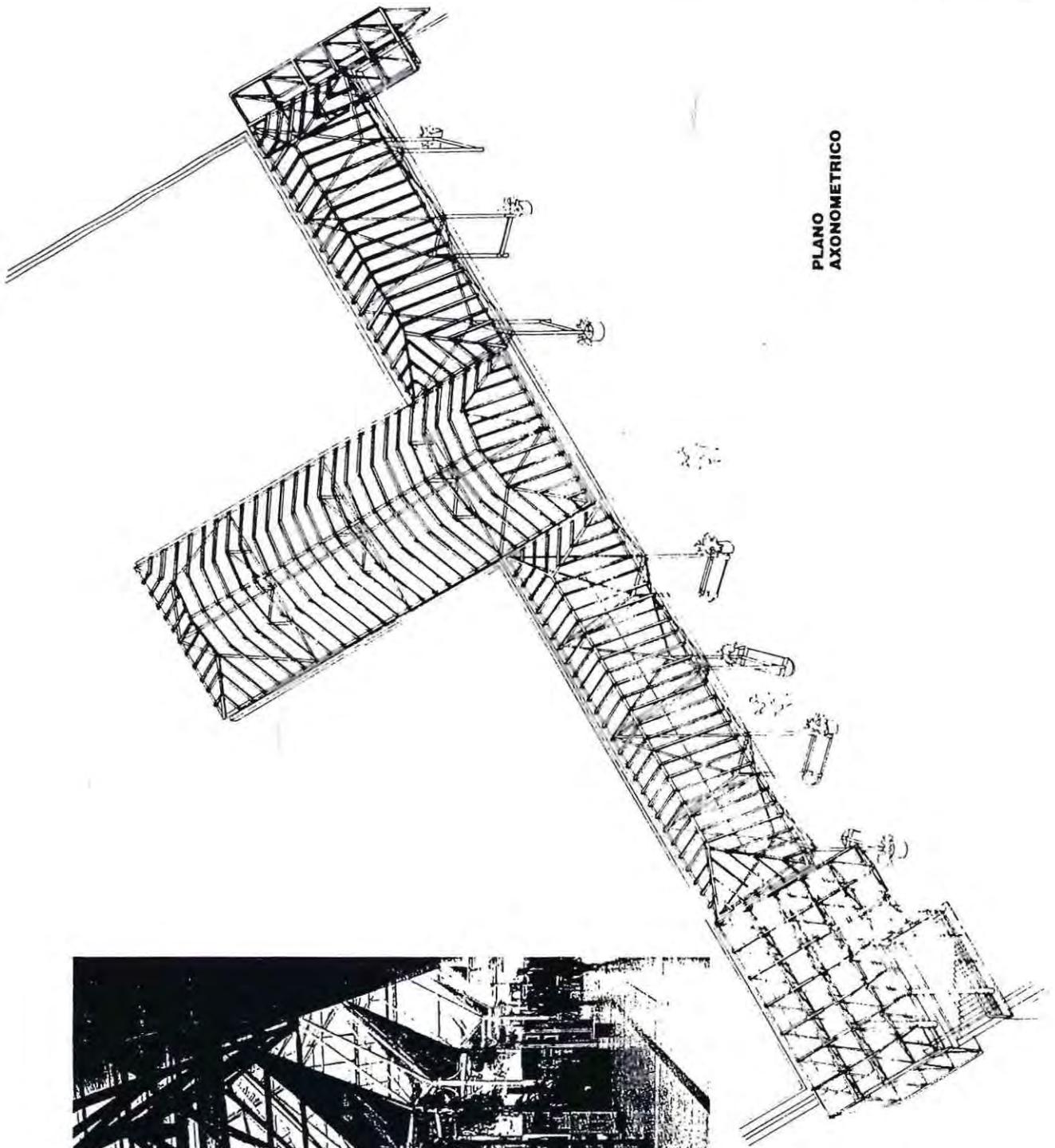
Es indudable que proyectos análogos transformarían lugares inhóspitos de nuestros centros urbanos en espacios acogedores como el descrito.

Un aspecto relevante de esta placa estereométrica radica en el diseño de sus uniones. En lo fundamental, consulta planchas direccionales que reciben los extremos aplanchados de los tubos (diagonales y cordones), las cuales están soldadas a una placa base

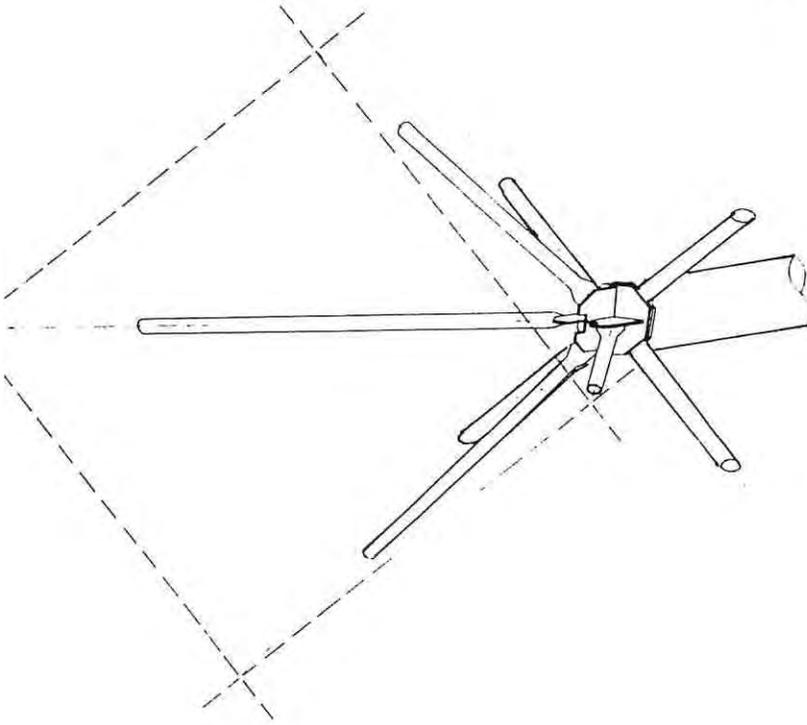
PLANO DE CORTE LONGITUDINAL



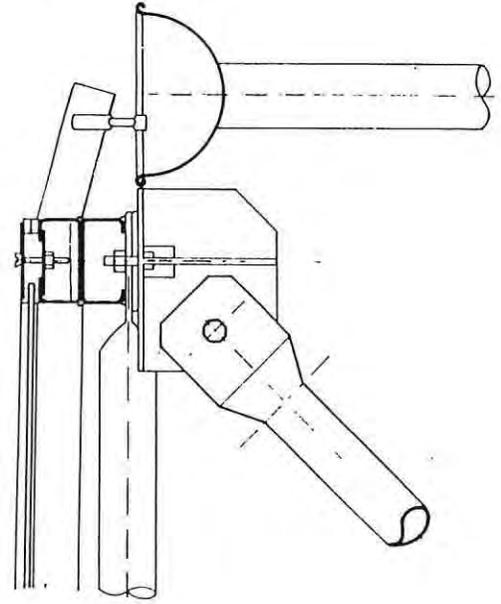
PLANO
AXONOMETRICO



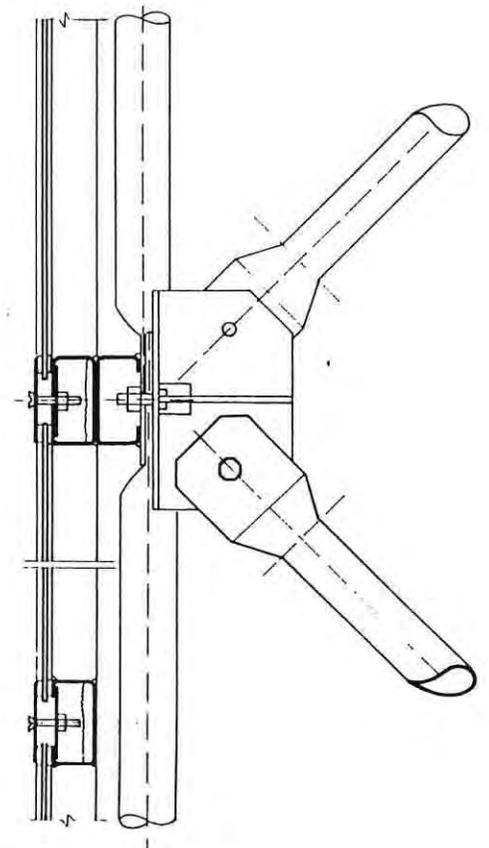
**PLANO
AXONOMETRICO
PLACA**



**DETALLE
Placa (Perfil)**



**DETALLE
Placa (Frontal)**





BASE DE MANTENIMIENTO LAN-CHILE

DESCRIPCION DE LA OBRA

Este conjunto de construcciones se encuentra en las proximidades del aeropuerto internacional de Santiago. En él se ejecutan las tareas de la flota aérea de LAN y se brinda además servicios similares a otras aerolíneas.

Consta fundamentalmente de 2 grandes edificios de acero: el primero es de talleres, almacenes y oficinas (TAO), de dos pisos de altura. El segundo y más destacado es el gran Hangar de planta cuadrada, capaz de recibir un Jumbo B-747 simultáneamente con dos aviones B-737; en su interior se encuentra también una construcción menor (mesanina) de bodegas, oficinas y talleres especializados.

Estos dos edificios están separados por una calle techada de servicio de 7,50 m de ancho, cuya función principal es otorgar seguridad contra incendios, aislando ambos edificios.

Se optó en este caso por una estructura de acero, por la necesidad de grandes espacios y plantas de extrema flexibilidad que estas actividades requieren. También por la existencia de un difícil terreno de fundación y los problemas de asentamientos diferenciales que esto podría generar, incompatibles con otro tipo de estructuras.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Aeropuerto Comodoro Arturo Merino Benítez, Santiago.

Superficie: 14.300 m² en total, que incluyen 5.300 m² de Hangar principal.

Destino: Base de mantenimiento flota aérea.

Año de Construcción: 1988-1991.

Arquitectos: Cayo César Riquelme V., Rodrigo Riquelme A., Rafael Videira B., Arquitectos Asociados.

Ingenieros Estructurales: Fluor Daniel Chile S.A., Pablo Weithofer, Reinaldo González (Chile), Ronald Taylor (Inglaterra).

Ingeniero director del proyecto: Carlos Jouanne B.

Empresas Constructoras: Tecsa; Socometal; Constructora B.D.S.; Vacor Industrial S.A.; Emanor; Ingevec.

El lenguaje de estos edificios muy distintos en tamaño y programa está deliberadamente orientado por la idea de no ocultar la estructura. Columnas y vigas a la vista, riostras y cartelas se muestran aprovechando su fuerza expresiva. Tanto el edificio TAO como la mesanina interior del Hangar están contruidos en base a columnas y vigas de acero en módulos de 7,50 x 7,50 m, que sustentan losas colaborantes de hormigón.

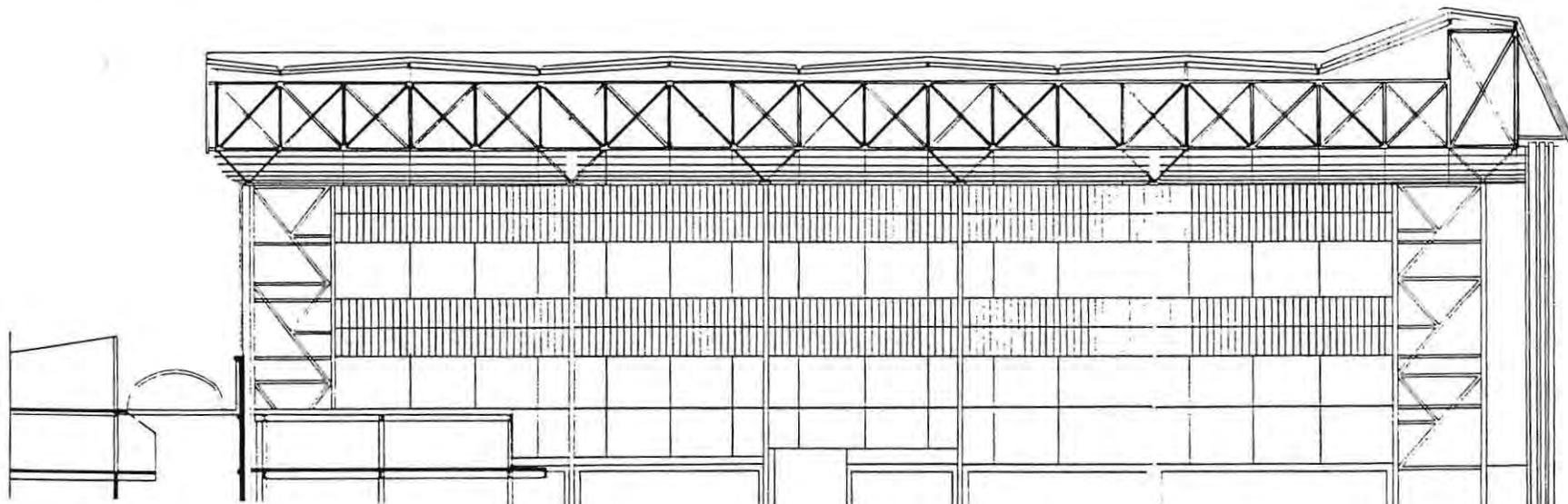
La estructura más importante es la del Hangar. Su techumbre es una placa estereométrica con vigas perimetrales, que mide 75 x 75 m y se apoya en sólo 4 columnas esquineras en "L". Estas reciben el peso y los esfuerzos horizontales transmitidos por la placa; la placa deja una altura libre de 21,5 m. La placa estereométrica está formada por 81 pirámides montadas en posición invertida, de base cuadrada, de 7,50 x 7,50 m en sus diagonales y 3,87 m de alto. Estas fueron fabricadas in situ en dos plantillas que aseguraron estrictas tolerancias dimensionales. Las pirámides están unidas entre si por sus vértices, con nudos de gran sencillez; los cordones inferiores unen las bases invertidas. Razones de programación impidieron armar

la placa en el suelo para luego izarla a partir de los cuatro pilares esquineros, por lo tanto los módulos fueron unidos en el aire.

Cada uno está apoyado en un puntal, hasta obtener la precisión de montaje exigida.

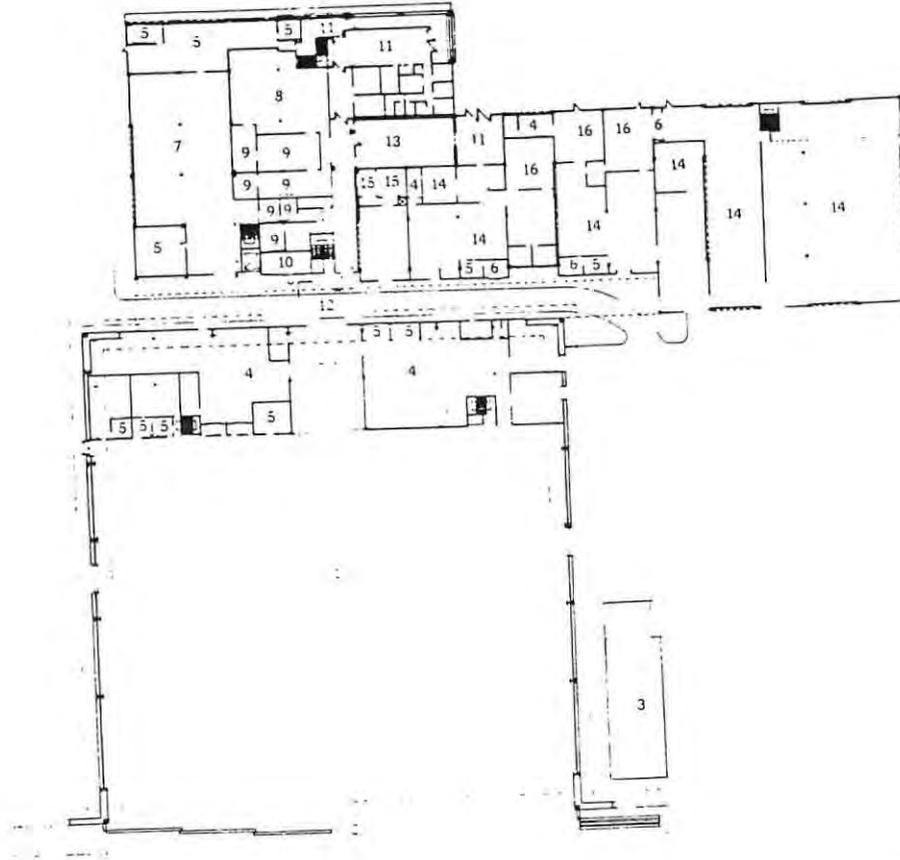
Se utilizó perfiles huecos de diferentes resistencias, en secciones que van desde 100 x 100 x 5 mm (placa) hasta 400 x 400 x 12,5 mm (columnas esquineras). La placa alcanza un promedio de sólo 20 kg./m² y tiene una capacidad de carga de 10 t. en cualquiera de sus puntos, para recibir un futuro puente grúa.

La viga frontal del Hangar alcanza 96 m de largo y soporta el riel superior y los esfuerzos horizontales del inmenso portón de acceso, que permite abrir todo el frente del Hangar. Las puertas están recubiertas por planchas de policarbonato translúcidas, así como los demás ventanales del hangar. El recubrimiento exterior de los edificios está hecho en ZINC-ALUM prepintado. El techo del Hangar cuenta con una aislación térmica de lana mineral y láminas de aluminio, que evitan la condensación de humedad en el acero y su goteo.



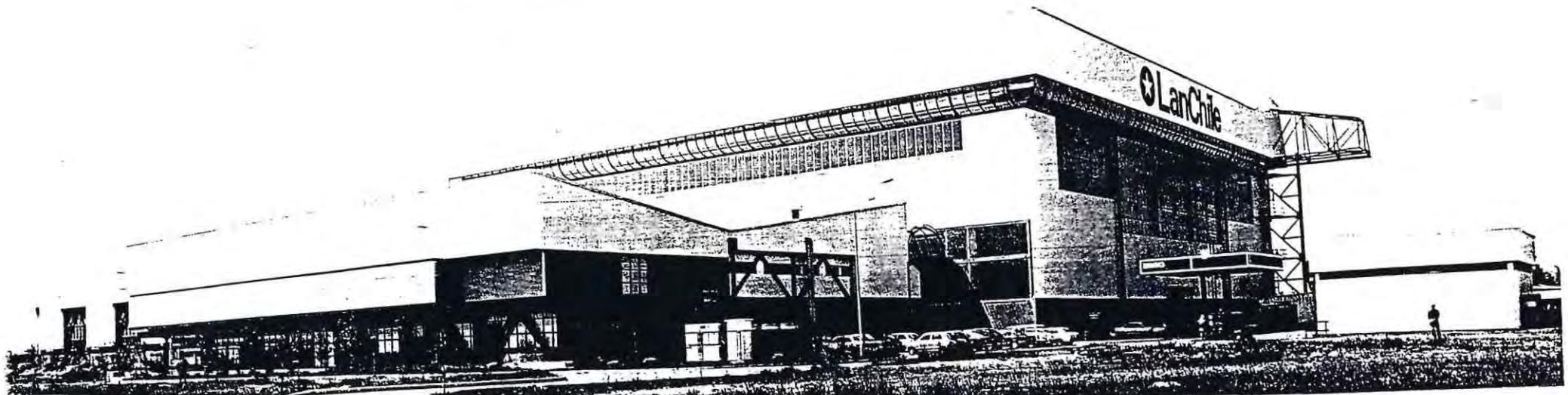
PLANTA GENERAL

1. Hangar
2. Portón acceso
3. Electricidad, compresoras, calderas
4. Almacenes y bodegas
5. Oficina
6. Pañol
7. Almacén general
8. Lockers generales
9. Baños
10. Cafetería
11. Hall acceso
12. Calle cubierta
13. Casino
14. Talleres
15. Rayos X
16. Pruebas

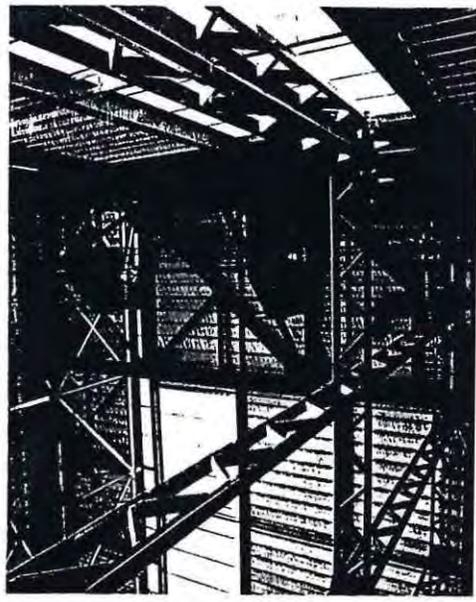
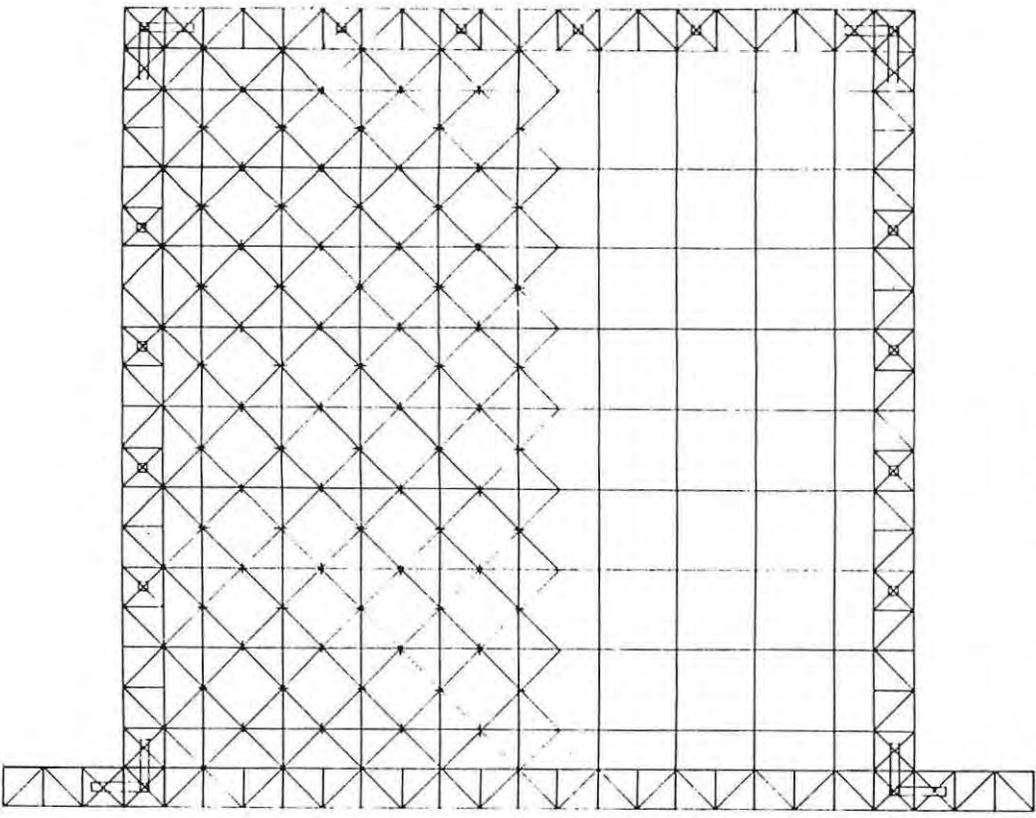


El concepto de esqueleto flexible hizo necesario considerar en el diseño la independencia entre estructuras soportantes y de cerramiento o cortafuegos, detallando cuidadosamente las uniones.

El edificio es un interesante ejemplo de diseño de acero, que conjuga elementos de diferente escala y complejidad técnica; la estructura metálica del Hangar impresiona por su perfección geométrica y sencillez, y el diseño en general aprovecha eficazmente las posibilidades expresivas del material.



PLANO PLANTA PLACA ESTEREOMETRICA





CERVECERA SANTIAGO

DESCRIPCION DE LA OBRA

Cervecería Santiago se compone de un conjunto de edificios que incluyen las áreas, bloque frío, cocimiento y embotellación. La planta de embotellación está formada por una placa estereométrica de acero de 112 por 112 m con 57 módulos estructurales de 16 por 16 m cada uno, apoyados sobre pilares metálicos, con una altura libre de 6,50 m.

La placa se construyó con perfiles plegados, unidos con pernos de alta resistencia. Los nudos son de gran simplicidad, lo que permite lograr una estructura versátil y económica. La placa es plana en su parte inferior e inclinada en la superior para recibir las planchas metálicas onduladas de cubierta.

La elección del acero se debió a la necesidad de contar con grandes luces estructurales de acuerdo al programa de la obra, junto a la ventaja que significaba la rapidez en la ejecución, plenamente comprobada en la práctica.

Asimismo, de acuerdo a lo que demostraba la experiencia en este tipo de edificios, era necesario contar con un material que permitiera ejecutar con facilidad ampliaciones y modificaciones en cierros y cubierta.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Carretera Panamericana Norte N° 8000, Quilicura, Stgo.

Superficie: 23.892 m

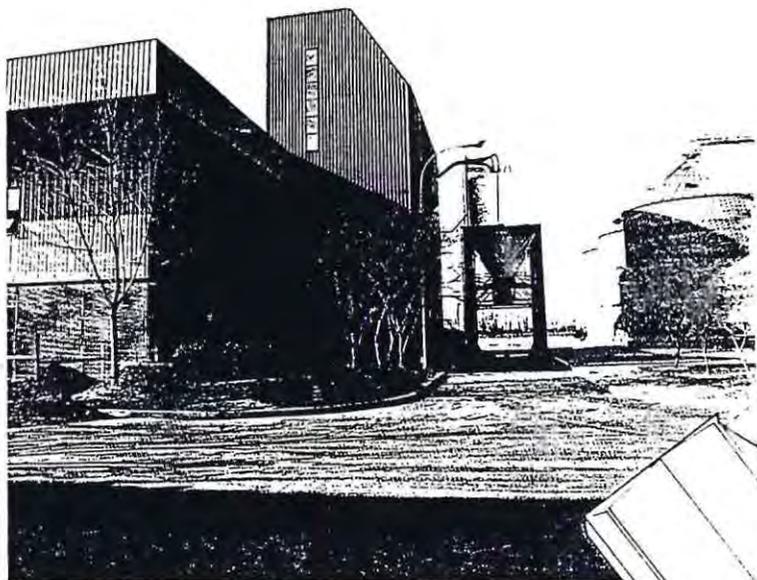
Destino: Industrial

Año de Construcción: 1980-1981

Arquitectos: Fernando Arnelo, Antonio Labadía, Federico Lorca, Marta y Veros

Ingeniero Estructural: Santiago Arias

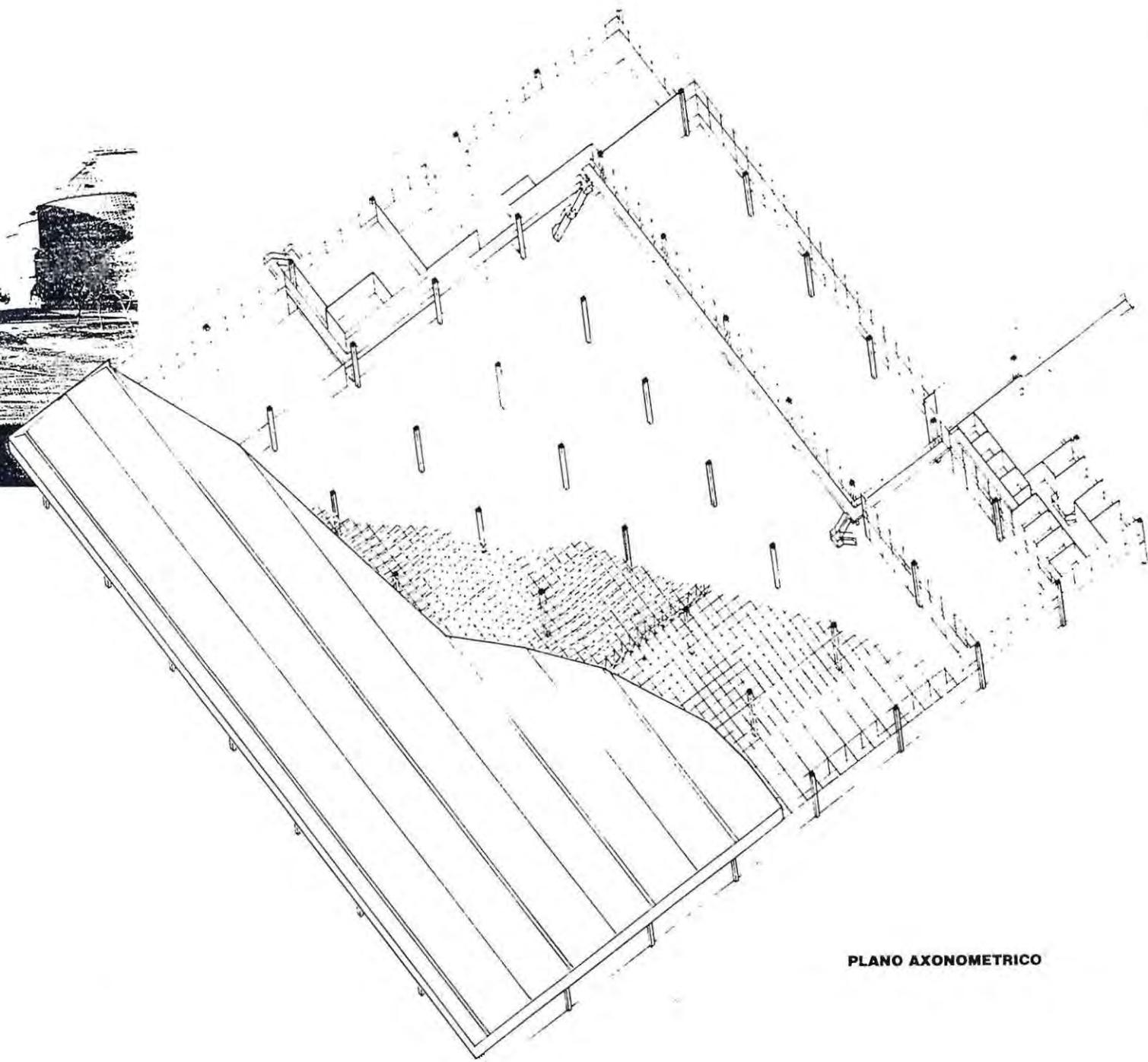
Empresa Constructora: Brilo, Tecsa, Ignacio Hurtado



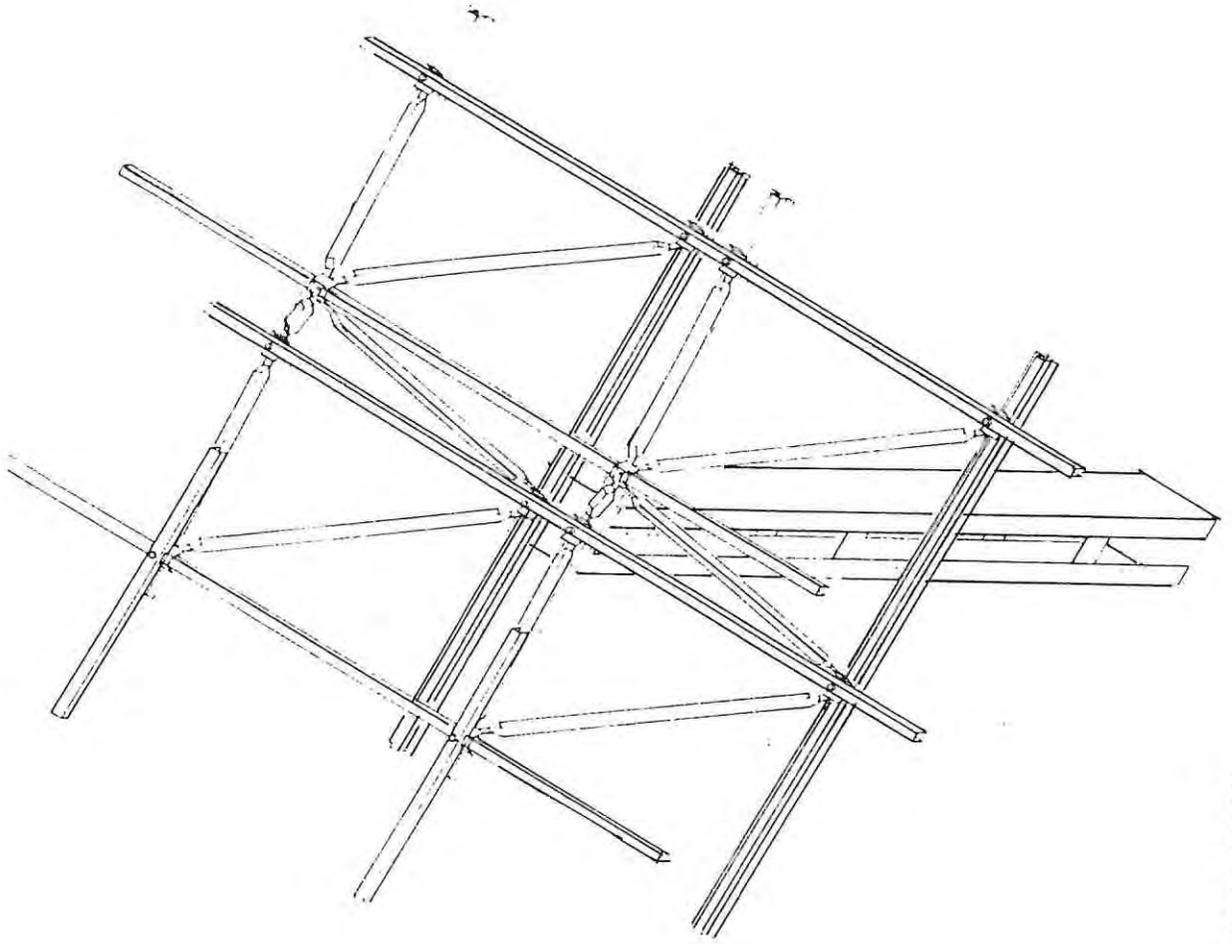
Dado que la placa está formada por elementos relativamente pequeños, su transporte se facilitó en extremo, condición que permitió el tratamiento de cincado en caliente para todos los elementos de acuerdo a lo especificado por el cliente.

Las uniones se materializaron desarrollando piezas tipo Omega, montadas sobre los cordones principales, de forma que los perfiles diagonales y montantes son recibidos por estas piezas de unión.

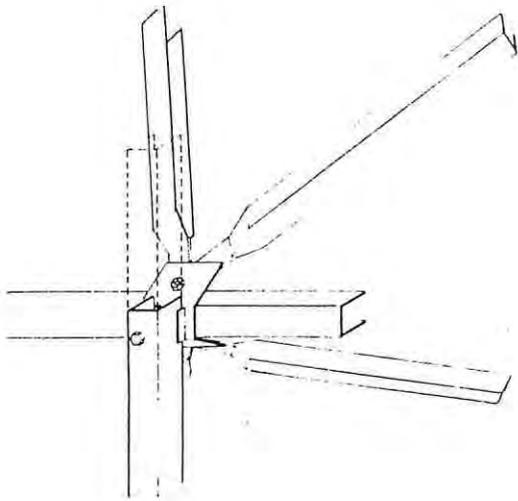
La Cervecera Santiago constituye un excelente ejemplo del adecuado uso del acero, integrando la racionalidad estructural con el manejo hábil de las formas arquitectónicas.



PLANO AXONOMETRICO



DETALLE PLACA



DETALLE UNION





TERMINAL DE BUSES PUERTO MONTT

DESCRIPCION DE LA OBRA

El edificio de este terminal destinado a albergar el tránsito de buses y pasajeros es un volumen único de 71 m de largo por 43 m de ancho, conformada por una estructura del tipo placa estereométrica que se apoya en una doble corrida de pilares a 10 m de distancia lateral salvándose una luz de 27 m con voladros laterales de 5,25 m y 10,75 m.

La placa estereométrica está conformada por perfiles de acero estructural plegados en frío del tipo canales y ángulos. En el concepto estructural se proyectaron vigas maestras de 43 m de longitud, las cuales determinaron una cubierta a dos aguas. Estas vigas son soportadas por vigas de 10 m de longitud que se apoyan en los pilares, ambos de hormigón armado. La trama para fijar la placa estereométrica se obtuvo con diagonales inclinadas que unen las vigas maestras de 43 m. Los nudos se materializaron con pernos y planchas ubicadas en el centro de los elementos diagonales y horizontales.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Puerto Montt

Destino: Rodoviario

Superficie: 3.000 m²

Año de Construcción: 1979

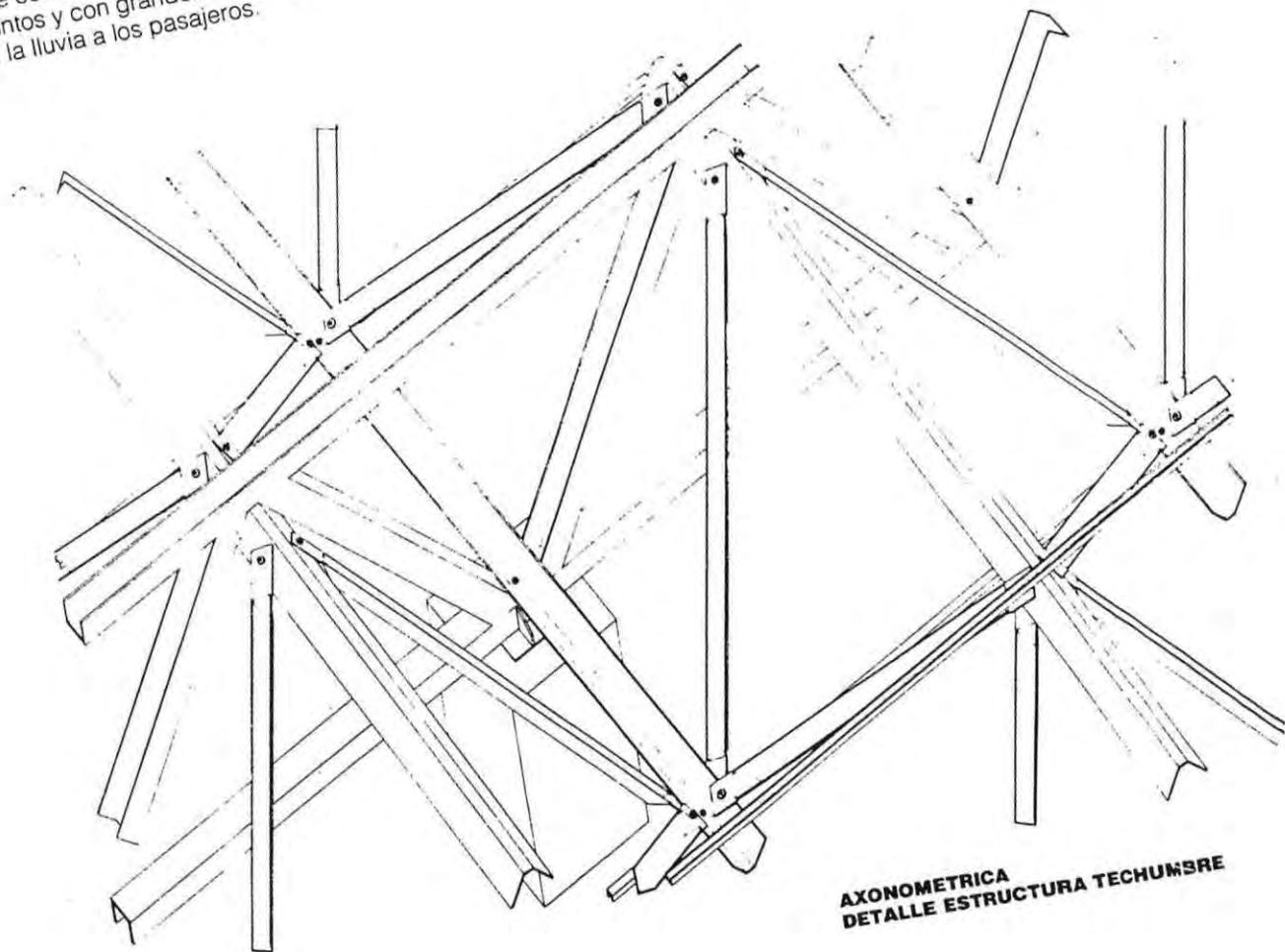
Arquitecto: Jorge Whittle

Ingeniero Estructural: René Jarpa



Las características de la zona, con fuertes precipitaciones, hacen particularmente atractivo el uso de acero por la rapidez en el montaje de las construcciones, así como por necesidad de contar con una planta apoyada en pocos puntos y con grandes volados para proteger de la lluvia a los pasajeros.

Las estructuras estereométricas o análogas han tenido un interesante campo de experimentación en Chile. Las uniones diseñadas con piezas de gran sofisticación en los países desarrollados han sido resueltas con gran economía e ingenio, proporcionando encuentros múltiples sin recurrir a un elemento especial.



**AXONOMETRICA
DETALLE ESTRUCTURA TECHUMSRE**

TERMINAL DE BUSES ARICA



DESCRIPCION DE LA OBRA

Las distintas partes del programa del terminal se albergan bajo un volumen piramidal único compuesto por una placa estereométrica, cuyos apoyos están a una distancia de 45 m.

La construcción está constituida por marcos biarticulados, ubicados en ejes ortogonales conformando un tronco de pirámide trunca. Cada cara inclinada se compone de elementos reticulados del tipo placa estereométrica.

Los apoyos de las cerchas de 45 m de luz se materializan en machones de hormigón, conformando rotulas perfectas, sin capacidad de absorber solicitaciones de flexión.

La estructuración de las placas se compone de cordones superior e inferior, de sección tubular redonda y diagonales de secciones cajón de 40 mm y 50 mm. Los nudos no presentan excentricidades en sus líneas de trabajo, por lo que el trabajo de ejecución de éstos exigió gran cantidad de destajes y soldaduras. En esta obra se ha desarrollado una cubierta de hermosas líneas con el apoyo de nudos patentados.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Avda. Diego Portales, Arica

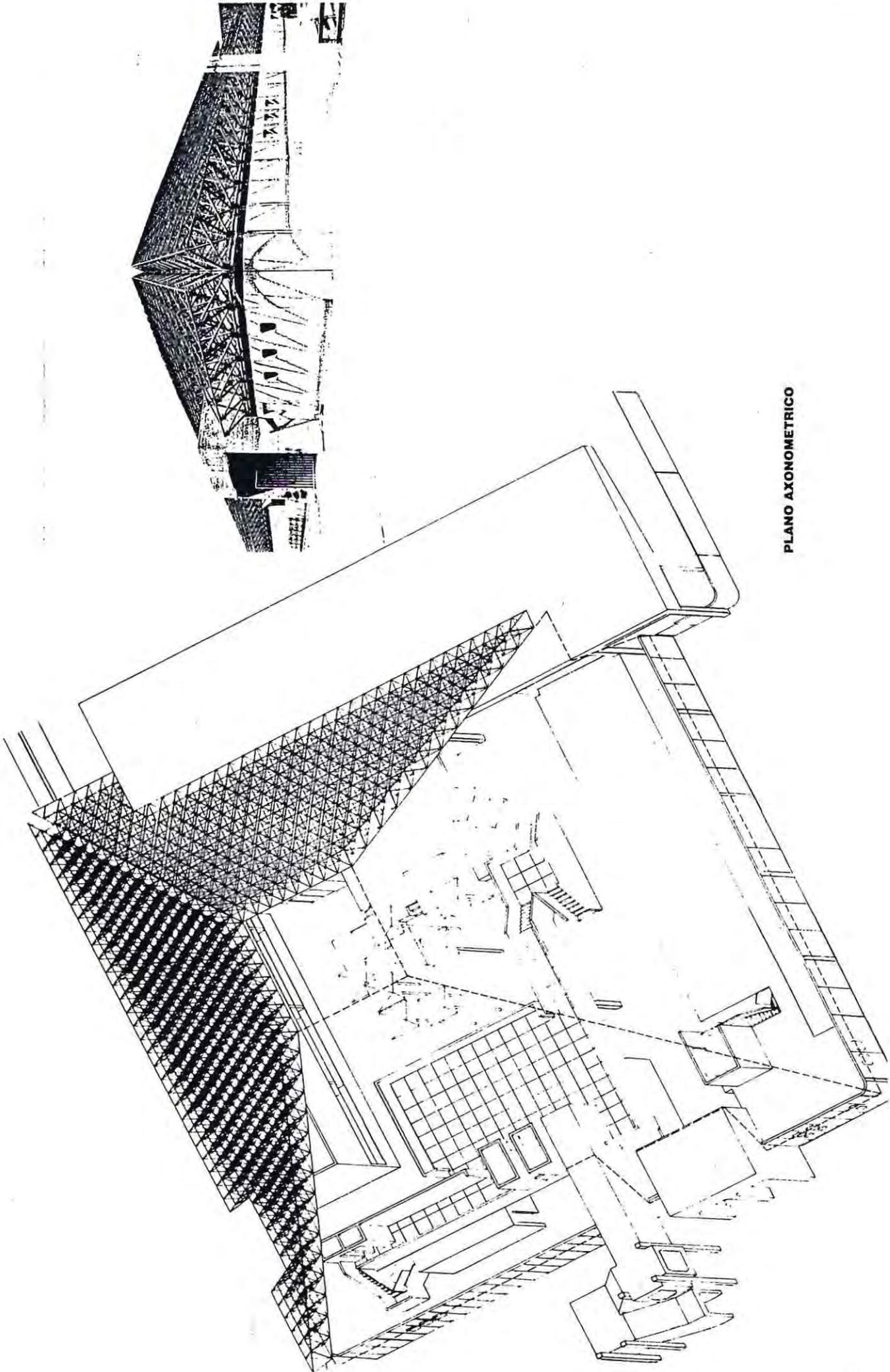
Superficie: 3.000 m²

Destino: Rodoviario

Año de Construcción: 1976

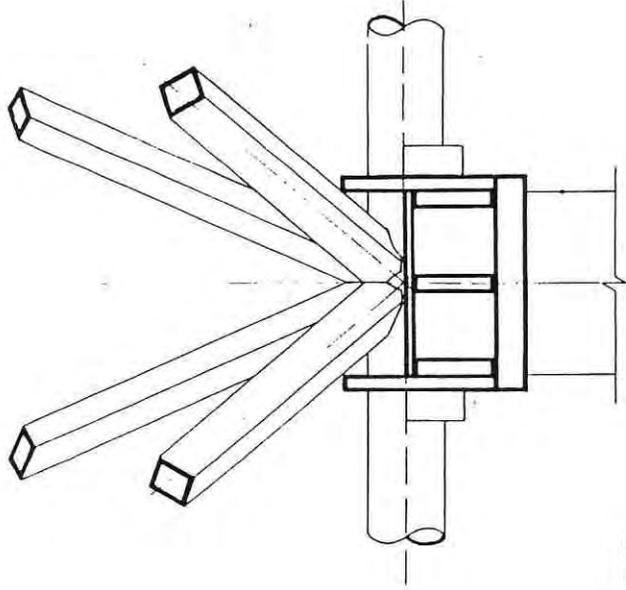
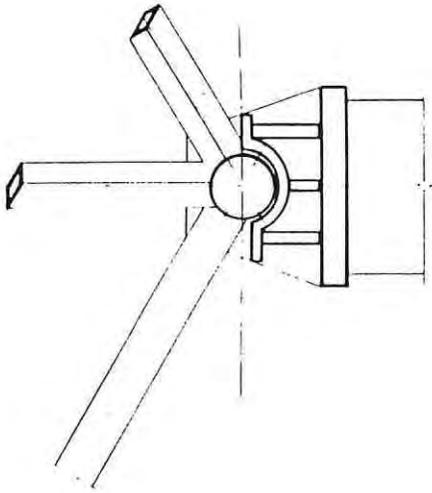
Arquitectos: Pablo de Carolis, Raúl Pellegrin

Ingeniero Estructural: Julio Chesta

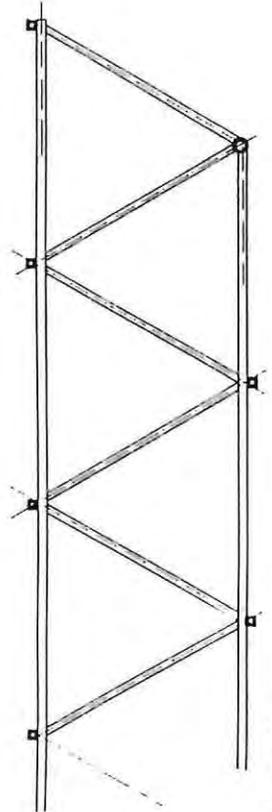
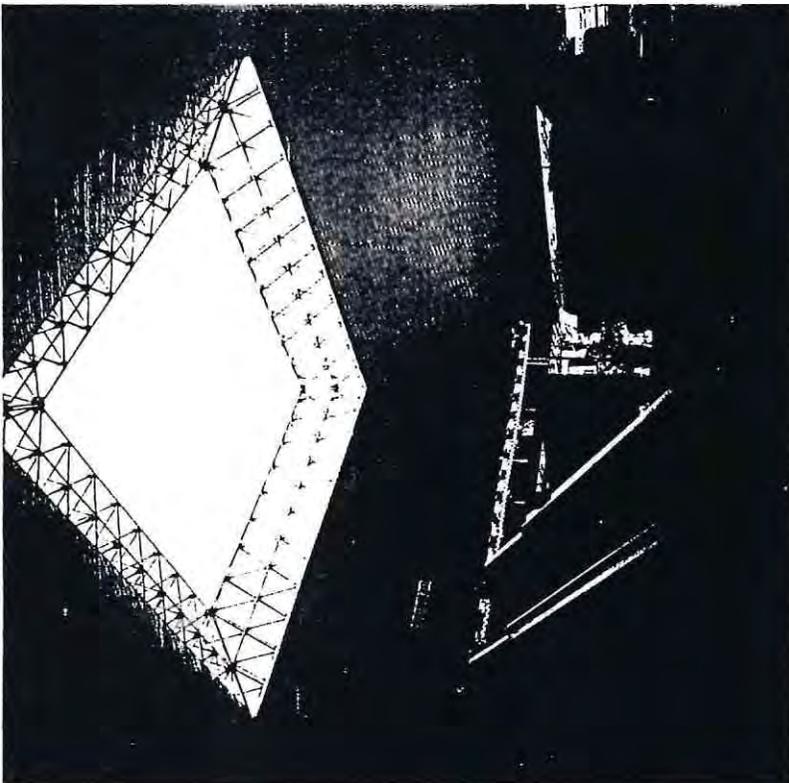
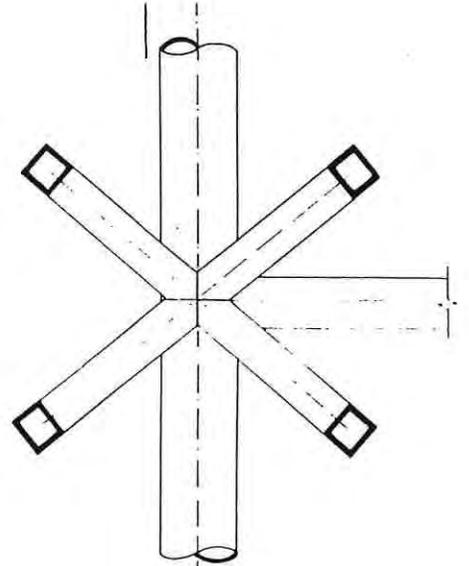


PLANO AXONOMETRICO

DETALLE APOYO
A PILAR TÍPICO



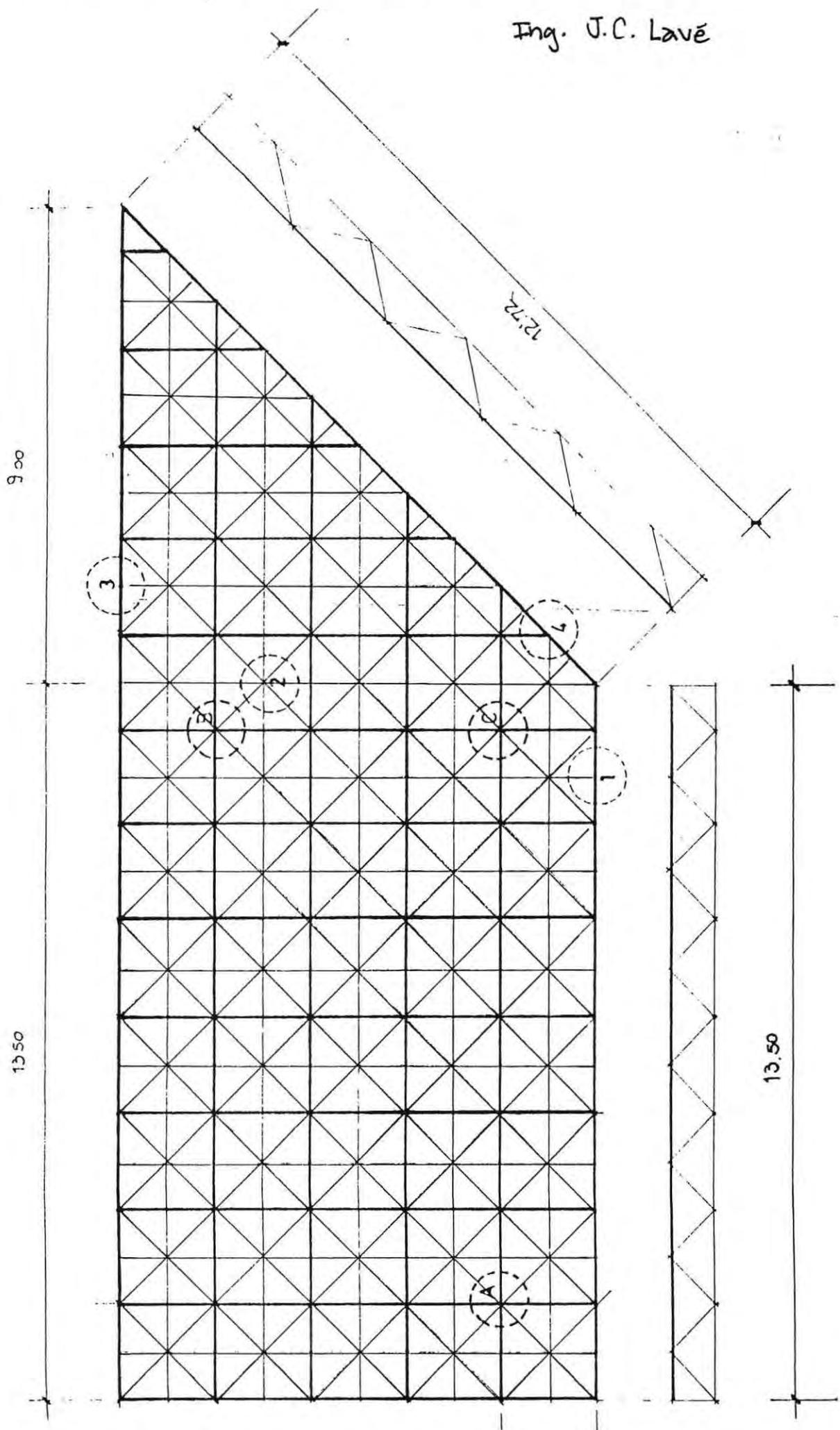
PLANOS DE CORTE



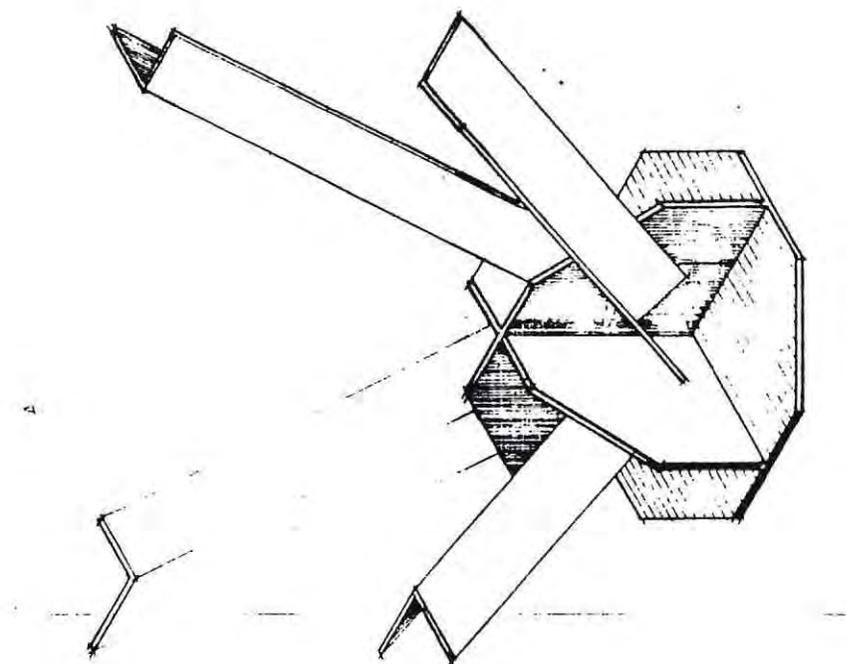
DETALLE

PLANTA SERVICENTRO SHELL

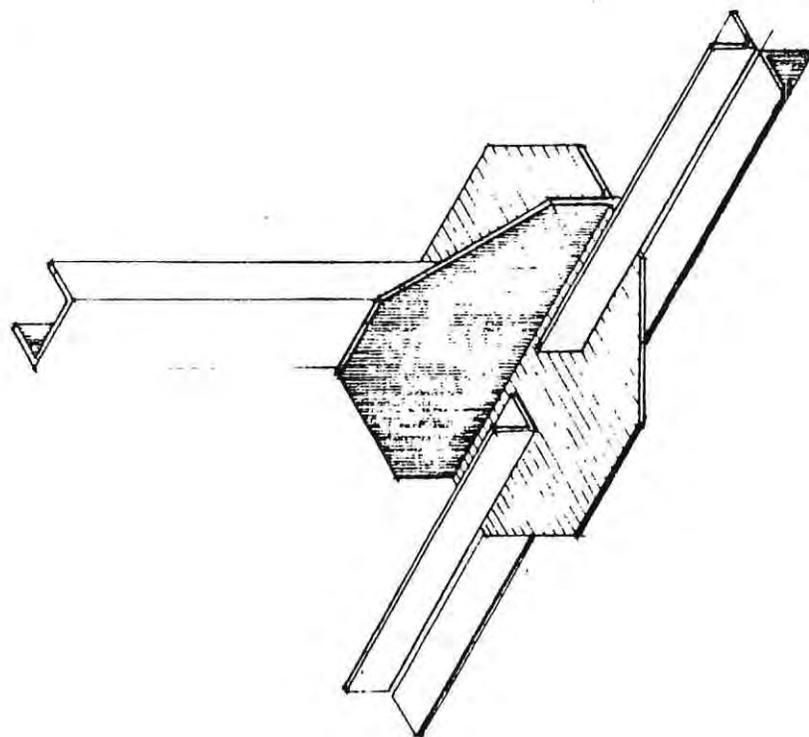
Ing. J.C. Lavé



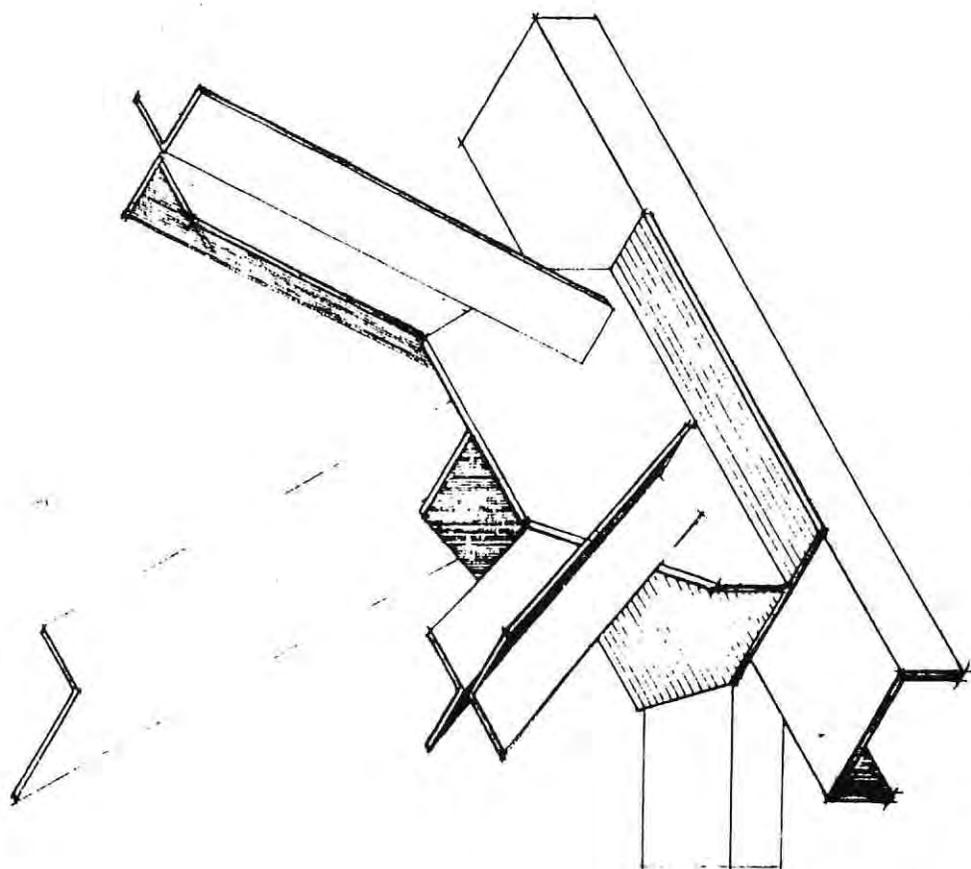
NUDO 2



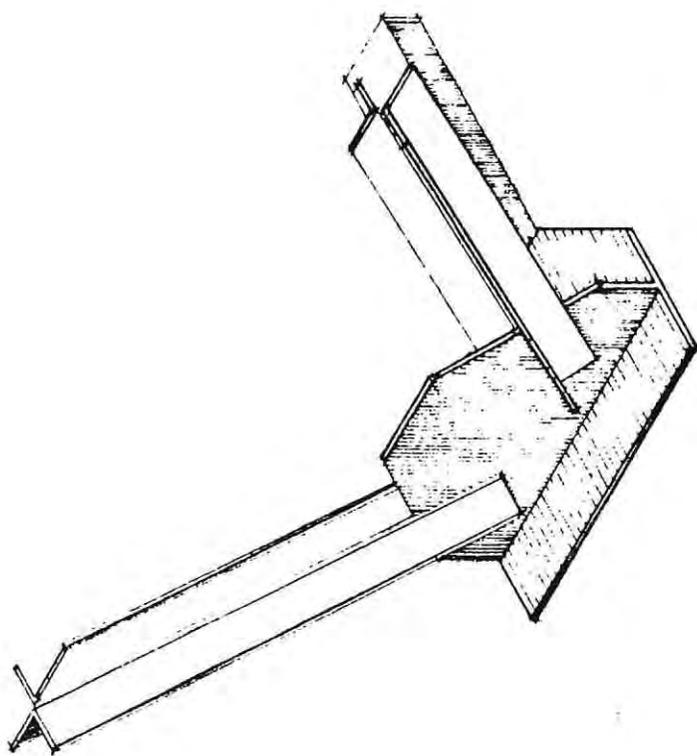
NUDO 1



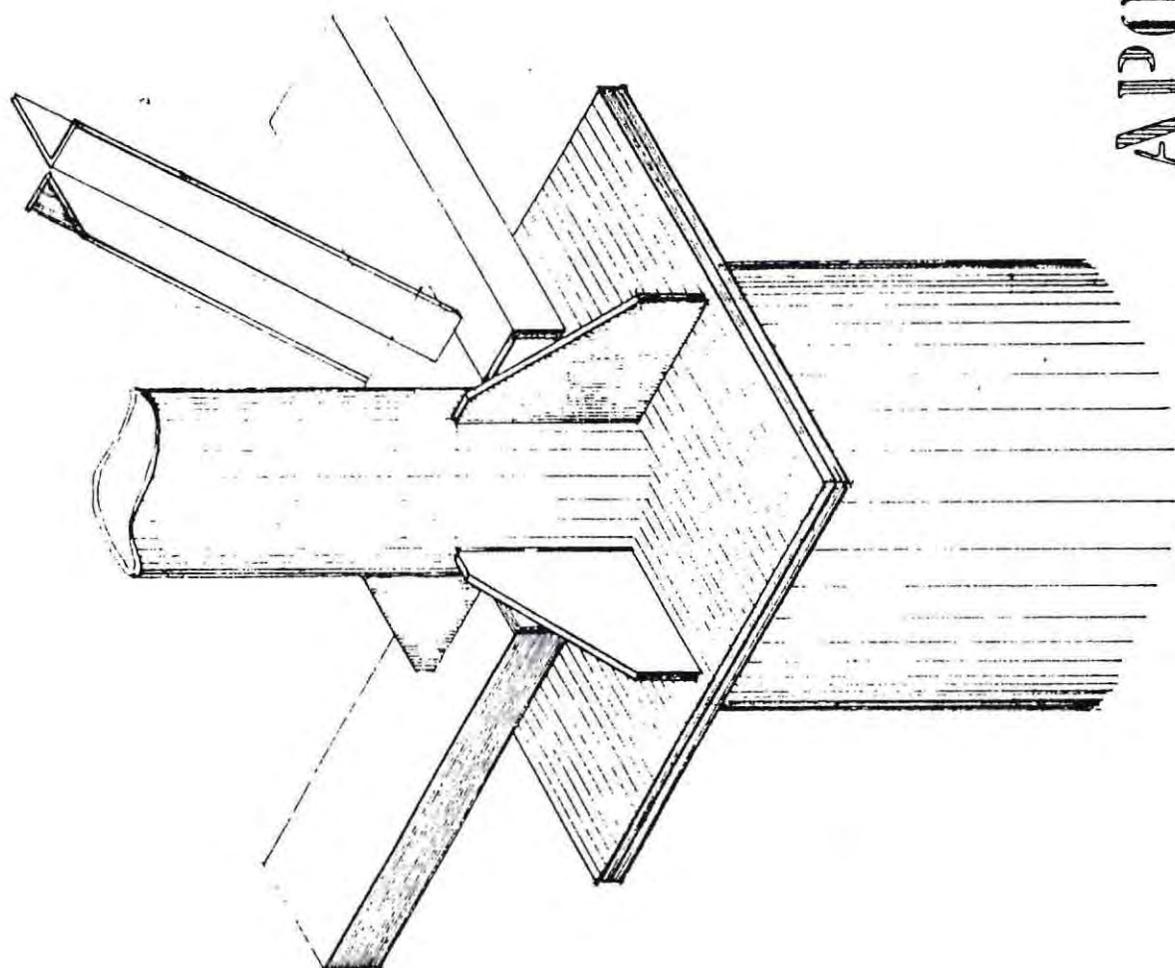
NUDO 4

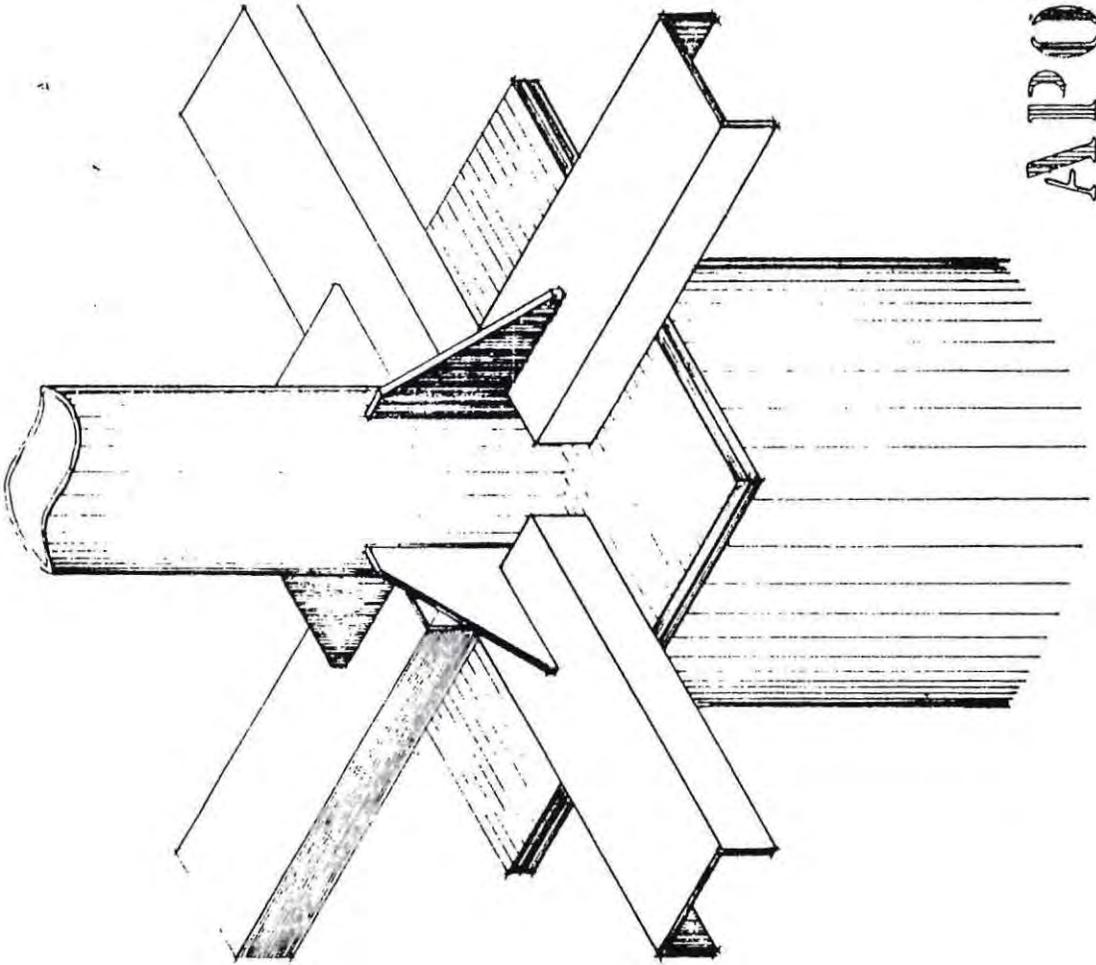


NUDO 3

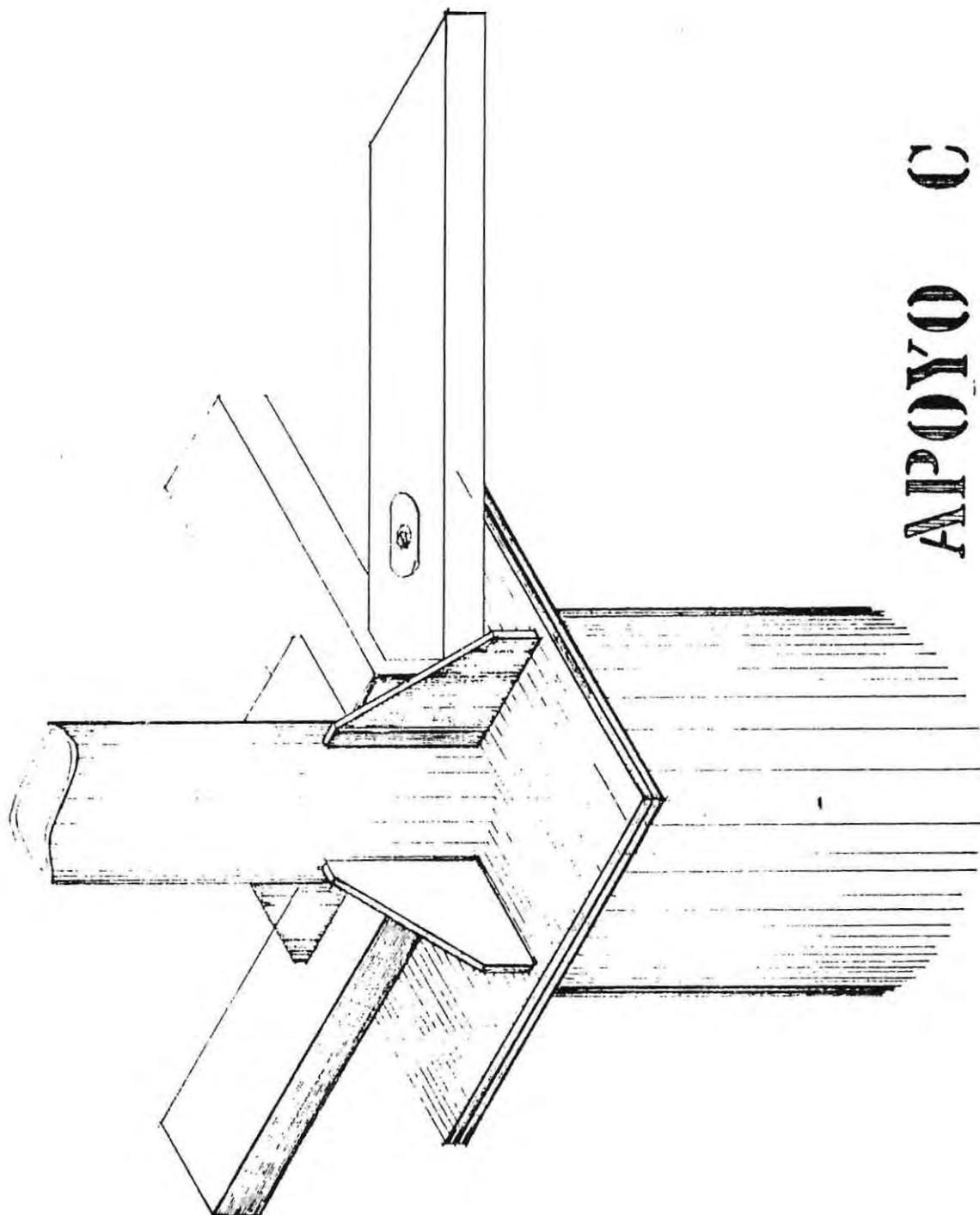


ΑΠΟΨΟ Α





APROYO B



APOYO C

CAPITULO III

" INDUSTRIALIZACION EN LA CONSTRUCCION DE
LAS ESTRUCTURAS ESTEREOMETRICAS. "

1. FACTIBILIDAD E INDUSTRIALIZACION.

El grado de factibilidad en la construcción que tienen las estructuras estereométricas es de un 100% , incluso en nuestro país , por ser un tipo de estructura en configuración modular , que está en un rápido y constante desarrollo de producción en expansión ; alcanzando considerables ventajas frente a las estructuras clásicas tales como un menor tiempo de construcción , menor costo , reducido peso y volumen , belleza volumétrica , aprovechamiento de su espacio intermedio , etc.

Todas estas ventajas se logran principalmente por el elevado nivel tecnológico que ha llegado a desarrollar este tipo de estructuras , de las que destacan principalmente en la construcción de las obras ; la normalización de sus componentes , la selección de un módulo piloto , tipificar los sistemas de nudos y apoyos , sus sistemas de montaje , todo esto unido a la capacidad efectiva de rendimiento que pueden alcanzar las maestranzas , hacen de la estereométrica una estructura actual.

Todo esto se puede entender como una estructura de carácter provisional , que exige menos material que los sistemas lineales habituales , y por lo tanto , más económicas , susceptibles de ser desmontadas , ampliadas o modificadas dado el sistema de modulación bajo el cual están dimensionadas.

Estas características hacen de la placa estereométrica una estructura de mayores posibilidades , en la que no se busca producir una edificación estándar , sino la estandarización de un sistema de construcción a base de elementos ligeros , manejables e intercambiables.

*El sistema resulta pues modular y su ligereza permite ampliaciones y modificaciones posteriores y facilita el desmontaje...
... La prefabricación permite un ensamblaje rápido o un montaje independiente de las condiciones atmosféricas. Las tolerancias de la*

fabricación ,muy pequeñas y precisas , permiten el montaje fácil sin necesidad de ajustes. Por eso todos los elementos constructivos se montan con la ayuda de plantillas..."

La Industrialización surge como una consecuencia inmediata de la racionalización del trabajo y de la mecanización de las operaciones.

El grado de industrialización de una placa estereométrica se da en un 100% , por cuanto sus componentes , sean estos nudos , barras , apoyos , etc. , son elementos repetitivos en gran cantidad lo que hace conveniente su construcción en maestranzas por SERIE.

Algunos ejemplos son el sistema INISTRUT, que tiene "todas" las barras de la misma longitud y sus nudos de union son simples chapas plisadas, iguales entre si. Otro es el sistema SPACE DECK que permite la prefabricación de los tetraedros y su armado en corto tiempo con una simple llave fija.

Toda esta normalización de los elementos se fundamenta en un diseño previo que ha buscado la optimización máxima en economía de tiempo , dinero y material , obteniendo un mínimo de elementos básicos (barra , nudo) , cuyo montaje puede hacerlo fácilmente personal no especializado , bajo la dirección de un técnico ; obedeciendo siempre a la idea de fácil armadura y desmontaje.

Entre estos factores , estas ventajas señaladas vienen reforzadas con el empleo del acero para la construcción de las estructuras , pues este metal posee gran resistencia a la rotura.

"...Gracias a la prefabricación y estandarización de los elementos constructivos , el costo de las obras ha disminuido , los trabajos en la obra se simplifican y se termina con mayor rapidez..."

"...Con seguridad , los modernos procesos de construcción , los nuevos materiales y los progresos de la investigación industrial

provocan también en la arquitectura importantes transformaciones..."

(Estructuras Espaciales de Acero. Makowsky.)

El lugar donde se producen los elementos en serie son las Maestranzas y es esta producción en serie la que permite llegar a un grado de industrialización.

MAESTRANZAS.

Será la maestranza , la encargada de programar y coordinar tecnológicamente la elaboración y desarrollo de las placas estereométricas , ya sea en su construcción en el taller , como el armado y montaje en obra.

Su trabajo en taller se refiere fundamentalmente a la prefabricación de elementos estructurales estandarizados lo que proporciona grandes economías de producción por la automatización de las fases de elaboración.

La "uniformidad", la "desarmabilidad" y precisión en la elaboración de estos permite la "intercambiabilidad" de los elementos estructurales y el aprovisionamiento a corto plazo de cualquier pieza necesaria. Dejando a disposición del constructor una vasta gama de piezas normales que pueden inclusive permitir la utilización racional de un elemento en combinaciones o funciones diversas obteniendo así un múltiple uso de estos y estructuras diferentes.

Su labor en obra trata principalmente del armado y montaje de la placa estereométrica.

El armado está directamente relacionado con el criterio de montaje adoptado por el o los profesionales que diseñan y calculan este sistema de techumbre y puede ser un armado total fuera de obra , parcializado o en el momento mismo de la colocación.

2. MONTAJE

El sistema de montaje de una estructura espacial constituye en sí una difícil tarea a resolver en la realización de una obra de arquitectura, lo que requiere de un conocimiento y asesoría técnica, como también de un despliegue tecnológico en cuanto al uso de maquinarias y equipos.

Es así como este trabajo lo realizan empresas especializadas en izamientos de grandes estructuras, en este caso maestranzas, respaldadas por todos los recursos tecnológicos a su disposición, respecto a maquinarias, y también por un equipo de profesionales consultores, quienes son los que adoptan los criterios a emplear en la tarea de montaje.

SISTEMA DE MONTAJES

1. Se puede desarrollar el montaje uniendo las piezas en la posición definitiva de la estructura, anclada en los muros o a partir de los apoyos, porque su capacidad de distribución de los esfuerzos permite soportar a los operarios que van instalando uno a uno los elementos estando suspendidos.
(fig. 2.1)



fig. 2.1

2. Una segunda modalidad de montaje , consiste en armar la estructura espacial en el suelo por secciones , de acuerdo a una división para posteriormente ir colocando por orden programado cada sección uniéndose entre si mediante acoples a base de pernos ya en altura.

3. También se da una tercera posibilidad , en que las luces a cubrir por la estructura sea lo suficientemente grande como para optar por armarla totalmente en el suelo y su colocación se efectúe mediante el uso de elevadores o gatos hidráulicos de gran capacidad de levante.

Durante el izaje , que es bastante lento es recomendable la colocación de cables o riostras de collarines contra el viento para así impedir todo movimiento que pueda entorpecer la faena de montaje.

En Chile se ocupan principalmente los dos últimos sistemas dependiendo de las dimensiones de las obras,y generalmente se contrata a empresas independientes (grúas) para el alzado de la estructura.

3. COSTO.

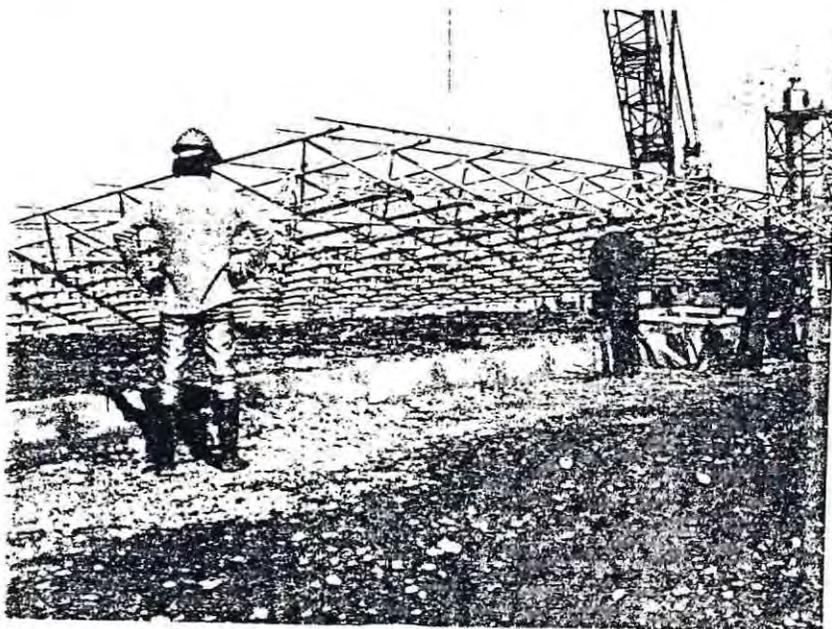
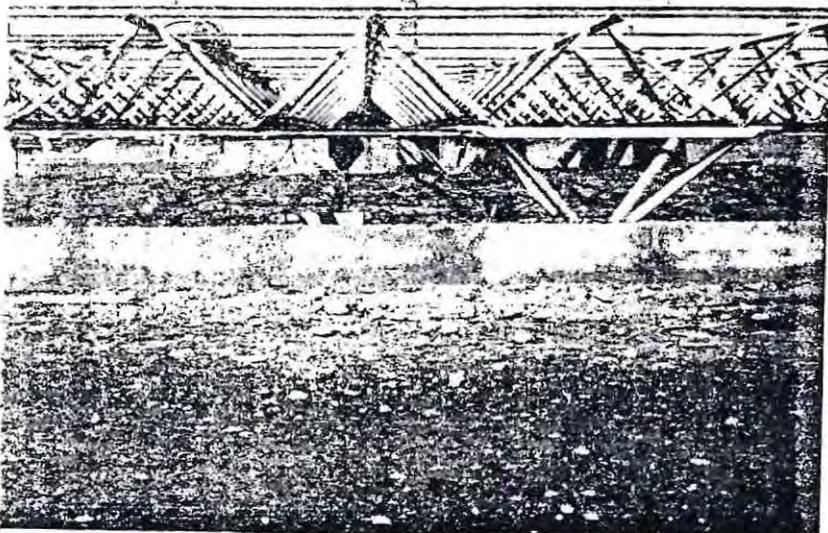
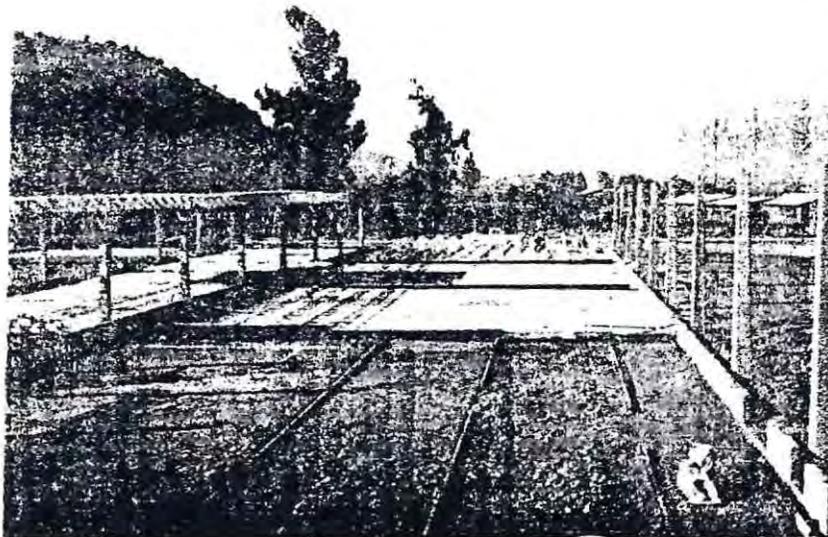
La prefabricación de elementos estructurales estandarizados , permite grandes economías de producción por la automatización de las etapas de elaboración.

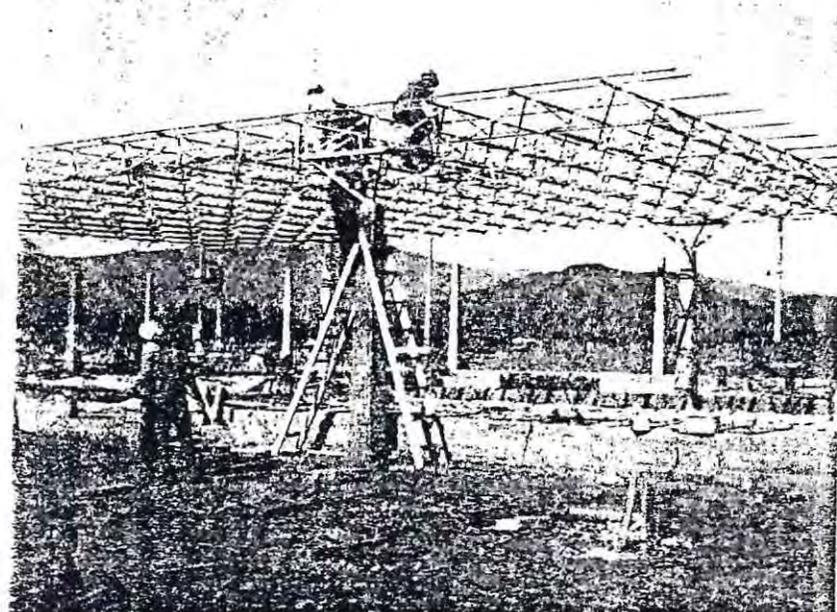
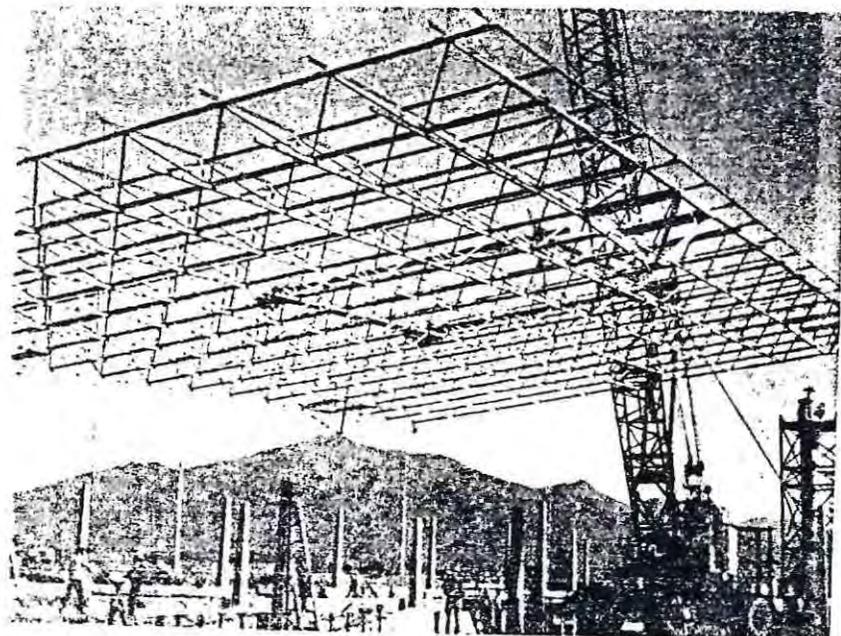
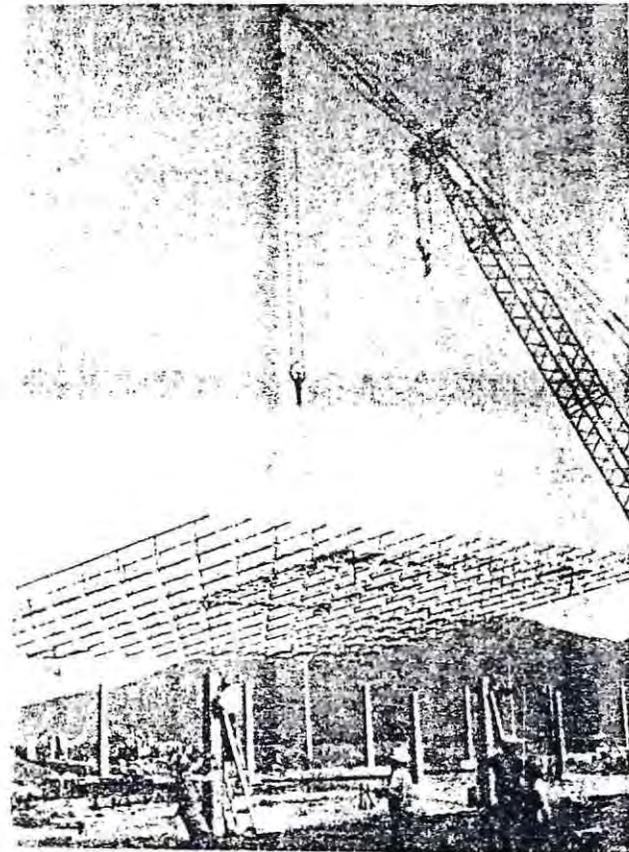
La disminución de costo incide en varios aspectos :

a. Resulta ser una estructura más liviana por lo tanto existe un menor gasto de material y menor peso que transmitir a los apoyos sustentantes.

b. Por que se ocupa menos material y elementos de peso reducido se logra una economía en el transporte.

MONTAJE C.C.U. RENCA





c. Economía en fábrica , que está determinada sobre todo por el hecho de usar elementos de construcción ya existentes en el mercado , permitiendo los stock de elementos de prefabricación.

d. Gracias a la característica de rapidez en la instalación se ahorra tiempo por lo tanto el gasto en la instalación (p.e. operarios,arriendo de maquinaria y otros.) también disminuye.

CALCULO PARA LA OBTENCION DE COSTO APROXIMADO DE UNA ESTRUCTURA ESTEREOMETRICA

Es necesario tener inicialmente el largo de la estructura , para así luego obtener un peso.

L = LARGO (m)

P = Peso (kg/m²)

P = 1.1 * L (Kg/m²)

Los valores que se toman para el costo fluctúan alrededor de los \$ 600 - 700 - 800 el Kg.

C = Costo estimativo

C = P * (600 o 700 o 800)

Ejemplo :

Si el largo de fe a utilizar son de 30 mt.

P = 1.1 * 30

P = 33 kg/m²

C = 33 kg/m² * 600 = 19800

C = \$ 19800 m²

CAPITULO IV

" CONSIDERACIONES DE LA UTILIZACION DE LA ESTRUCTURA ESTEREOMETRICA , SU EVALUACION. "

1. INTRODUCCION

Las cualidades propias de la estructura estereométrica en acero , le han permitido competir con gran éxito frente a las estructuras tradicionales y convertirse así , en poco tiempo , en un tipo de construcción muy empleada en grandes obras de arquitectura por salvar grandes luces por su armadura simple y novedosa.

En este capítulo evaluaré el comportamiento de la estereométrica en la construcción , donde la estructura metálica prefabricada ha demostrado toda su versatilidad en su empleo y sus ventajas económicas reales.

Definir individualmente las numerosas ventajas de la estructura estereométrica no es fácil , ya que unas son consecuencia directa de otras.

Por esta razón , prescindiendo de las características propias de cada sistema o modulación de una estereométrica , las ventajas y desventajas tecnológicas , económicas y arquitectónicas , se pueden resumir de la siguiente manera.

2. VENTAJAS

2.1 POSIBILIDADES ARQUITECTONICAS.

La estructura estereométrica , por su claridad estructural y ventajas estéticas , de acuerdo con las posibilidades tecnológicas , ofrece extraordinarias alternativas arquitectónicas , al salvar grandes luces sin apoyos intermedios , para techar espacios públicos.

Esto se obtiene por la gran libertad de las estereométricas para ubicar la estructura soportante , como así mismo por la iluminación y cielos traslucidos con la placa a la vista , el reticulado además mejora notablemente la acústica gracias a la compartimentación relativamente tupida de las redes de vigas.

2.2 ESTRUCTURA MODULAR

Por tratarse de una estructura formada por barras que determinan volúmenes , la estereométrica ofrece la posibilidad de unir los elementos volumétricos de distintas formas , cualidad conducente a la prefabricación de los módulos.

El sistema resulta entonces modular y su ligereza permite aplicaciones , modificaciones y facilidad de montaje.

2.3 RESISTENCIA

Es bien conocida la resistencia del acero a la ruptura , evidenciando así la enorme superioridad frente a los materiales tradicionales usados en la construcción , logrando valores de resistencia 10 veces mayores a los

obtenidos por los hormigones y madera de mejor calidad.

El redistribuir los distintos esfuerzos en forma axial en los componentes de la estereométrica , evita toda posibilidad de flexión en las barras. Esta disposición permite considerar a la placa como un material donde la homogeneidad es obtenida por la indeformabilidad de los distintos elementos.

Otra característica de resistencia , es su capacidad de adaptación plástica bajo cargas : convirtiéndose en material plástico , cuando pasa el límite de elasticidad.

4. REDUCIDO PESO PROPIO

Como una consecuencia natural de la elevada resistencia del acero concentrada en un pequeño volumen se obtiene el bajo peso propio de estas estructuras.

De esta ligereza de los elementos estructurales se derivan numerosas ventajas operativas , que afectan favorablemente la economía de la construcción metálica.

El reducido peso propio trae como resultado el fácil manejo de los elementos individuales en el taller , en el transporte y durante la amadura de la estructura.

5. FABRICACION Y MONTAJE

Por sus cualidades de maleabilidad* y ductilidad** el acero se destaca frente a cualquier otro material para la elaboración de tipo mecánico aprovechando de esta manera la economía inherente a la producción mecánica , y la exacta adaptación de las piezas en montaje resultantes de ella.

La facilidad de operación unida a la simplicidad de las uniones contribuye a un montaje estructural fácil y

(*) (* *) DEFINICION : PAGINA 60

expedito , durante la erección de la estructura , el terreno se ve libre de elaborados y costosos encofrados , plataformas ,alzaprimas y otros equipos normales en las construcciones con materiales tradicionales.

Las labores son sencillas y exactas , lográndose un ritmo mecánico y desenvuelto en las operaciones de armado de la estructura , donde se puede mantener la eficiencia natural de un taller.

Con toda esta economía y sencillez se logra un menor costo en función del tiempo.

2.6 TIEMPO DE CONSTRUCCION

La facilidad de operación unida a la simplicidad de las uniones extremas de los elementos contribuye a un armado , un izaje y un montaje estructural fácil y expedito , logrando así una reducción apreciable del tiempo empleado en la operación total de terminación de la estructura , en relación al requerido por otro tipo de construcción tradicional , esto es , una reducción considerable del tiempo.

2.7 CARACTER TEMPORAL

La posibilidad de ser menos perenne la obra de arquitectura que se consigue con las estereométricas , dada su configuración modular , facilidad y rapidez de operación en armado y montaje , acentúan la condición de ser estructuras desarmables.

Esta gran versatilidad de uso , permite usarla en diferentes partes todas las veces que se necesite , susceptible de ampliar o modificar en forma gradual con un aprovechamiento del 100%.

En caso que se requiera guardar o almacenar , apilando la estructura para uso posterior , el espacio que ocupa es mínimo.

2.8 TRANSPORTE

Las dimensiones usuales de los elementos componentes de la estereométrica hacen que su transporte , por camión o ferrocarril sea una tarea fácil , y su reducido peso permite que los elementos sean transportados en grupo o apilados , sin peligro de sufrir deformaciones o dificultar la tarea de transporte.

La ligereza de la construcción y dado lo recio del acero, permite , en muchos casos lograr estructuras fácil de transportar armada , sin necesidad de desmontar los elementos.

2.9 COSTOS

En la economía de este tipo de estructuras inciden varios aspectos nombrados anteriormente y alguno de estos son , menor mano de obra , menor peso , montaje más sencillo , menor material , etc. , todo esto hace de la estereométrica considerablemente más económica.

La inversión de capital en una construcción es inferior si se planifica un crecimiento gradual de ella de acuerdo con el ritmo de producción.

Definición :

(*)Maleabilidad: Materiales metálicos que pueden extenderse en láminas.

(**)Ductilidad : Metales que pueden extenderse en hilo.

3. DESVENTAJAS

3.1 INTRODUCCION

Siendo el factor economía el que principalmente orienta a la construcción de estas estructuras , junto con sus cualidades mecánicas y tecnológicas ya señaladas en capítulos anteriores , consideramos de importancia dejar al descubierto ciertas desventajas o inconvenientes que si bien son poco significativos respecto de sus virtudes , representan un factor de relativa incidencia a considerar.

3.2 DETERIORO POR CORROSION

Una de las dificultades con que habitualmente deben enfrentarse las estructuras de acero , es que al contacto con el oxígeno se produce la oxidación del material.

Por lo tanto aparece un nuevo factor que es de " MANTENCION " que se hace indispensable tomar en cuenta , para no disminuir el eficiente trabajo de estos sistemas.

En relación a lo anterior la tecnología ofrece la posibilidad de proteger estas estructuras metálicas con la simple aplicación de un " GALVANIZADO " que aumenta su durabilidad además de los productos químicos de pinturas anticorrosivas y esmaltes resistentes a la humedad ambiental.

LA CORROSION , gran enemigo del acero, por efecto de la humedad ambiental implica introducir todo un proceso preventivo de desoxidación de la estructura antes de aplicar la película de revestimiento de protección. No debemos olvidar que normalmente las estereométricas trabajan con secciones y espesores mínimos dentro de un rango de estandarización , por razones de economía y factibilidad.

3.3 COSTOS

Se puede considerar el tema del costo como una ventaja desde el punto de vista de su construcción anteriormente citado , pero en CHILE su costo se eleva en el tema de su cálculo estructural ya que su complejidad implica más trabajo a los Ingenieros por lo tanto se encarece su trabajo. Y es esta una de las razones por las cuales no existen numerosas construcciones de este tipo en nuestro país.

C U A D R O R E S U M E N

ESTRUCTURA ESTEREOMETRICA

GEOMETRIA	La estructura se clasifica según la posición en el espacio como VOLUMETRIA, volumen general formado por volumetria simple como lo es la piramide.
DISTRIBUCION DE ESFUERZOS	De acuerdo con la dirección de la distribución de los esfuerzos, tres son los sistemas principales: <ol style="list-style-type: none"> 1.- Bidireccional. 2.- Tridireccional. 3.- Cuadridireccional.
SEGUN MODULOS ESPACIALES	Sistemas compuestos por: <ul style="list-style-type: none"> - Prismas rectangulares - Prismas triangulares - Tetraedros y semioctaedros - Tetaedros y octaedros - Piramide hexagonal
DISEÑO	
ALTURA DEL MODULO	La altura de un módulo de un reticulado fluctua entre 1/15 y 1/20 de la luz.
SUPERFICIE DE LA PLACA	Lo recomendado para las dimensiones de la superficie abarcada por la placa se extrae de la relación de sus largos, esta debe ser: $1,0 < \frac{L.\text{mayor}}{L.\text{menor}} < 1,5$
NUDOS Y APOYOS	
NUDOS	Se pueden clasificar en: <ul style="list-style-type: none"> - Apernados - Soldados - Atornillados - Endentados
APOYOS	Se pueden clasificar en: (No es total la clasificación) <ul style="list-style-type: none"> - Rotulado fijo - Rotulado Móvil - Empotrado

CUADRO DE EVALUACION

ASPECTOS POSITIVOS

- Posibilidades arquitectonicas de salvar grandes luces sin apoyo intermedios.
- El reticulado mejora la acustica por la compartimentación de sus módulos.
- Posibilidades de generar cielos traslucidos.
- El ser estructura modular permite modificaciones y facilidad en el montaje.
- Por su origen geométrico, la capacidad de ser estructura indeformable, como placa.
- La alta resistencia del acero a la ruptura, se obtienen resistencia 10 veces mayor que el hormigon y la madera.
- Si pasa el límite de su resistencia se convierte en un material plástico, no se fractura.
- Por ser del tipo mecano se facilita su fabricación, que se puede industrializar, y facilita además el montaje.
- En el montaje se ahorran elementos anexos como apoyos, alzaprimas, etc.
- Posee reducido peso propio.
- Fácil manejo de elementos en el taller.
- Por la simplicidad de sus operaciones de montaje y fabricación se ahorra tiempo y construcción.
- La posibilidad de desarmarse y armarse en otro lugar, donde se requiera.
- Por tener elementos individuales no muy grandes se facilita su transporte.
- En general en costos, si es bien dirigida (como a toda obra), la obra, resulta muy conveniente su construcción.

ASPECTOS NEGATIVOS

- Por ser acero el material empleado es propenso a la corrosión, deterioro.
- Es necesario invertir en elemento y sustancias que protegen a la estructura de esta acción.
- El tipo de geometria a cubrir no puede ser muy irregular en lo posible regular donde los largos no deben diferenciarse mucho entre si.
- No tiene la capacidad de soportar grandes cargas verticales (solo se usa en cubiertas o como elementos verticales sin mucha sollicitación.)
- Si se disminuye el costo en su construcción, este se revierte en lo que es cálculo, el contratar ingenieros.
- Mucha de las uniones existentes como solución y elementos están patentados, lo que conlleva a pagar los derechos, aumentando el gasto total de la obra.

CONCLUSIONES.

Como culminación del presente seminario, estimo formular algunos juicios críticos generales que sinteticen los aspectos más relevantes observados a través del estudio de la morfología, dimensiones, ventajas tecnológicas y estéticas de las estereométricas, y su presencia y utilización en nuestro país.

Debido a las numerosas ventajas que proporciona este tipo de estructura, no es de extrañar el aumento paulatino a través de los últimos años de la utilización de estas estructuras especialmente en obras de carácter de industrias y comercio. Siendo una condicionante importante en su utilización la capacidad de ésta en salvar grandes luces, y una identidad muy particular.

Se puede hablar de una evolución de los conceptos arquitectónicos de Ingenieros y arquitectos en el tema de las cubiertas de grandes dimensiones. Y una clara imagen de esta evolución es la aparición e incorporación como solución de las estructuras estereométricas.

Al mismo tiempo, considero acertado la utilización de técnicas más avanzadas en el montaje y armado de las estereométricas, tales como el empleo de grúas, elevadores mecánicos, uniones de montaje de terreno con el propósito de disminuir los costos tanto de materiales como mano de obra produciendo abaratamiento por una mayor rapidez en la ejecución de la obra.

A través del estudio de nudos y apoyos en estereométricas, los elementos más delicados de ella, hemos querido establecer que utilizando racionalmente los materiales, es posible optimizar en alto grado la factibilidad de estas grandes estructuras.

Cabe hacer notar que en CHILE existen profesionales y maestros con la capacidad de ejecutar estas obras, existiendo además la tecnología requerida para desarrollarla y facilitar su construcción.

Y no puedo dejar de mencionar en estas conclusiones la importancia y realzar al ingeniero chileno don René Jara quien se planteó frente a el tema de las estereométricas

ideando una nueva solución en la construcción de éstas estructuras quedando de manifiesto el interés de los profesionales chilenos por este tema.

Todo lo expuesto me motiva a deducir que : en relación a nuevas posibilidades constructivas , estas estructuras han dejado de ser un área exclusiva de unos pocos pioneros especialistas, factor éste que condiciona una serie de ventajas que en el futuro ya se visualiza: el poder amar espacialmente cualquier forma, en función de :

1. La normalización y prefabricación de barras de longitudes variables.
2. La prefabricación del diseño de rótulas de cualquier número de barras, adoptando cualquier dirección en el espacio.
3. La capacidad de carga variable que poseen las barras , permitiendo disminuir sus secciones donde las solicitaciones lo señalen.
4. La incorporación de métodos computacionales que permitan calcular con facilidad los esfuerzos estáticos de las barras.
5. La disminución de las deformaciones por efectos de la rigidez de este tipo de estructuras y su mejor adaptación a las leyes de la estática.

Cabe hacer notar que si se está frente a un diseño de estas estructuras conviene desarrollarla en función de los materiales existentes en el mercado nacional, a objeto de optimizar su prefabricación a nivel de cualquier maestranza tradicional.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Margarit - Buxadé
 " Las mallas espaciales en arquitectura. "
 Barcelona.
 G.Gill , 1972
 227 pgs. c / ilustr.
- 2.- Z.S.Makowski
 " Estructuras espaciales de acero. "
 Barcelona.
 G.Gill , 1968
 207 pgs. c / ilustr.
- 3.- Compañía Siderúrgica Huachipato
 " Obras relevantes en acero 1962-1992 ".
 Santiago, Chile
 C.S.H. , 1992
 88 pgs. c / ilustr.
- 4.- Conocimiento de la Arq, y diseño.
 Autor: Margarit - Buxadé
- 5.- Mecánica Vectorial para Ingenieros.
 Autor: Beer y Johnson.
- 6.- Engel , Heinrich
 " Sistemas de estructuras. "
 Madrid
 H.Blume , Ediciones, 1979
 267 pgs. c / ilustr.
- 7.- Guerra U. , Myriam
 " Representación gráfica de estructuras espaciales. "
 Valparaíso
 Universidad de Chile , Facultad de arte y tecnología, 1979
 35 pgs. c / ilustr.

ENTREVISTAS

- 1.- Mauricio Sarrazín.
- 2.- Santiago Arias.

Universidad de Valparaíso
Chile



00001968