

S  
ARQUITECTURA  
0 77g  
c1

DES LUCES EN LA ARQUITECTURA  
RAS RETICULARES BI-DIMENSIONALES EN ACERO



12-1-89.



5  
ARQUIT.  
0.7.79  
CI

TEMA DE ARQUITECTURA

# GRANDES LUCES EN LA ARQUITECTURA MODERNA

ESTRUCTURAS RETICULARES BI-DIMENSIONALES EN ACERO

PROFESOR GUIA: LUIS BRAVO HEITMAN

ALUMNO : MARCO A. <sup>Antonio</sup> ORTIZ F. <sup>vantes</sup>  
ESCUELA DE ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD DE VALPARAISO

DICIEMBRE '87

## INDICE

Introducción . . . . .	3
I PARTE	
*LA FORMA:	
El triangulo como base de reticulares . . . . .	7
-Definición y condicionantes . . . . .	8
-Comparación con otros mecanismos de transmición de fuerzas . . . . .	9
-Tipología del reticular . . . . .	12
Triangular . . . . .	12
Celosía . . . . .	15
Shed . . . . .	18
Parabolico / Mansarda . . . . .	19
-Influencia de la división del reticular en la distribución de esfuerzos . . . . .	21
-Influencia de la configuración del entramado en dist. de los esfuerzos en los nudos. . . . .	22
-Influencia de la altura de la cercha en los esfuerzos de las barras. . . . .	23
II PARTE	
* EL MATERIAL:	
El acero en los reticulares . . . . .	24
-Acero para uso estructural . . . . .	25
-Tipos de perfiles de acero según forma de fabricacion . . . . .	27
-Unión de perfiles de acero. . . . .	28
-Ventajas y desventajas . . . . .	30
-El uso del acero en Chile . . . . .	31

III PARTE

\*CASOS DE RETICULAS:

Ejemplos realizados . . . . .	33
III.1 -Presentación casos extranjeros . . . . .	34
-Ejemplos . . . . .	36
III.2 -Presentación casos nacionales con análisis reticular . . . . .	57
-Ejemplos . . . . .	58
-Cuadro resumen de casos nacionales . . . . .	78
-Observaciones finales . . . . .	81
 *BIBLIOGRAFIA . . . . .	 86

## INTRODUCCION

Los avances tecnológicos del siglo XX han permitido un gran desarrollo en el campo de las grandes luces en la arquitectura ya sea con el uso del Acero, del Hormigón Armado o tambien de la Madera (especialmente laminada).

El presente trabajo pretende destacar algunos logros alcanzados en este desarrollo, tanto extranjeros como nacionales, y presentar algunas de sus características más notables.

La necesidad de hacer un estudio exhaustivo de ejemplos de los cuales puedan extraerse sus características más notables hace necesario la implantación de ciertos parámetros que definan el campo de estudio.

En primer lugar está el hecho de definir qué se entiende por una gran luz. Una viga corriente es capaz de salvar un cierto tramo sólo hasta cierto límite de modo de no caer en un excesivo peso por m<sup>2</sup> (demasiado material incorporado) o bien sin caer en deformaciones que la lleven a un colapso. Este límite podría aumentarse, evitando los problemas anteriores, aplicándole a la viga un cierto grado de tecnología. Sin embargo esta solución ya es una limitante para nosotros.

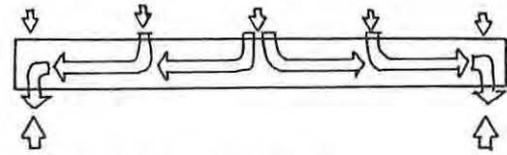
Es así como surge la alternativa formal, y aparece lo que denominaremos reticulares. A pesar de existir de todas las medidas su uso se justifica más cuando la luz sobrepasa el límite de una viga común (alma llena). De acuerdo a los casos vistos ésta luz comenzaría a ser considerable para una viga de alma llena entre los 15.00 y los 20.00m por lo cual es en este rango en donde se acentúa el estudio (especialmente los casos nacionales).

Luego de revisar diversos ejemplos de los casos en los cuales la luz a salvar era una de las características principales del proyecto nos damos cuenta de los diversos modos y forma de hacerlo.

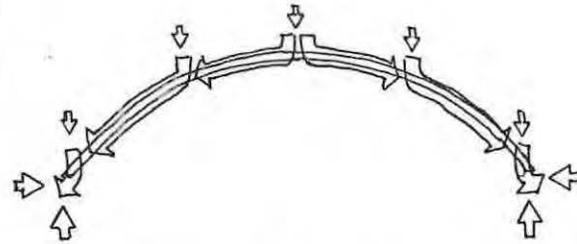
El modo lo planteo en dos grupos principalmente, a través - de estructuras bi-dimensionales y a través de estructuras tri-di - mensionadas; cada uno de estos modos adquiere una gran variedad de formas para desarrollarse.

Se ha tomado el primero de estos grupos, el bi-dimensional, principalmente por la simpleza de estas estructuras tanto desde el punto de vista formal como constructivo.

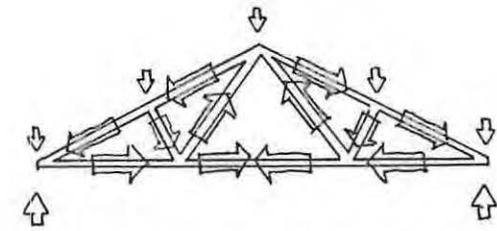
Los estructuras bi-dimensionales a su vez pueden tomar di - versas formas para desarrollarse, sin embargo hay una de ellas, la triangular, la que presenta una gran ventaja en las grandes luces - con respecto a las otras formas.



mecanismo de viga



mecanismo del arco



mecanismo de estructura triangulada.

Esta ventaja dice relación principalmente en cuanto a su relación peso /superficie cubierta, condicionante primordial en la solución de una gran luz.

A estas alturas tenemos definido que nuestro campo de estudio estará dado por las estructuras bi-dimensionales derivadas del triángulo, o reticulares, como se llamará más adelante.

Sin embargo después de hacer un pre-estudio de algunos casos de - éstas estructuras se establece la necesidad de elegir sólo un material a estudiar -de los tres mencionados anteriormente, en consideración a que - cada uno de ellos presenta sus prototipos y técnicas que le son propias.

En este caso se opta por el acero, principalmente por ser un material que muy bien se adapta a esta forma y gracias a esto, por el grado de desarrollo que tiene e información con que se cuenta.

El trabajo es abordado en tres partes fundamentales, la primera de ellas se refiere a la forma a estudiar -"El triángulo como base de reticulares"- en ella se estudia la definición y las condicionantes que un reticular tiene, además en este capítulo se establece una tipología de los reticulares- como una forma de ordenar la variedad de formas que éstos - pueden adquirir. A modo de clasificar el modo y las características que los reticulares presentan se ve gráficamente la influencia que producen distintas variaciones en la composición de éstos.

La segunda parte se refiere al material -"El acero en los reticulares", este capítulo es un resumen de algunas generalidades del acero estructural, presentando los tipos de - perfiles existentes, sus uniones etc.

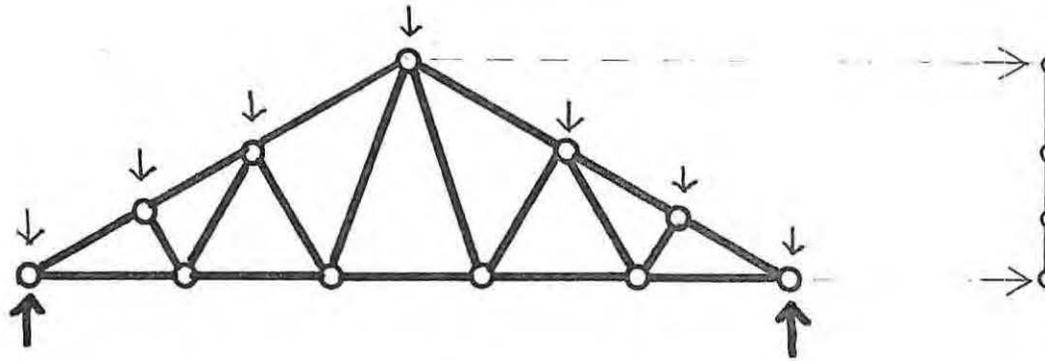
La tercera parte consiste en tomar los dos capítulos anteriores y presentarlos en ejemplos de reticulares realizados. Esta tercera parte a su vez se divide en dos, la primera muestra ejemplos internacionales en los cuales se destaca el edificio en general solucionado con éstas estructuras; la segunda parte es un grupo de casos nacionales en los cuales se destaca la retícula y sus características por sobre el edificio en general. De este grupo de casos nacionales se llega a algunas conclusiones, apoyado por un cuadro resumen que contiene los datos más interesantes de cada uno de los casos.

LA FORMA

EL TRIANGULO COMO BASE DE RETICULARES

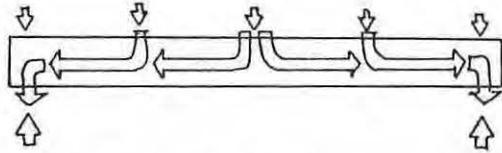
## DEFINICION Y CONDICIONANTES

Se denominan reticulares planos aquellas estructuras del tipo de entramado que responden a una solución sobre la base de barras rectas y rígidas, articuladas entre si que configuran triángulos, con las cargas -activas y reactivas- actuando sobre nudos, y todo el conjunto - contenido en un plano.



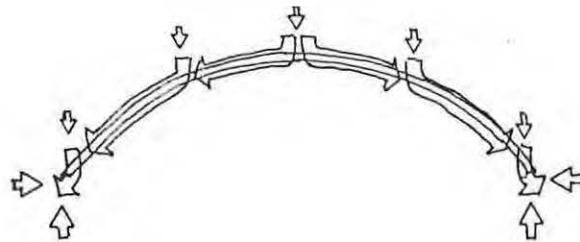
En estas condiciones, las barras del reticular son sometidas exclusivamente a esfuerzos de tracción y compresión. Las fuerzas que actúan sobre los nudos se descomponen y toman como rectas de acción a los ejes de las barras concurrentes; siendo axiales, los esfuerzos que provocan son de tracción o compresión. Por lo tanto, son barras a diseñar como tensores o piezas esbeltas expuestas al pandeo.

Al comparar el sistema reticular con otros mecanismos de transmisión de fuerzas podemos apreciar las características del sistema en cuanto al modo de como trabajan sus elementos, señalados anteriormente.



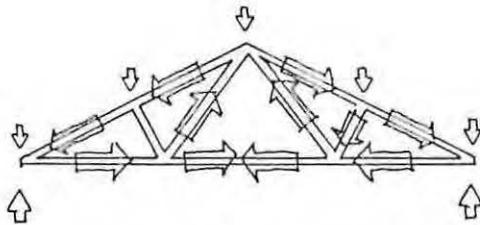
mecanismo de viga

Transmisión de las fuerzas exteriores mediante una sección material rígida.



mecanismo del arco

Transmisión de las fuerzas exteriores mediante forma-material conveniente.



mecanismo de estructura triangulada.

Transmisión de las fuerzas exteriores mediante una disposición conveniente de las barras.

La triangulación es una disposición especialmente apta para elementos que han de trabajar en flexión. La viga triangulada no permite esbelteces tan grandes como las de alma llena pero sí permite disminuciones de peso y, por tanto, aumentos de luz - enormes.

En los reticulados, en la práctica por lo común no se cumplen estrictamente las condiciones antes señaladas. Las barras, cuyas longitudes son las medidas entre los nudos que unen se construyen como piezas enterizas, tanto en las barras superior como inferior; por otra parte los nudos que se consideran como vínculos articulados, - no son constructivamente resueltos como tales.

Aunque los nudos no se construyen como articulados, las distintas barras deben - configurar triángulos como la figura base de su organización geométrica. El triángulo es la única figura indeformable que puede concebirse mediante tres barras articuladas entre si y contenidas en un mismo plano.

Se dan casos en los que algunas cargas actúan directamente sobre las barras, como el reticular - de una cubierta en donde se plantea la necesidad - de ubicar las costaneras a distancias menores que la que se tiene entre nudos. En tal situación, tales barras son sometidas a esfuerzos de flexión - como una viga apoyada por sus dos extremos- y además al trabajo de tracción o de compresión que le corresponda como pieza integrante del conjunto.

Debido a esto surgen alternativas y variaciones de reticulares que dan solución al problema - de la flexo-compresión o flexo-tracción que puedan tener las barras mediante la incorporación de nuevas barras intermedias.

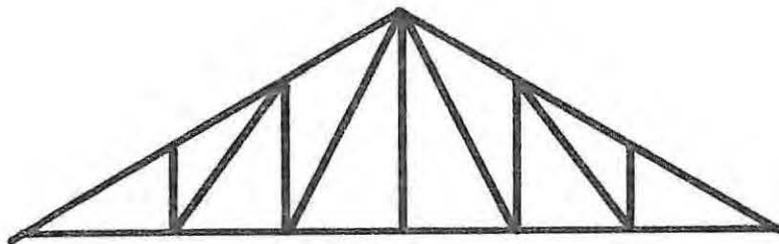
## TIPOLOGIA DEL RETICULAR

Como factor caracterizante de las estructuras reticulares se puede señalar que en general se emplean frente al problema de salvar luces relativamente importantes, compitiendo en soluciones con vigas de alma llena (beneficiadas por su menor peso).

Desde el punto de vista geométrico se puede plantear un ordenamiento de los tipos de reticulares del modo de clasificarlos y obtener así un cuadro comparativo de las distintas alternativas que estas estructuras nos entregan.

Como se ha dicho, el triángulo es el polígono fundamental en estas estructuras y da origen a diversas familias de armaduras, entre ellas tenemos\*:

I LAS TRIANGULARES (dos vertientes): se caracterizan por ser cerchas a dos aguas que conforman un gran triángulo, en el desarrollo de su alma - podemos encontrar cuatro tipos fundamentales:

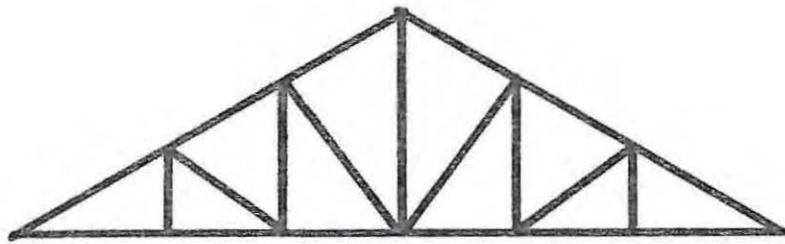


a) CERCHA INGLESA: Se caracteriza por un triangulado en el que los montantes son verticales y las tornapuntas inclinadas de tal manera que su punto más alto está situado hacia el caballete.

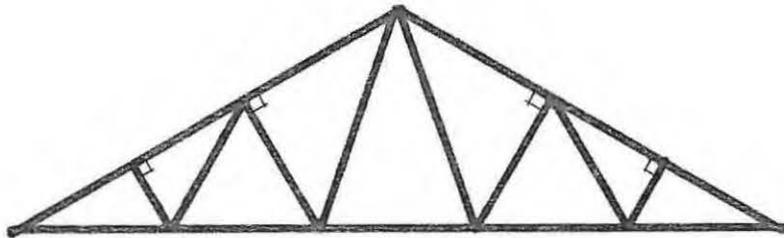
---

\* La clasificación que sigue es a modo personal y ella está basada en la que realizan los siguientes autores:

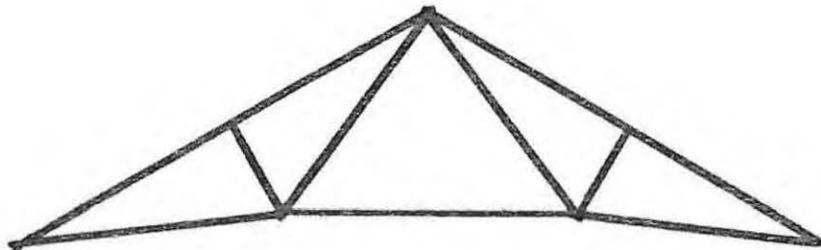
- DIAZ, Diego Introducción a las est. de los edificios
- BRAVO, Luis Apuntes 4º año



b) CERCHA AMERICANA: Difiere de la anterior en la dirección de las tornapuntas, cuyo punto más bajo es el más próximo al caballete.



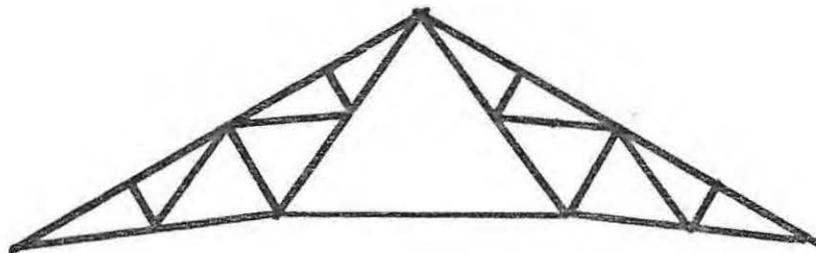
c) CERCHA BELGA: Su característica principal es que los montantes son perpendiculares al par.



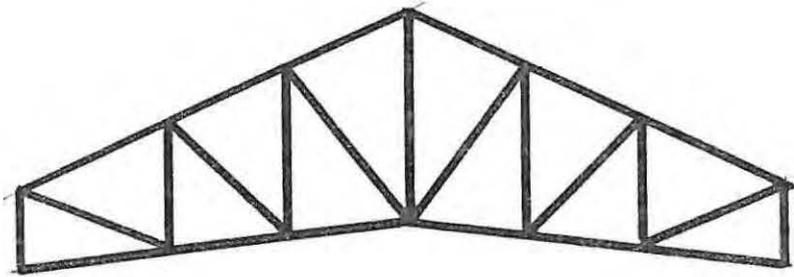
d) CERCHA POLONCEAU:

d1.- SIMPLE: Los pares van atirantados por una biela y dos tornapuntas, los pies de las bielas están unidos por un tirante.

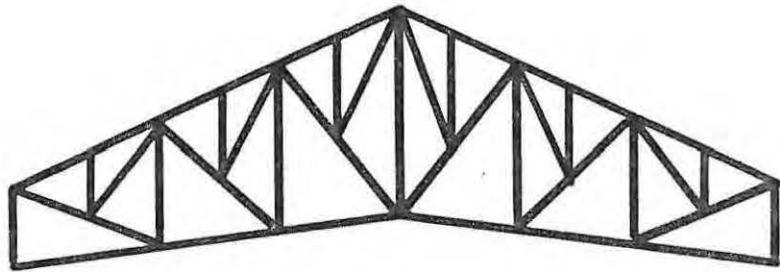
d2.- COMPUESTA: Semajante a la anterior pero difiere por la adición a una y otra parte de la biela central, de otras dos bielas.



Partiendo de estas cuatro variaciones del primer tipo de reticulado pueden formarse un gran número de formas de triangulado. Las figuras que siguen dan los esquemas de las cerchas más corrientemente usadas y que no son más que variedades de las formas precedentes.



Le dan a los arranques de las cerchas una altura suficiente para asegurar cierto empotramiento de las cerchas, además los tirantes son levantados.



En las cerchas de gran altura y luz se ha llegado a disponer celosías secundarias con el objeto de suprimir las flexiones que puedan producirse en las barras superiores, debido a que su longitud -entre nudo y nudo- es superior a la distancia en las que deberían colocarse las costaneras, lo que produciría cargas puntuales en medio de una barra.

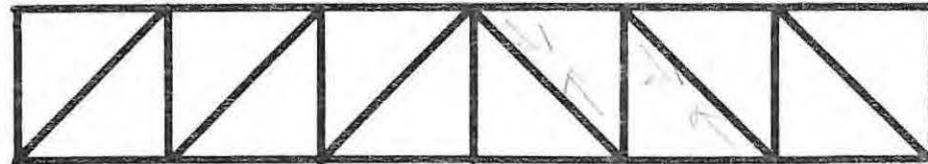
A estas alturas podemos hablar ya de una nueva categoría en esta clasificación, ella dice relación a la que denominaremos celosías.

## II CELOSIAS:

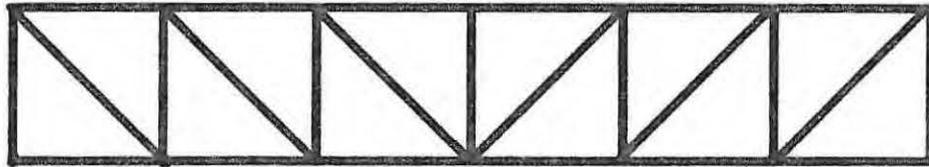
Las celosías podemos diferenciarlas del tipo anterior por su forma externa estas por lo general tienden a formarse a base de dos cordones paralelos dentro de los cuales -en su alma- se desarrollan distintos tipos de reticulado.

Podemos reconocer al igual que en el caso anterior tres variedades claramente diferenciables de celosías de cordones paralelos:

- a.- TIPO HOWE: Presenta montantes verticales y diagonales descendentes hacia los apoyos. El trabajo de los cordones se supone por analogía con el de una viga de alma llena -superior a compresión e inferior traccionado-, las diagonales trabajan a compresión y los montantes a tracción.

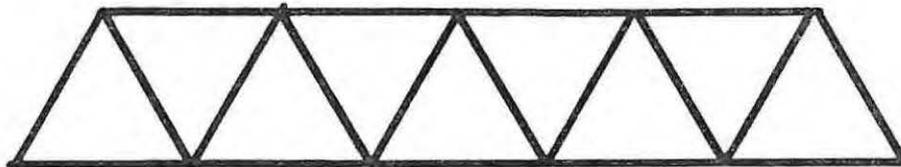


b) TIPO PRATT: Con montantes verticales y diagonales ascendentes hacia los apoyos. En contraposición con el anterior, las diagonales trabajan a tracción, mientras que los montantes están trabajando a compresión.



Este sistema presenta la ventaja de que las barras de mayor longitud - las diagonales - quedan sometidas a tracción, mientras que las expuestas al pandeo - los montantes - son más cortos.

c.- TIPO WARREN: Sin montantes, o sea con diagonales en ambos sentidos. El trabajo de las diagonales corresponde a su inclinación como en los casos anteriores.

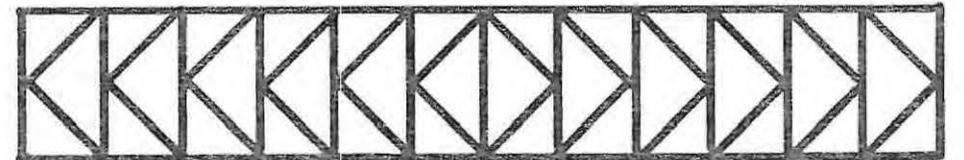
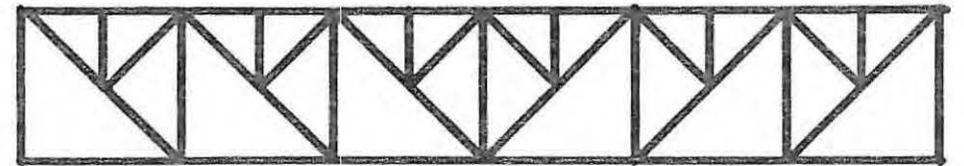


Este tipo se presta cuando presenta cargas móviles que puedan producir alteraciones en el tipo de trabajo de las barras, por lo que corresponde que las mismas sean aptas, indistintamente para tracción o compresión.

Al igual que en la tipología anterior (sistemas de dos vertientes) con este tipo podemos desprender de las tres formas precedentes una serie de variaciones que surgirán de acuerdo a necesidades específicas de cada caso.

Estas variaciones surgen principalmente de la luz que deba cubrir la celosía, lo que a su vez redundará en la altura que ésta tome y con ello en la longitud de las barras.

Por necesitar las barras superiores evitar las flexiones producto de apoyos intermedios entre nudo y nudo aparecen nuevas barras, o bien montantes más juntos, lo que no conviene a las diagonales que adquieren un ángulo poco recomendable, para evitar este problema surgen las diagonales en forma de "K".



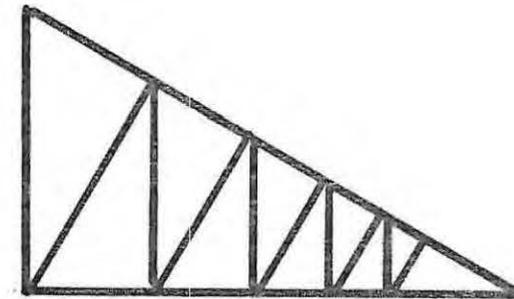
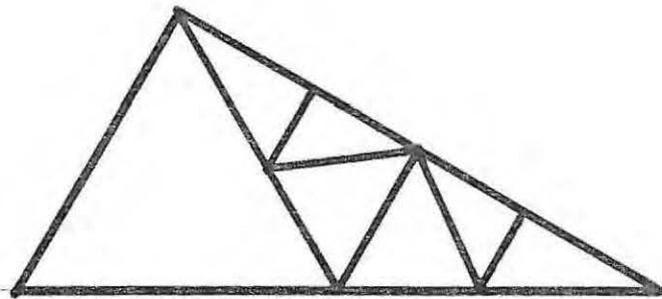
### III TIPO SHED:

Este es otro tipo característico en los reticulares triangulados conocido también con el nombre de "Diente de Sierra".

Son cerchas de pendientes desiguales dispuestas la mayoría de las veces formando las vertientes en ángulo de  $90^\circ$ .

Su forma permite aumentar la cantidad de luz natural que llega al interior de un recinto, debido a esta ventaja se caracteriza por ser utilizado en grandes superficies cubiertas.

Por lo general se constituyen en un triángulo rectángulo  $30^\circ$ - $60^\circ$ - $90^\circ$ , su interior puede adquirir diversas retículas.



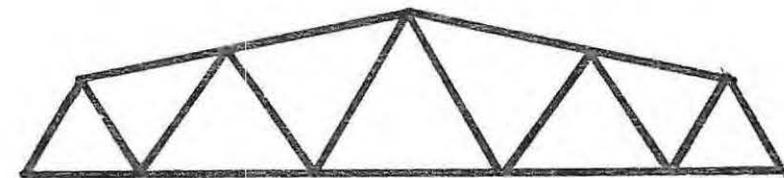
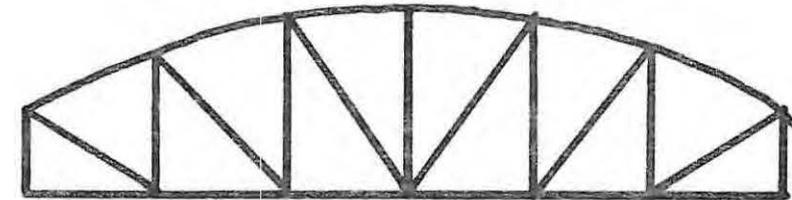
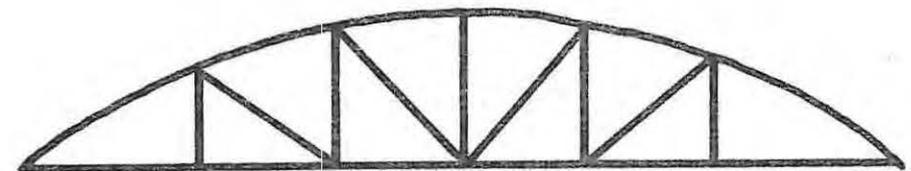
#### IV TIPO PARABOLICO Y MANSARDA:

Este tipo se refiere a las vigas de altura variable, y que se caracterizan por seguir más o menos los esfuerzos de flexión a que están sometidas las vigas.

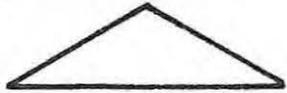
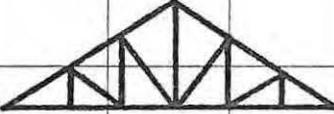
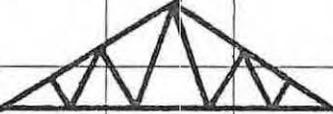
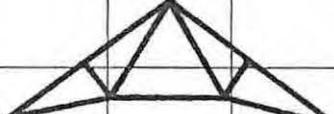
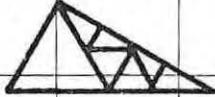
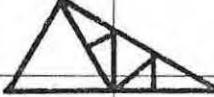
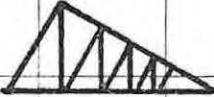
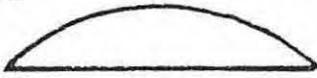
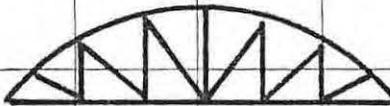
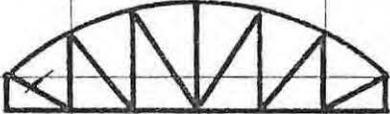
Es así como, con carga uniformemente repartida, que da lugar a una ley parabólica de momentos flectores se puede hacer variar el cordón superior siguiendo este diagrama.

Sin embargo a poco esbelta que sea la viga, la parábola da ángulos demasiado agudos en los triángulos extremos, es por esto que surge la viga alternativa "semi parabólica".

Otra alternativa es la tipo mansarda la cual viene de la celosía de cordones paralelos, esta alternativa se caracteriza por levantar su cordón superior de modo de optimizar la evacuación de aguas lluvia, y por suprimirle los triángulos extremos; su aspecto formal tiende a semejarse al recién mencionado tipo parabólico.



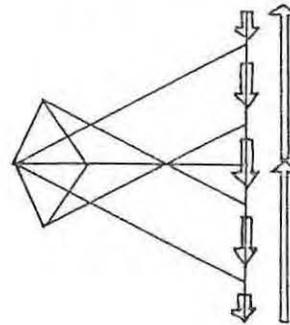
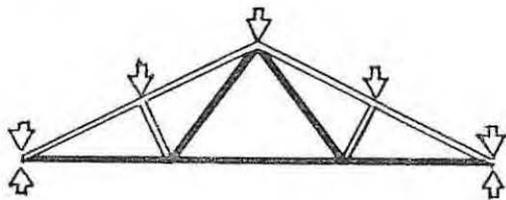
En este cuadro se muestran los distintos tipos de retículas triangulares explicadas anteriormente, con sus más comunes variaciones, teniendo en cuenta que estos son sólo - la base de una gran gama de variedades que pueden surgir a partir de ellas.

<p>I</p>  <p>TRIANGULARES</p>	 <p>Inglesa</p>	 <p>Americana</p>	 <p>Belga</p>	 <p>Polonceau Simple</p>
<p>II</p>  <p>CELOSIA CORDONES PARAL.</p>	 <p>Tipo Howe</p>	 <p>Tipo Pratt</p>	 <p>Tipo Warren</p>	
<p>III</p>  <p>SHED</p>				
<p>IV</p>  <p>PARABOLICAS</p>	 <p>Parabolica</p>	 <p>"Semi-Parabolica"</p>	 <p>Tipo Mansarda</p>	

A modo de ejemplo, y para conocer en forma más clara el modo de como trabaja un reticular, se ha tomado a continuación una estructura del primer tipo (grupo I), para ver gráficamente la influencia que producen distintas variaciones en su composición, en los esfuerzos de sus barras.

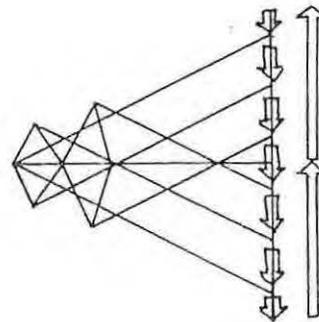
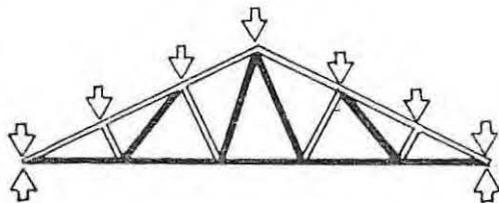
### I INFLUENCIA DE LA DIVISION DEL RETICULADO EN LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS.

División en 4  
retículas  
11 barras  
7 nudos



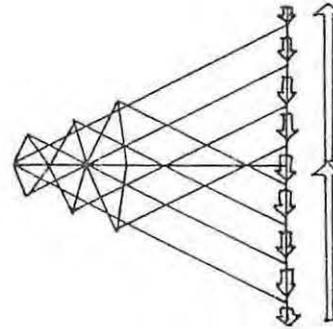
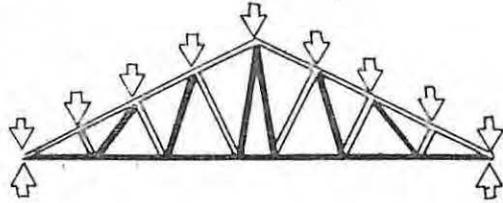
Se aprecian los mayores esfuerzos en las barras superiores, debido al bajo número de triángulos estas barras adquieren gran longitud lo cual, sumado al tipo de esfuerzo que tienen (compresión), se encuentran en una situación crítica de pandeo.

División en 6  
retículas  
19 barras  
11 nudos



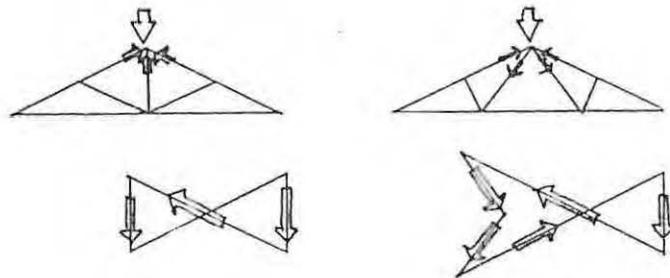
Hay una considerable reducción en la longitud de pandeo de las barras superiores. Además, también existe una reducción de esfuerzos en los elementos diagonales.

División en 8  
retículas  
27 barras  
15 nudos

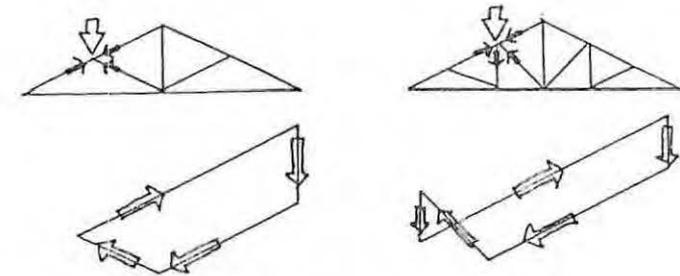


El problema del pandeo ya no existe casi en las barras superiores, sin embargo algunas diagonales comienzan a tener una longitud apreciable en relación a las barras superiores. La reducción de esfuerzos en los elementos diagonales es escasa.

## II INFLUENCIA DE LA CONFIGURACION DEL ENTRAMADO EN LA DISTRIBUCION DE LOS ESFUERZOS EN LOS NUDOS.



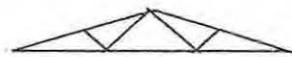
A pesar del aumento de retículas, los esfuerzos en las barras que concurren en el par decrecerán poco por el diferente ángulo que forman las barras.



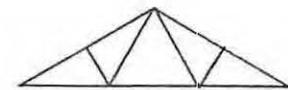
A pesar de la barra adicional, los esfuerzos en el par aumentarán a causa del ángulo eficaz que forman las barras.

III INFLUENCIA DE LA ALTURA DE LA CERCHA EN  
LOS ESFUERZOS DE LAS BARRAS.

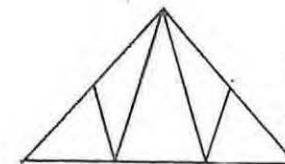
alturas



pequeña

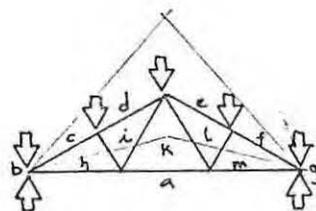


media

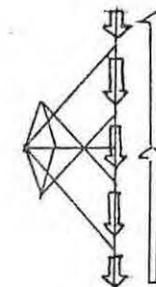
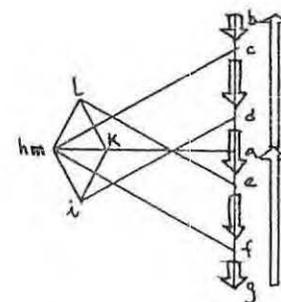
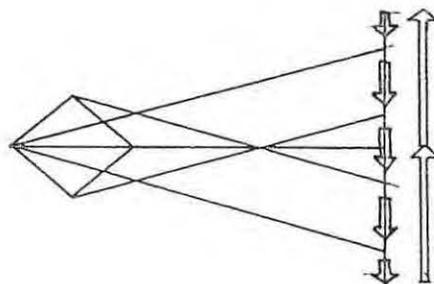


grande

Nudos de análisis



fuerzas



En este caso se puede apreciar que a mayor altura las barras disminuyen sus esfuerzos, sin embargo habría que tener cuidado con las barras sometidas a compresión ya que por su longitud podrían pandearse.

Este tipo de solución óptima es difícil de lograr en los casos de grandes luces por cuanto significaría desarrollar una altura apreciable .

EL MATERIAL

EI ACERO EN LOS RETICULARES

Las estructuras metálicas son quizás las que más se adapten a esta forma estructural, son las que mejor pueden competir en la actualidad con el hormigón armado, con ambos sistemas se pueden conseguir grandes magnitudes sin embargo las estructuras de acero son más livianas que las de hormigón armado, pueden erigirse en el terreno con mayor rapidez. (Después de un proceso de preparación previa) y además son más flexibles.

#### I ACERO PARA USO ESTRUCTURAL:

Son los llamados "Aceros al Carbono" y se utilizan en productos planos de espesor igual o superior a 5 mm y en perfiles de espesor superior o igual a 4 mm (M.Ch. 203 - oF. 77). Estos aceros deben cumplir con requisitos de resistencia a la tracción, doblado y soldabilidad.

#### CARACTERISTICAS:

- a) TRACCION: Los productos laminados para construcción deben cumplir por lo menos, los límites establecidos en su designación.
- b) DOBLADO: Además deben poder doblarse en un ángulo de  $180^\circ$  sobre un cilindro de diámetro "d", sin que aparezcan grietas en la zona traccionada.
- c) SOLDABILIDAD: Se llaman de soldabilidad garantizada los aceros que, sin ser sometidos a tratamientos especiales, pueden ser soldados en obra, dando garantías de seguridad de la unión bajo las cargas de servicio.

## SIMBOLOGIA

La letra "A" indica que el material es Acero al Carbono. Sigue un número de dos cifras que expresa la tensión mínima de ruptura por tracción, otro número se refiere al límite de fluencia mínima por tracción expresada ambos en Kg/mm<sup>2</sup>. La letra "E" significa que el acero es para usos estructurales, la letra "S", indica que el acero es de soldabilidad garantizada.

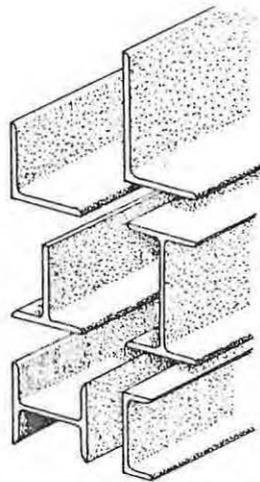
## ALGUNAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES.

Características	A 37-24 ES	A 42-27 ES	A 52-34 ES
	A 37-24 E	A 42-27 E	A 52-34 E
- Resistencia a la tracción Kg/mm <sup>2</sup>	37	42	52
- Límite de fluencia Kg/mm <sup>2</sup>	24	27	34
- Doblado; diámetro o espesor nominal "e".			
de 4 a 20 mm	d=e	d=1,5e	d=2e
mayor de 20 mm	d=2e	d=2,5e	d=3e

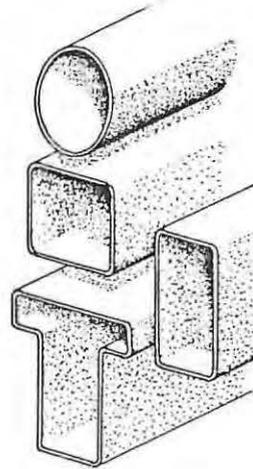
## II TIPOS DE PERFILES DE ACERO SEGUN FORMA DE FABRICACION

Hay tres tipos diferentes de perfiles de acero.

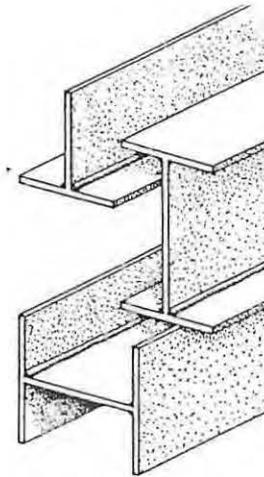
- 1) PERFILES LAMINADOS NORMALES: Para fabricarlos, se hacen pasar lingotes de acero caliente por entre los cilindros de potentes laminadores a una temperatura que fluctúa entre 950 y 1.150 grados. Si se trata de perfiles, los cilindros dejan canales o huecos entre ellos que varían progresivamente de modo que luego de varias pasadas el perfil adquiere su forma definitiva sin perder sus características principales.  
Los perfiles laminados pueden adoptar las formas mas variadas y son fácilmente reconocibles por sus esquinas exteriores con aristas vivas, las interiores redondeadas y sus caras principales no son paralelas.
- 2) PERFILES SOLDADOS: Consiste en obtener los perfiles "T" o "H" mediante la soldadura de piezas independientes. Con la generalización de la soldadura eléctrica automática se prefiere esta técnica para perfiles de más de 10 cms. de alto, ya que la maquinaria para producir estos del tipo laminado no existen en el país debido a su alto costo.
- 3) PERFILES DOBLADOS EN FRIO: Son los obtenidos por el doblado en frío de flejes o chapas planas del material quedando así su aspecto característico de esquinas redondeadas y caras siempre paralelas.



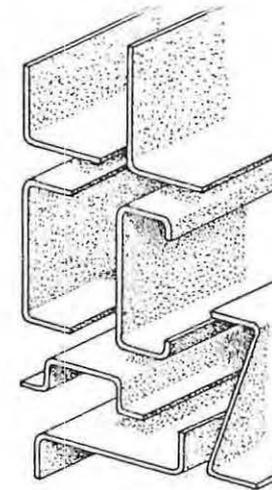
A. PERFILES LAMINADOS



D. PERFILES CERRADOS



B. PERFILES SOLDADOS

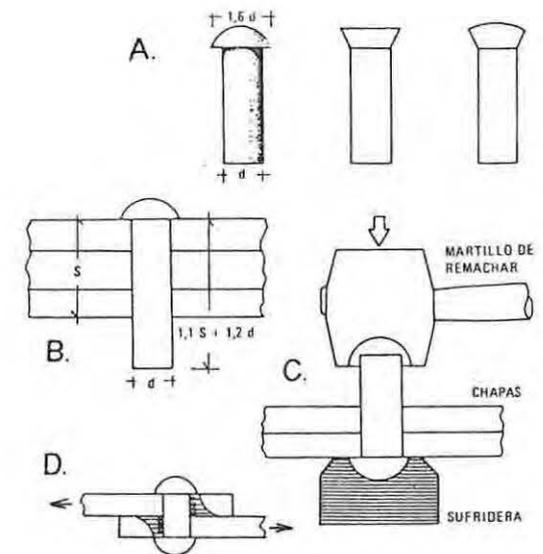


C. PERFILES DOBLADOS EN FRIO

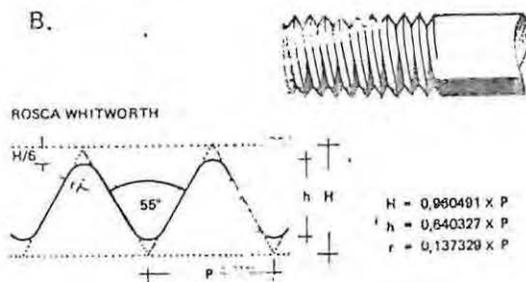
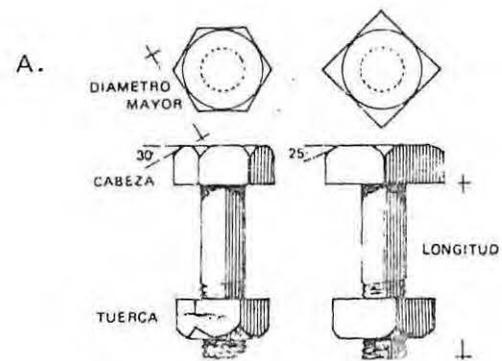
Diferentes tipos de perfiles de acero. A. *Perfiles laminados normales*: Angular de alas iguales; De alas desiguales; Te; Doble T; Perfil H; Canal o perfil U. B. *Perfiles soldados*: Te; Doble T; Perfil H. C. *Perfiles doblados en frío*: Angular de alas iguales; De alas desiguales; Canal o U; Perfil C; Omega; Perfiles Z. D. *Perfiles cerrados*: Tubo de sección cuadrada; De sección rectangular; Tubo en T.

### III UNION DE PERFILES DE ACERO

1) ROBLONES O REMACHES: Son semejantes a clavos cortos y gruesos de cabeza redondeada, avellanada, plana o de gota de sebo. Tratándose de perfiles estructurales se colocan calentados al amarillo claro (unos  $1.200^{\circ}$ ). Su segunda cabeza queda conformada, mientras el roblón está caliente, con el remachado neumático que le da la forma al golpearla. Como al enfriarse se acorta las piezas quedan unidas con una fuerte presión. Se habla de "Remaches" cuando se trata de elementos más pequeños que se colocan en frío para unir chapas delgadas.



A. Roblones de cabeza redonda sobresaliente —los más corrientes—; avellanada plana y de gota de sebo. B. Su extremo debe sobresalir un 10% de la suma de los espesores que une, más 1,2 veces su diámetro. C. Su segunda cabeza se conforma de inmediato, mientras el roblón está caliente, con una herramienta que le da forma al golpearla (hay equipos remachadores neumáticos). D. Forma en que trabaja el roblón.



A. Pernos para construcciones de acero, de cabeza y tuerca hexagonal y cuadrada. Sus longitudes —que excluyen la cabeza— varían en cuartos de pulgada, hasta 4"; en medias pulgadas, hasta 8"; y en pulgadas, hasta 16". Los diámetros, desde 1/4", varían en 16 avos de pulgada, hasta 1"; en octavos, hasta 2"; y en cuartos, hasta 6". B. Perfil de la rosca que se emplea, llamada *Whitworth*, con las relaciones de sus partes.

$$H = 0,960491 \times P$$

$$h = 0,840327 \times P$$

$$r = 0,137329 \times P$$

2) PERNOS PARA ACERO: Consisten en un elemento cilíndrico compuesto de cabeza y rosca con tuerca. Los pernos para construcciones tienen la cabeza y la tuerca con formas hexagonales y cuadradas.

Los pernos comunes de tolerancia de fabricación menos exigente resisten unos 34 Kg/mm<sup>2</sup> y los pernos calibrados sobre esta cantidad —siendo sus medidas más exactas—. Hay normalización de los tamaños de cabezas y tuercas con respecto al diámetro.

3) SOLDADURAS AL ARCO ELECTRICO: Perfeccionada en 1916, ha significado un progreso notable en las soluciones estructuradas en acero, al permitir la fabricación de grandes perfiles soldados; simplificar uniones de las estructuras facilitando el empleo simultáneo de diversos perfiles y produciendo uniones más íntimas y completas entre componentes verticales y horizontales, entre tramos contiguos de varias vigas, etc., logrando efectos de continuidad, tan importantes en estructuras para distribuir mejor las cargas, aminorar momentos flectores, y en consecuencia, obtener secciones resistentes más económicas.

La soldadura al arco corresponde a una técnica muy especializada ya que no todos los aceros son susceptibles de ser unidos por soldaduras, conservando inalterables sus características mecánicas en la zona de unión y sus proximidades. Los aceros soldables no pierden sus propiedades mecánicas.

#### VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Como hemos visto el material posee cualidades que le son propias; así como cada material las posee, por lo cual tendremos además ciertas ventajas y algunas desventajas en la utilización del acero que veremos más adelante:

#### VENTAJAS

- a) Material muy resistente, de alta tecnología de fabricación que ofrece cierta gama de productos cuya calidad se elige de acuerdo a los objetivos del proyecto.
- b) Las estructuras de entramado de acero son relativamente livianas si se las comparan con el hormigón armado. Por lo tanto, las secciones de los elementos resistentes, especialmente los pilares resultan pequeñas al igual que los arriostramientos.

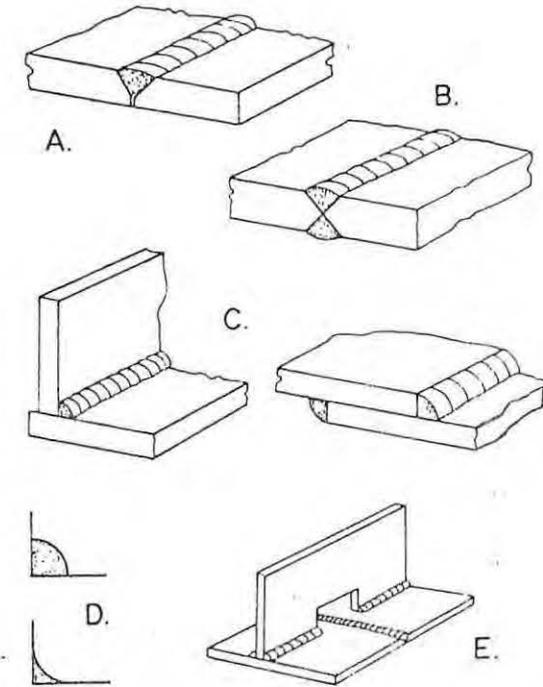


FIGURA 197. Diversos tipos de soldadura al arco. A. Soldadura de tope en V, para espesores entre 5 y 12 mm. B. Soldadura de tope en X, para espesores mayores. C. Soldadura en ángulo o de esquina. D. El cordón de soldadura puede tener su perfil cóncavo, con curvatura saliente, o convexo, con curvatura entrante. E. Se evitan los cruces de soldadura, para no producir concentración de tensiones (párr. 29).

- c) El acero ofrece amplias posibilidades de flexibilidad planimétrica y desmontabilidad lo que lo hace adecuado a los problemas que plantea la rapidez del cambio de uso.
- d) Los elementos estructurales de acero deben ejecutarse en maestranza lo que posibilita un buen control de calidad.
- e) El montaje de estructuras de acero, si bien requiere de equipo y herramientas especiales puede llegar a tiempos muy cortos.

#### DESVENTAJAS

- a) El acero posee una baja resistencia al fuego lo que obliga a proteger las estructuras con materiales retardantes.
- b) El acero es propenso a la oxidación lo que lleva a buscarle condiciones ambientales de trabajo en lo posible libre de humedad.
- c) Requiere de un grado de especialización y capacitación en cada una de sus etapas.

#### EL USO DEL ACERO EN CHILE

Su uso en Chile podría agruparse en tres períodos, el primero antes de la primera guerra mundial en la cual sobresalen grandes obras como la red ferroviaria, y en la cual se importaba todo el material; luego vendría una etapa de entre guerras durante la cual se deja de lado el uso del acero a cambio del próspero H.A., el cual constituía un material nacional frente al acero que era importado.

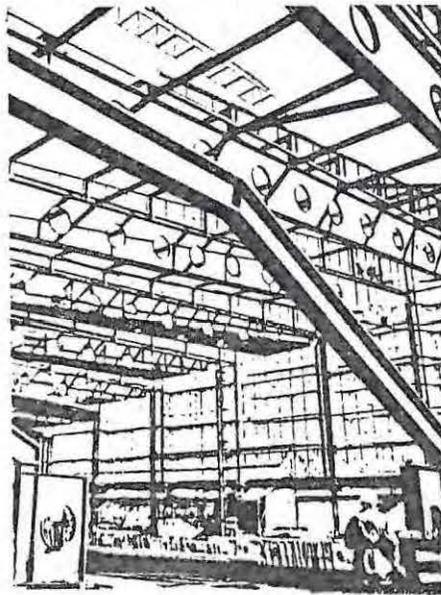
La tercera etapa comienza entre 1946 y 1956 con la construcción de la planta Huachipato, de la C.A.P. en Concepción; este hecho, que dió un vigoroso impulso industrial al país, inicia el reconocimiento del uso de las estructuras de acero en Chile.



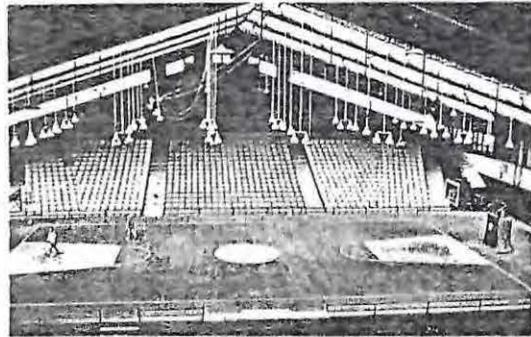
A continuación se presentan algunos ejemplos que constituyen un resumen de un sinnúmero de ellos que pueden encontrarse en publicaciones especializadas.

Este resumen intenta recoger una aplicación particular de cada uno de los cuatro tipos básicos que se enunciaron anteriormente y destacan sus características más notables.

Sin perjuicio de lo anterior se agregan a esta lista de ejemplos dos casos no considerados directamente en la clasificación anterior, pero que a mi parecer guardarían alguna relación con ella.



El primero de ellos no puede considerarse como un reticular pues no cumple con las condicionantes expuestas en el Capítulo II. Sin embargo si consideramos la viga reticulada como una evolución de la viga de alma llena alcanzada luego de alivianar ésta y optimizar los esfuerzos del material tendríamos como solución intermedia la viga de alma llena aligerada a la cual se refiere este ejemplo.



El segundo caso no constituye un ejemplo a base de elementos triangulados pero si podría considerarse como tal el total de su sistema estructural compuesto de dos vigas apoyadas entre sí y descansando en el terreno, todo lo cual constituye una estructura triangular sencilla.

Los ejemplos estan presentados en dos partes; la primera de ellas -en la cual se encuentran los recién mencionados- consiste en una recopilación de obras en su mayoría internacionales a las cuales se destacan sus características generales, tanto desde el punto de vista arquitectónico como del punto de vista constructivo, es decir, es un análisis y descripción del total del edificio y el papel de la estructura reticular en él.

A diferencia de la segunda parte -en la mayoría casos nacionales- esta consiste en un análisis más específico del elemento reticular y no del edificio, obteniendo así datos particulares de éste (cubicación, costo, Kg/m<sup>2</sup>, etc).

III 1 Los ejemplos que siguen a continuación sólo tienen en común su condición de estructuras derivadas del triángulo, cada uno de ellos con una luz particular y representando una tipología de las antes mencionadas.

Los casos son los siguientes:

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| a) - VIGA DE ALMA LLENA ALIGERADA   | PISCINA CUBIERTA<br>Viena, AUSTRIA      |
| b) - ESTRUCTURA TRIANGULAR SENCILLA | GIMNASIO DEPORTIVO<br>Valdivia, CHILE   |
| c) - VIGA WARREN                    | MAVE INDUSTRIAL<br>Roma, ITALIA         |
| d) - CERCHA AMERICANA               | CENTRO EDUCACIONAL<br>Santander, ESPAÑA |
| e) - SHED                           | MAVE INDUSTRIAL<br>Cisterna, ITALIA     |
| f) - VIGA PRATT                     | ESTADIO CUBIERTO<br>Cleveland, EE.UU.   |
| g) - CELOSIA MANSARDA               | BODEGA SIDERURGICA<br>Casale, ITALIA    |

PISCINA CUBIERTA (Austria)

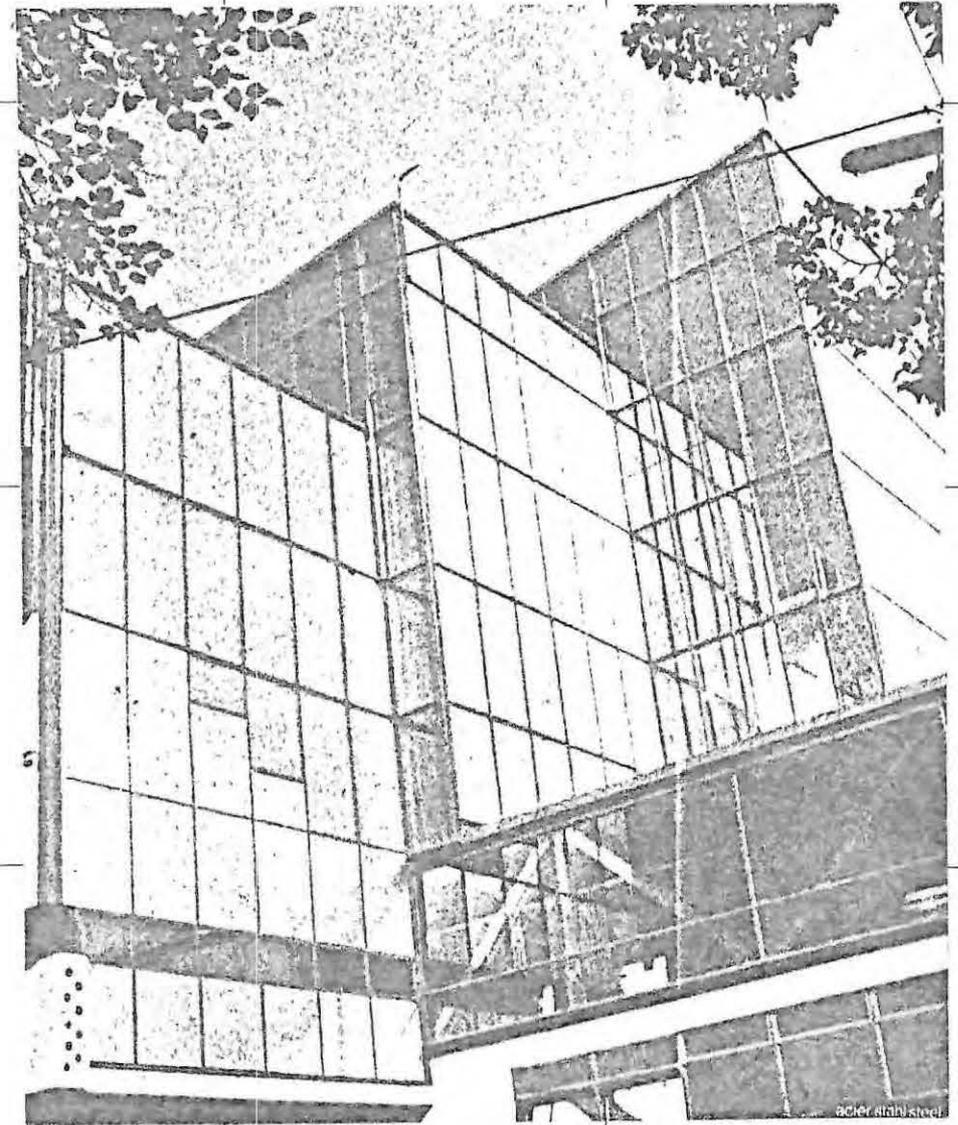
OBRA : Piscina cubierta de la "Wiener Stadthawe" (Viena, Austria)  
ARQUITECTO : Rolad Rainer  
INGENIERO : Herbert. Wycital  
FECHA CONST.: 1972  
LUZ ALCANZ. : 45.00 m

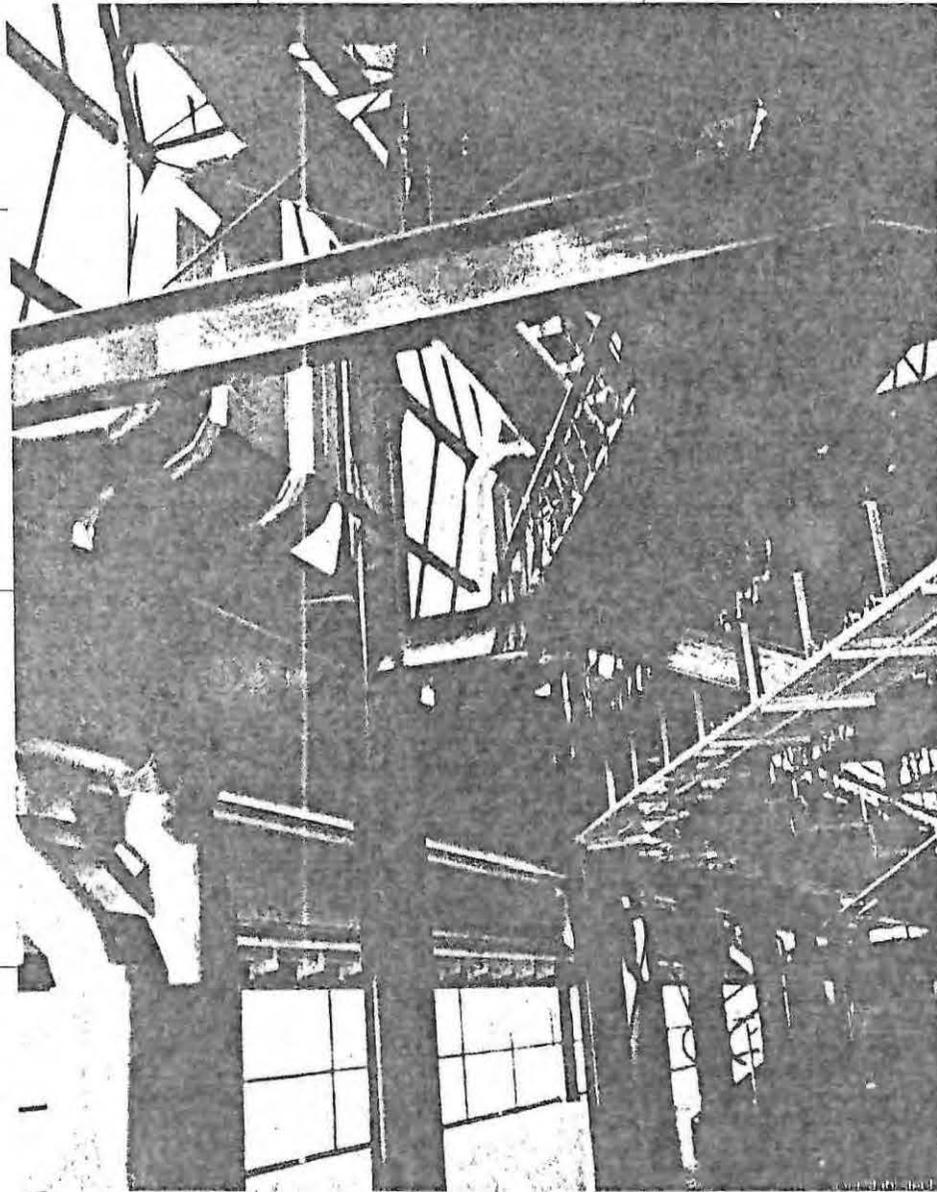
La obra consta de una serie de piscinas como parte de un centro deportivo más amplio: el "Wiener Stadthalle".

Se trata de una construcción metálica que alberga una piscina de competición de 10.00 x 25.00 Mts., con un foso para saltos desde trampolines.

Se requería además una piscina de adiestramiento de 50 Mts. de longitud por 10.00 Mts. de anchura. Así como una piscina de aprendizaje de 15.00 x 6.50 Mts. se precisaban igualmente saunas distintos para hombres y para damas y un tercer sauna reservado a los deportistas.

Para realizar tal programa que exigía no poco espacio en un terreno limitado, no se podía concebir más que un edificio con varios niveles.





Como una de las fachadas del edificio presenta un trazado a resaltos, las vigas principales tienen luces diferentes que llegan a 45.00 Mts. tienen también una inclinación que varía siguiendo la de la cubierta. se trata de vigas de alma llena, cuya altura normal es de 2.20 Mts. y cuya alma esta perforada por aberturas redondas de 1.00 Mt. de diametro, con el sólo objeto de darles una apariencia más liviana.

A proximidad de los puntos de apoyo, su altura disminuye grandemente, de modo que los ensambles con sus soportes se asemejan a verdaderas articulaciones.

De un lado, las vigas toman apoyo sobre soportes pendulares y, del otro sobre soportes empotrados en las fundaciones, sobre los cuales se apoyan igualmente los porticos, que soportan las tribunas. La cubierta es de chapas trapezoidales, que estan ensambladas entre si por tornillos roscadores y a las vigas por pernos hincados con pistola.

La sala principal, a la cual está adosado un restaurante con tres paredes acristaladas, se abre al este sobre una terraza solarario que forma el techo de una sala de bowling.

La armadura de cubierta, de acero comprende esencialmente vigas principales de gran luz dispuestas en el sentido de la anchura del edificio y separados 7.15 Mts.

Estas vigas soportan la techumbre y transmiten a las fundaciones los esfuerzos ejercidos por el viento sobre las fachadas longitudinales. Los esfuerzos del viento en la otra dirección son transmitidos a los muros longitudinales por las chapas de cubierta que se extienden entre las vigas, y pasan a continuación a las fundaciones via un contraviento.

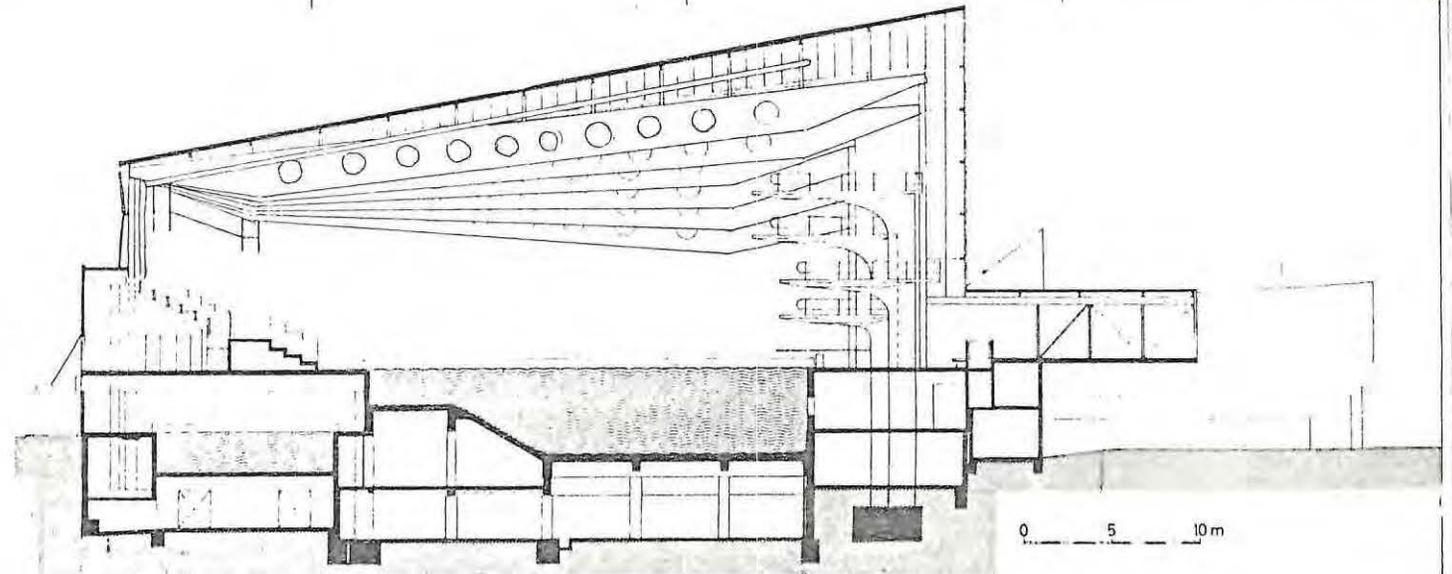
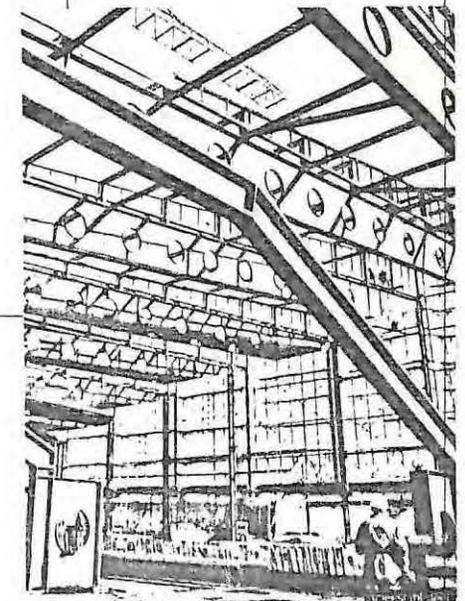
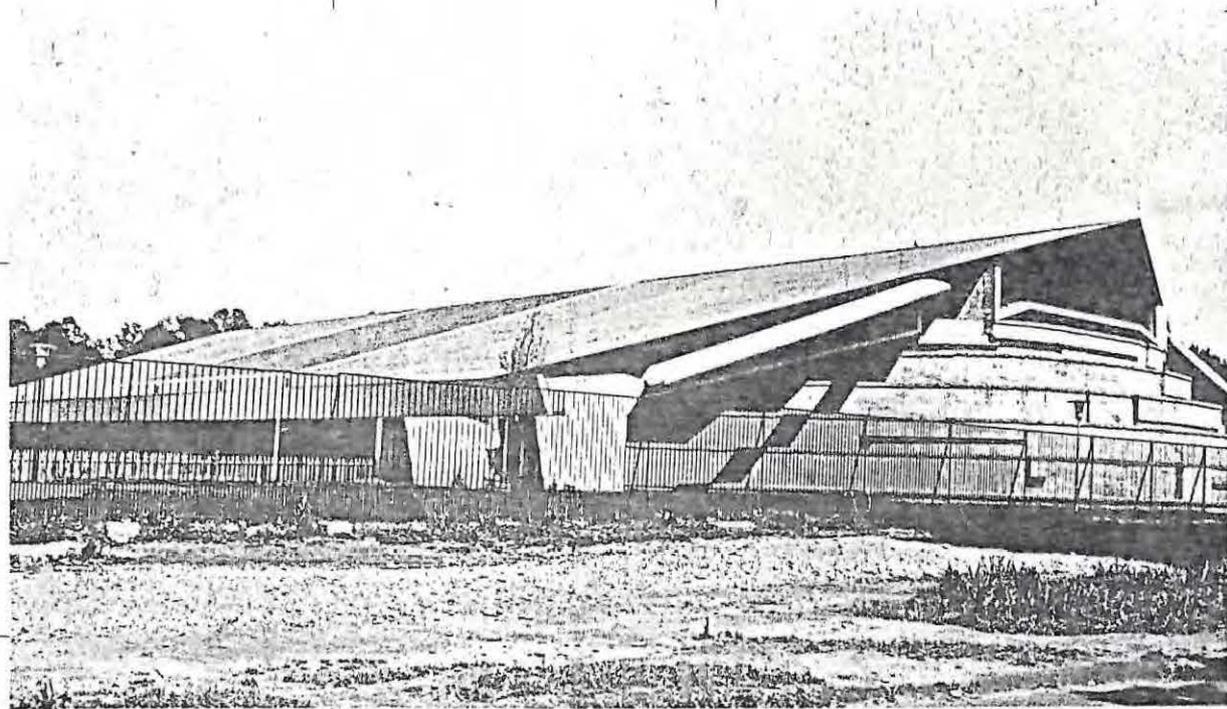


Fig. 2. Sección en el edificio. A distinguir las grandes vigas aligeradas, el armazón de las tribunas (a la izquierda), la gran piscina con los trampolines, la galería que da acceso al exterior (a la derecha) y la piscina de entrenamiento (en la planta baja).



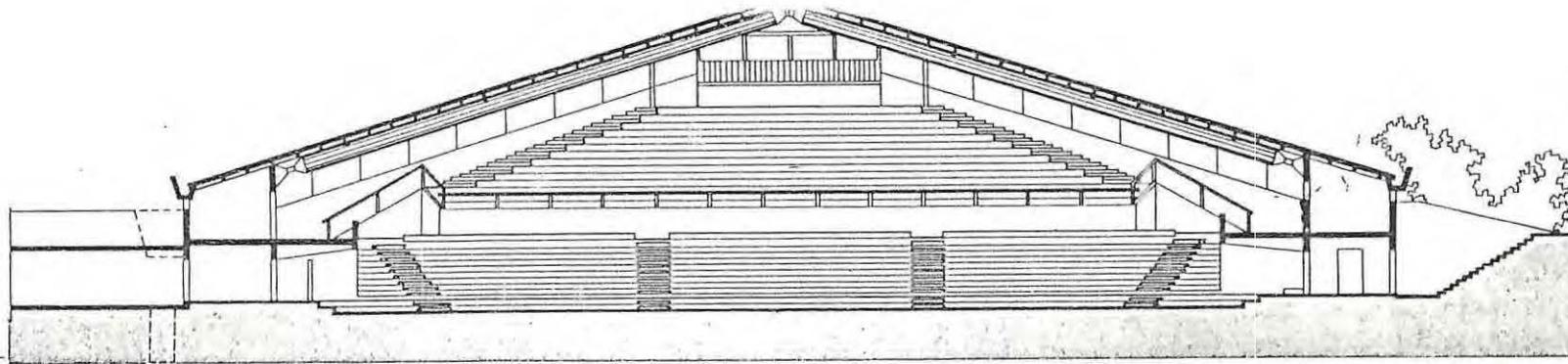
DESTINO OBRA : GIMNASIO DEPORTIVO  
LUGAR : VALDIVIA, CHILE  
AÑO CONSTRUCCION :  
LUZ ALCANZADA : 45.00 m.  
ARQUITECTO : M. Recordón



Se trata del gimnasio cubierto de Valdivia, que forma parte de un centro deportivo.

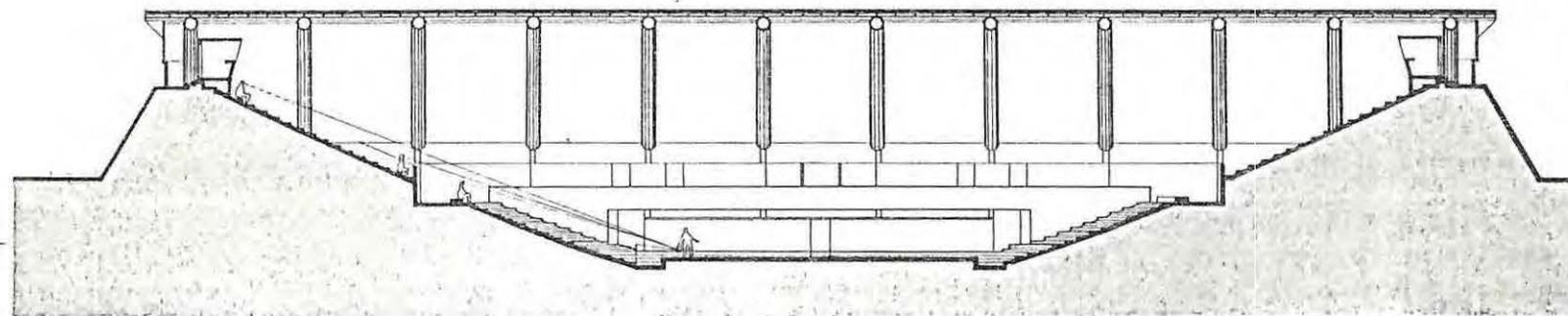
La arquitectura aquí podría crear un impacto grande en el espacio natural bajo el bosque antiguo y más aun tratándose de un volumen de características monumentales. Se decidió crear un espacio subterráneo entre los árboles, tratándose de cuidar la escala urbana.

Así fue como se creó un gran cráter artificial con un envigado gigantesco que sirve de estructura de techumbre.



**corte b**

0 1 5 10



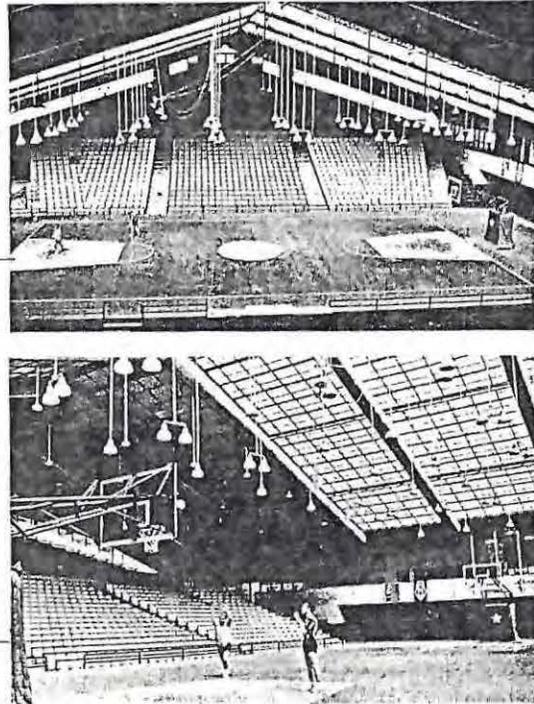
**CORTE aa**

0 1 5 10 20m

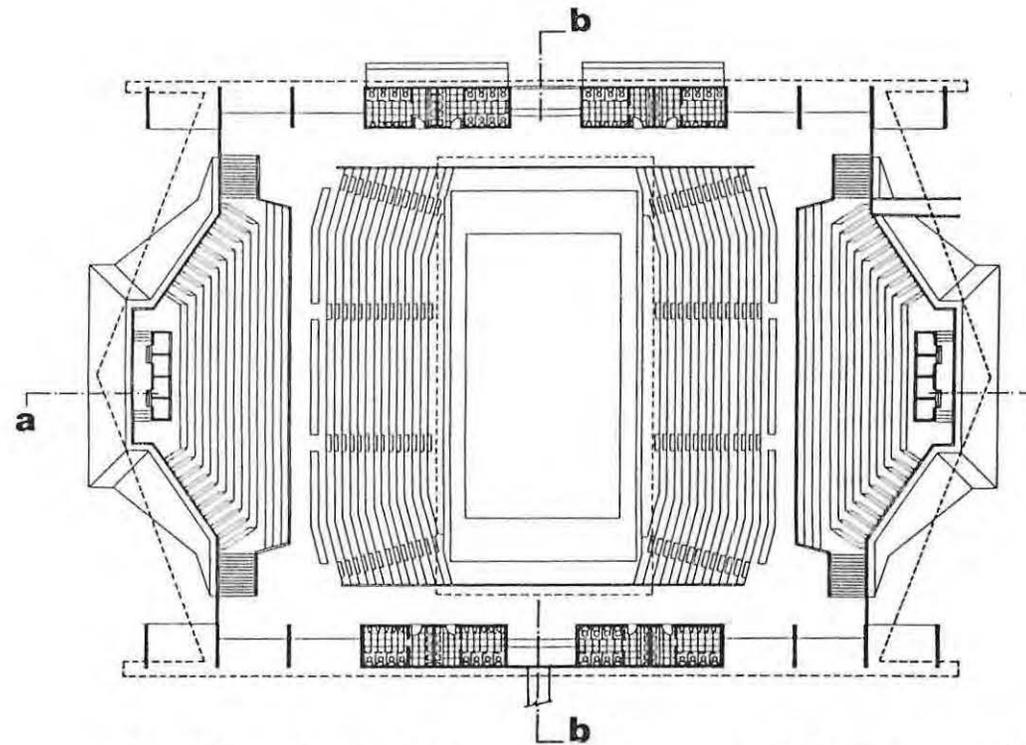
Gran espacio central con el campo de juego perpendicular a su eje mayor longitudinal. Paralelo a los ejes se han dispuesto los servicios que se encuentran entre muros contrafuertes que sirven de apoyo a la estructura de techumbre y definen el gran tramo del espacio de uso (tribuna y zona de juegos).

La estructura de techumbre esta constituida por tubos metalicos de 80 cms. de diametro, articulados en el centro y apoyados en muros contrafuertes.

De esta manera se definen dos grandes faldones que depositan sus aguas en dos canales de grandes dimensiones en ambos costados del gimnasio, lo que permite gran limpieza constructiva y funcional.



Fotos. gentileza revista AUCA

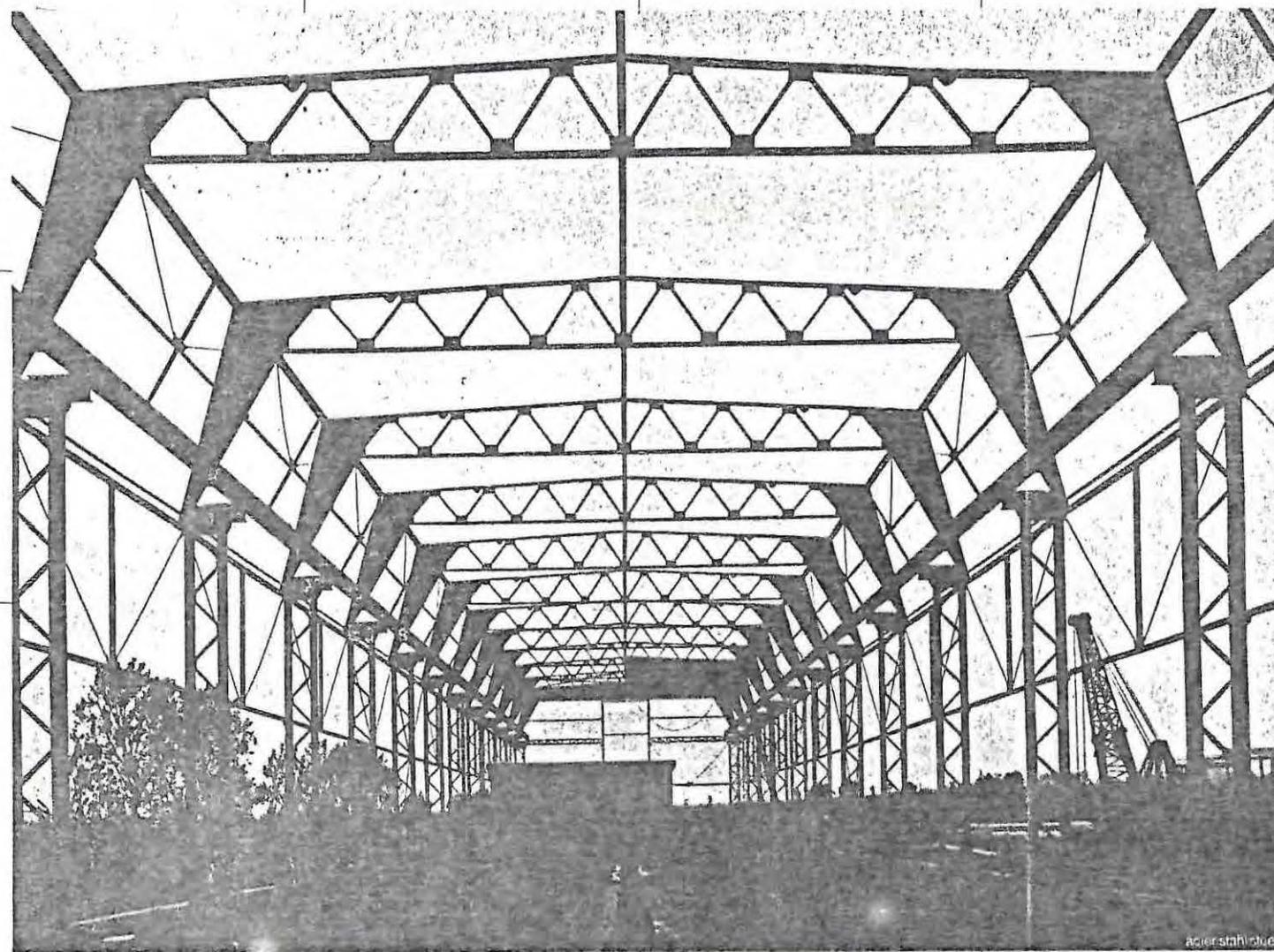


planta gimnasio

0 5 10 20m

La luminosidad interior se garantiza con una sobre-cubierta de plástico re-  
forzado Femoglas, que además permite un cierto equilibrio térmico aprovechando  
la energía pasiva que se desprende del gran volumen interior de aire encerrado  
por la edificación y el frescor natural de la geografía que le dió ubicación.

OBRA : Nave para residuos radioactivos  
ARQUITECTO : Italo Stegher  
INGENIERO : Maurizio Modesti  
FECHA : 1971  
LUGAR : Casaccia (Roma)  
LUZ ALCANZ. : 15.00 m.



El edificio cubre una superficie de 15 m x 65 m. En previsión de una extensión eventual, no podía contarse con contravientos transversales en los extremos del edificio. Estos factores han determinado una solución caracterizada por dos elementos estructurales: la armadura de cubierta y los soportes colocados en periferia para sostener esta estructura (fig. 7).

La estructura del techo está formada por pórticos en celosía cuyos pies son triángulos de alma llena.

Los cordones están constituidos por perfiles y las barras son angulares acopladas. Esta estructura está articulada en cabeza de los soportes. Dichos soportes, igualmente en celosía, tienen cordones, las barras están formadas por pares de

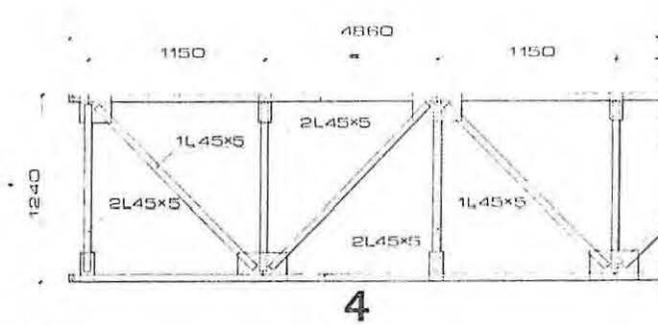
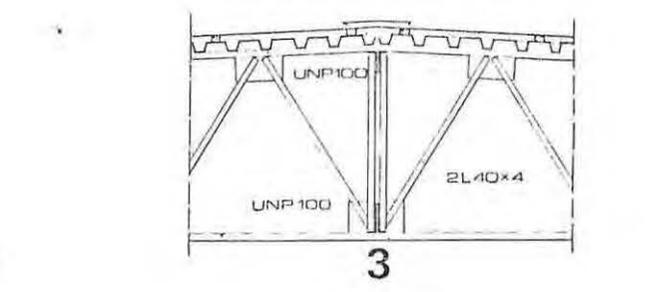
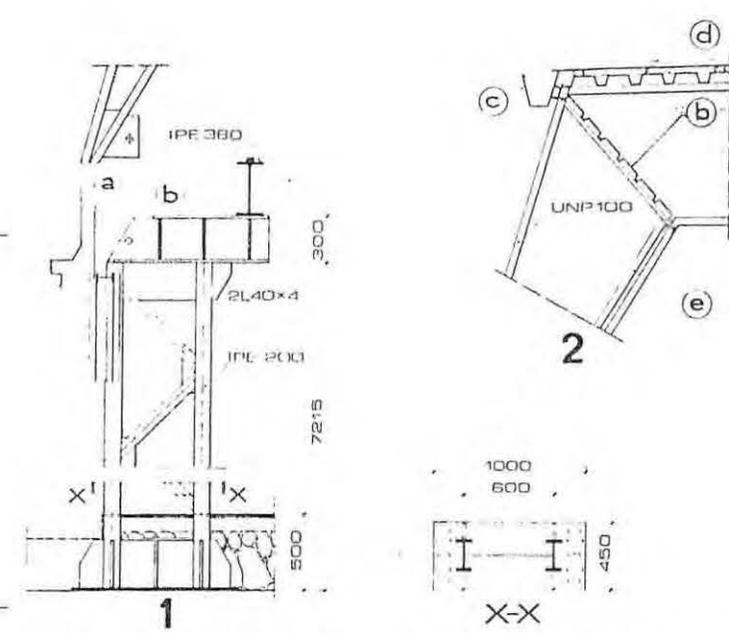
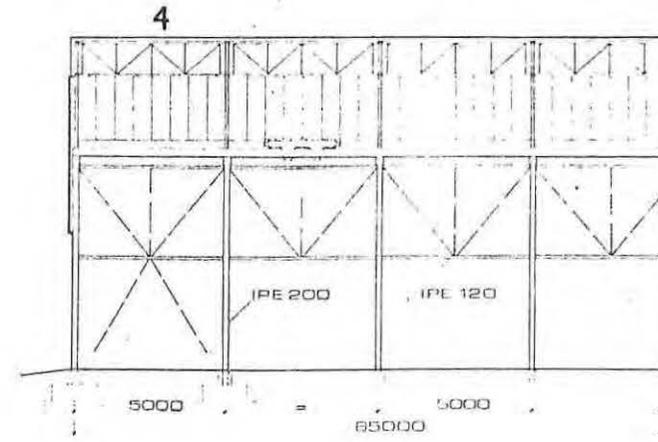
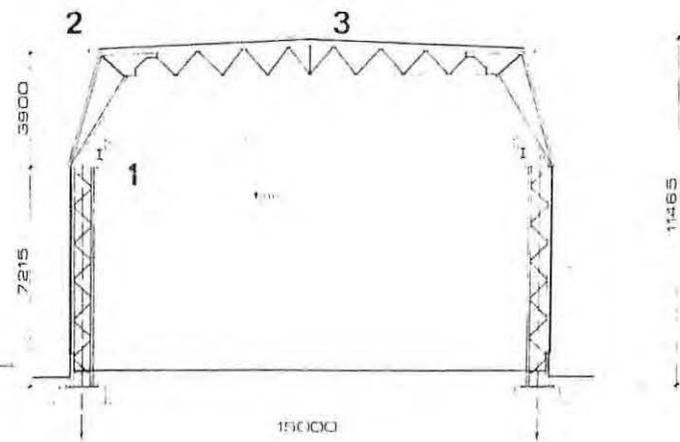


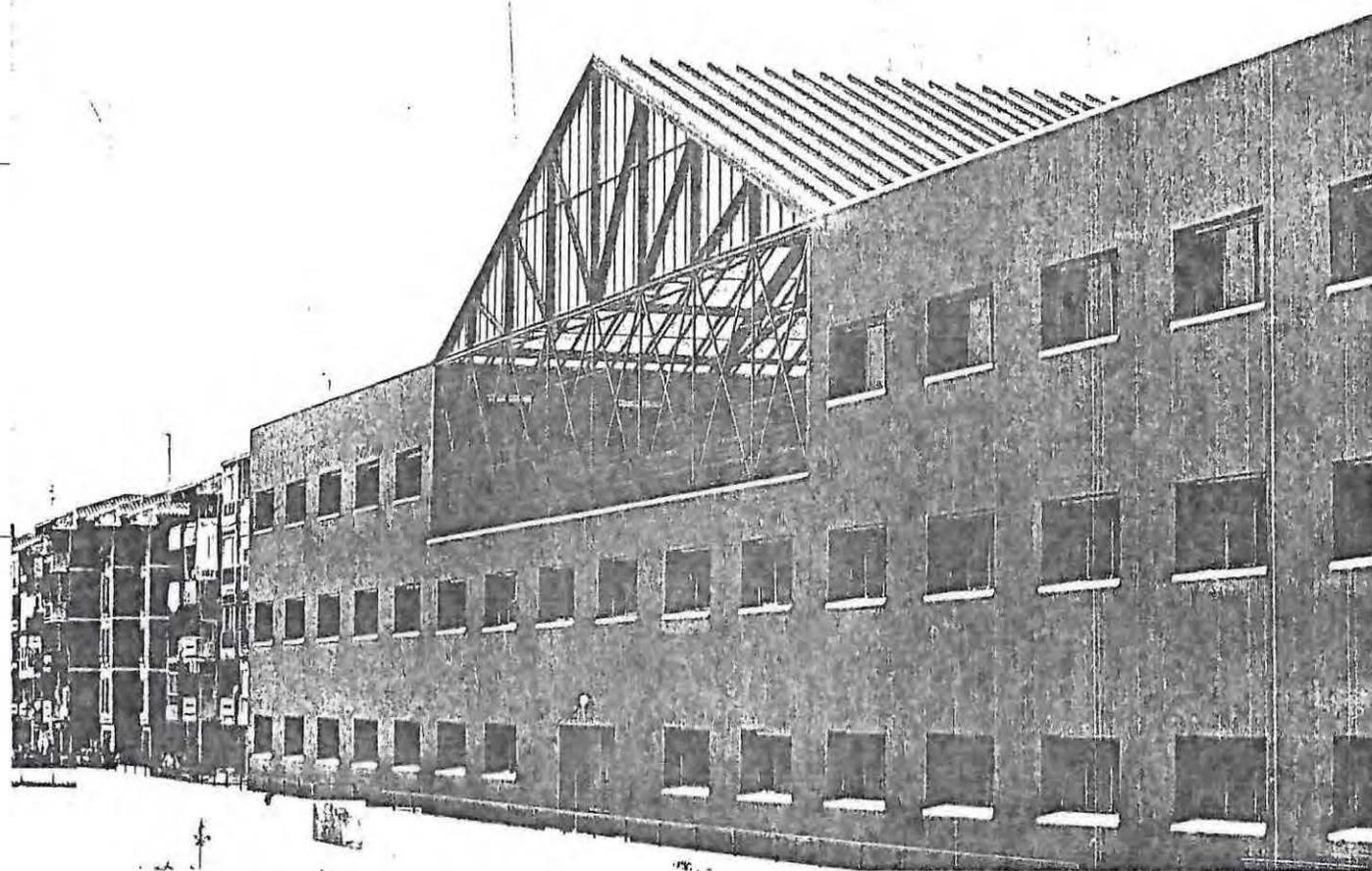
Fig. 7. Nave del CNEN en Casaccia. Secciones transversal y longitudinal. Detalles: a) Cubrejunta. b) Cerramiento. c) Canalón. d) Cubierta. e) Vidriera.

Los soportes están dispuestos cada 5 m. Las cerchas del techo se sujetan a sus cordones exteriores, mientras que los cordones situados hacia el interior del edificio sostienen las vigas de rodadura del puente.

En el sentido de la longitud, las acciones del viento y del frenado del puente-grúa son absorbidas por contravientos murales introducidos entre los soportes.

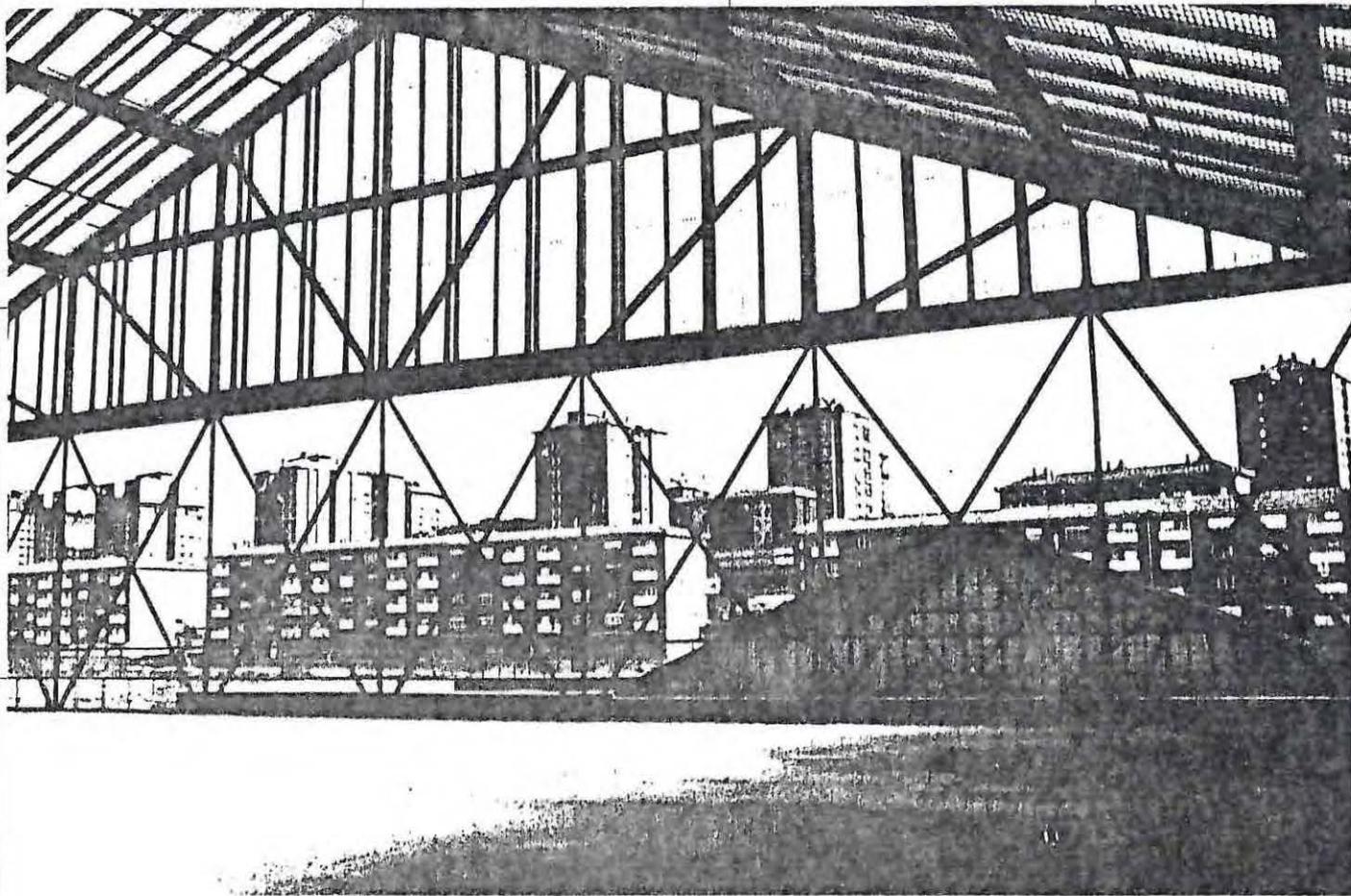
Entre los dos últimos soportes de cada extremo de pared, este contraviento se extiende en toda la altura del muro. Entre los otros soportes, se limita a la mitad superior de la pared.

OBRA : Centro educacional  
ARQUITECTO : Alvaro Aritio  
FECHA : 1983/85  
LUGAR : Albericia, Santander (España)  
LUZ. ALCANZ.: 48,00 m.

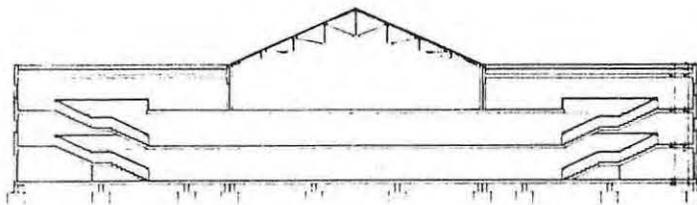
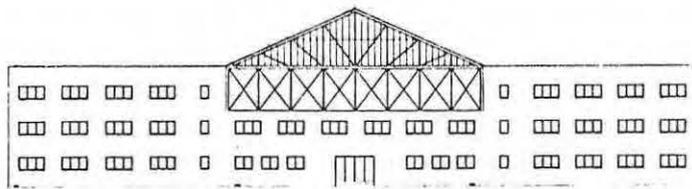


En el edificio la idea dominante es la de un espacio cubierto al aire libre que, debido al clima, se convierte en el lugar fundamental de los alumnos y, por tanto, pasa a ser el protagonista del proyecto. La composición se pone así al servicio de esta idea primaria, y se configura como un inmenso frontón, cuyo cuerpo de sostén serían los sistemas de salas en altura.

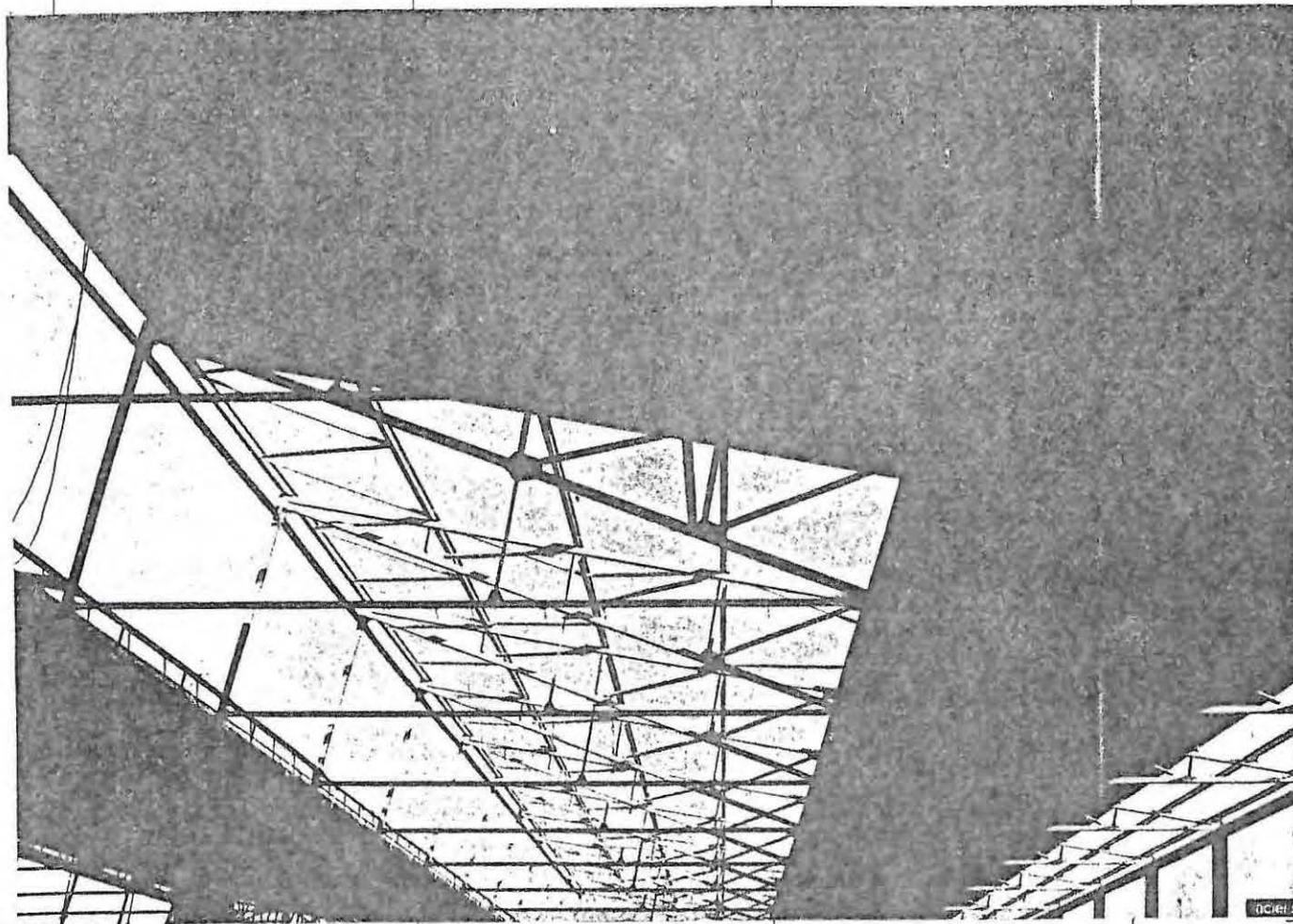
Para ello se utilizaron cerchas metálicas de gran ligereza que consiguen crear una gran transparencia, incorporando el exterior a este patio cubierto.



Dicha composición no es,  
por otro lado, más que el re-  
sultado de disponer un inte-  
rior de máxima flexibilidad,  
con un eje único de comuni-  
caciones y con máximo aprove-  
chamiento de la superficie.



OBRA	:	Establecimiento "Findus"
ARQUITECTO	:	Vittorio Mosco
INGENIERO	:	Maurizio Madesti
FECHA	:	1972
LUGAR	:	Cisterna Italia
LUZ ALCANZ.	:	19,20 m.



Esta edificación se suma a un complejo existente y se divide en dos partes. La primera esta destinada a las operaciones de preparación y de almacenaje; la segunda, a la carga y descarga de camiones.

El acero se ha elegido como material de la estructura en función de diferentes exigencias: entre otras, una gran rapidez de ejecución, soportes verticales poco voluminosos y largos tramos entre los mismos, y por último una iluminación natural intensa y uniforme.

Para la primera zona que cubre una superficie de 105.60 x 57.60 Mts., se ha elegido un sistema de Sheds, sostenidos por vigas longitudinales continuas de alma lle que se apoyan a su vez sobre pies derechos dispuestos a 19.20 Mts. en ambas direcciones.

La parte levemente inclinada del Shed soporta la cubierta propiamente tal, mientras que la parte casi vertical esta vidriada.

Desde el punto de vista estatico, la estructura de cubierta comprende cerchas en celosia y los montantes de la parte vidriada. Estos elementos estan articulados sobre sus soportes y en su juntura y enlazados por un tirante que absorbe el empuje horizontal.

Las vigas principales sobre las cuales se apoyan las armaduras Shed son vigas continuas de alma llena.

Toda la estructura ha sido fabricada y montada para ensayo en fabrica y despues transportada a pie de obra en elementos cuyas dimensiones máximas no excedían de las de la retícula (19.20 Mts.).

Las vigas fueron ensambladas a pie de obra por bulones de alta resistencia. En lo que concierne al contraviento, se ha creado, en el sentido longitudinal, porticos constituídos por el conjunto viga/pilar cuyos ángulos estan reforzados por un sistema en Celosia. En el sentido transversal, las acciones horizontales son enteramente absorbidas por el empotramiento de los pilares.

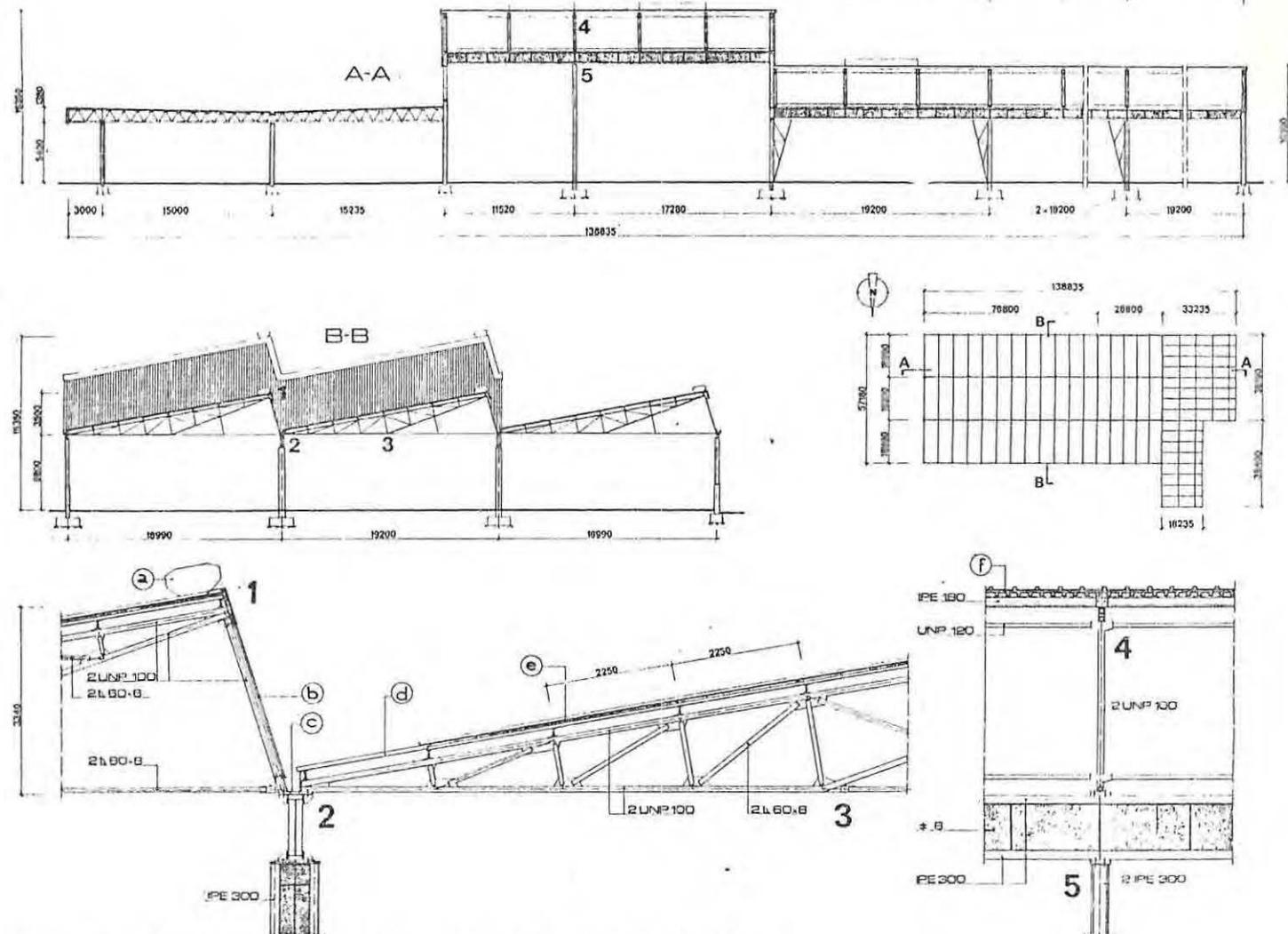
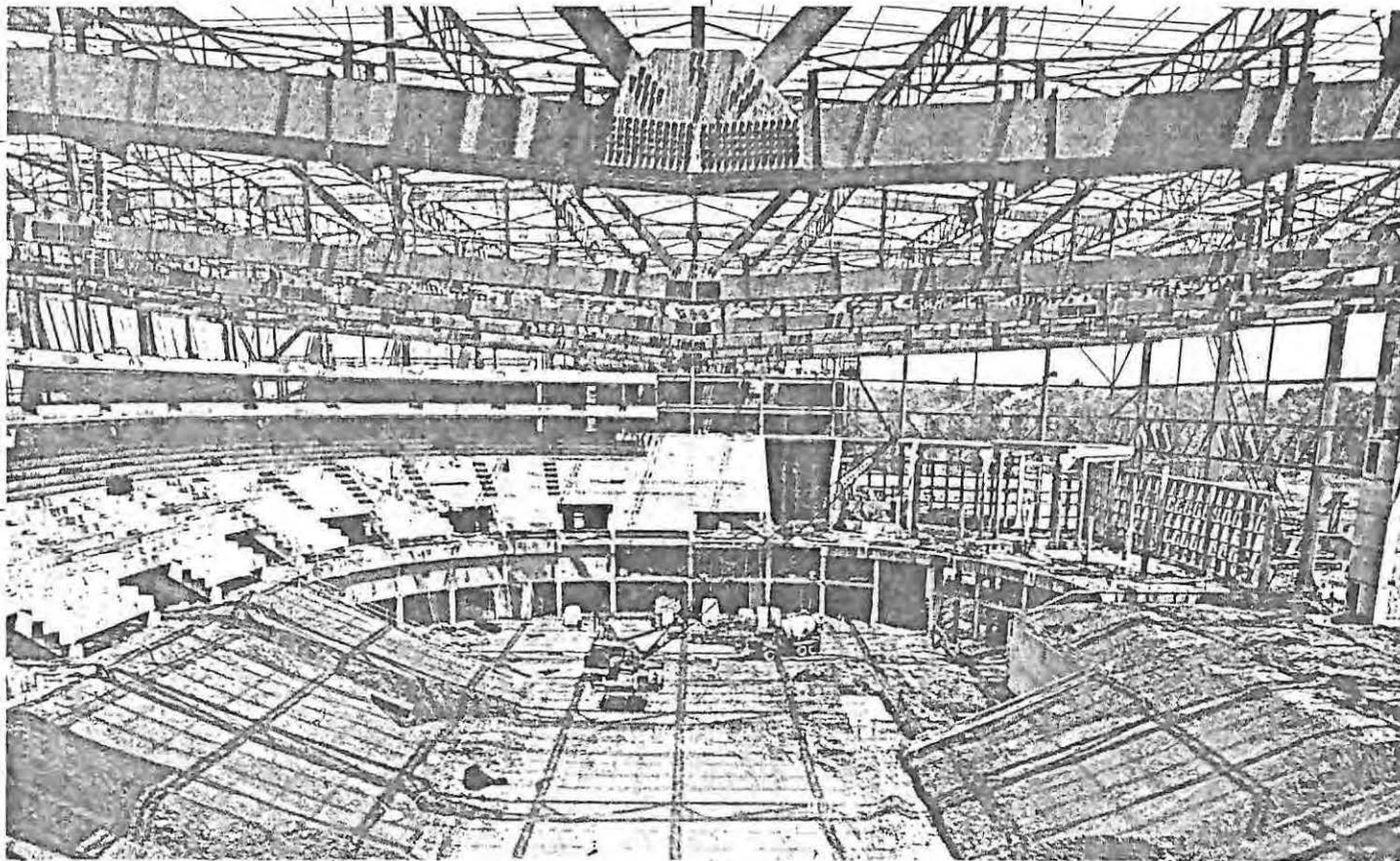


Fig. 2. Fábrica de Cisterna. Plano de conjunto (en el centro a la derecha). Secciones verticales A-A y B-B. Detalles: a) Ventilador. b) Vidriera en L-glas. c) Lima. d) Panel en filon. e) Chapas formando sandwich. f) Cubierta.

ESTADIO CUBIERTO (EE.UU.)

OBRA : Ohio Sports Center, Inc., Cleveland  
ARQUITECTO : F. Burton Mitchell, Arq.  
G. Earle Ross, Consejero  
INGENIERO : Chapin Associates Inc.

EMP. CONSTRUCTORA : Passalacqua Builders, Inc.  
FAB. ARMADURA MET. : American Bridge Division;  
United States Steel Inc.  
LUZ ALCANZ. : 102.00 m.



El "Ohio Sports Center" es un establecimiento privado situado cerca de Cleveland. Para una vecindad de unos 5 millones de personas. Concebido en su origen para servir de estadio a los equipos profesionales de Hockey y Basketball, tiene una capacidad de aproximadamente 19,000 personas. Actualmente se ha convertido en un establecimiento para fines múltiples que reclaman un gran espacio cerrado y cubierto.

En planta la parte más importante del edificio es un rectángulo de 100 x 137 M, la altura del edificio, del nivel de la pista al caballete del tejado es de aproximadamente 37.50 M., sin embargo a causa de la pendiente de la techumbre y por el hecho de estar 8 Mts. bajo tierra, la altura aparente, vista desde el exterior es de 25 Mts.

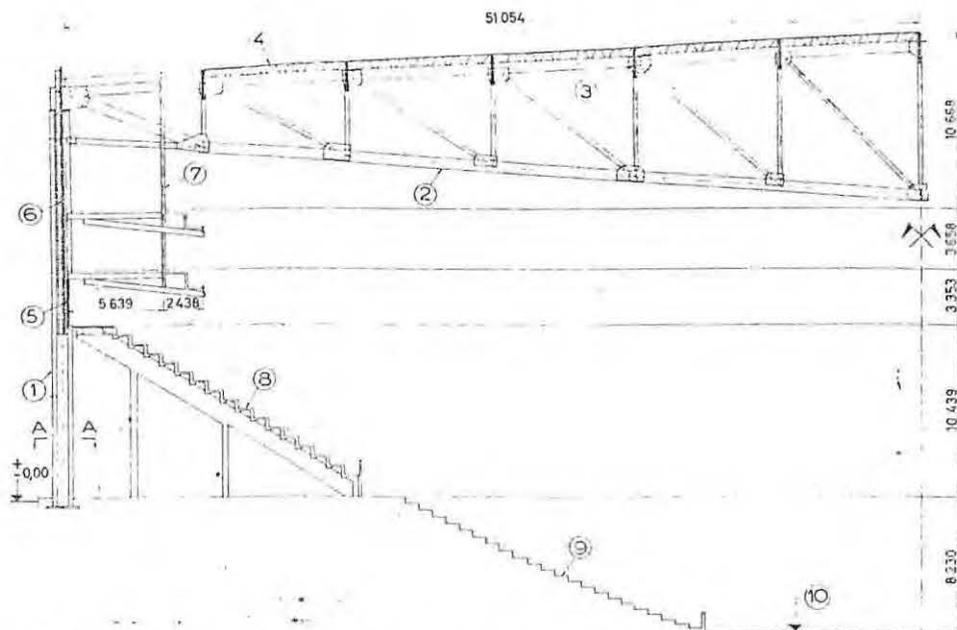


Fig. 3. Semi sección transversal en el edificio. (1) Columna metálica principal. (2) Cercha principal. (3) Cercha secundaria. (4) Correas en celosía. (5) Viga en celosía en fachada. (6) Viga prefabricada en hormigón armado de sección en té. (7) Tirante de suspensión de los palcos. (8) Gradas prefabricadas de hormigón. (9) Gradas hormigonadas in situ. (10) Pista.

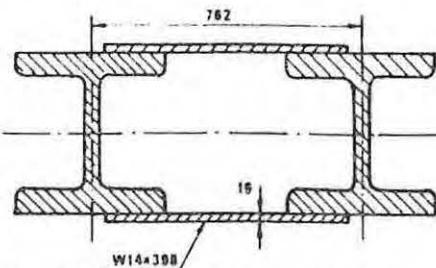


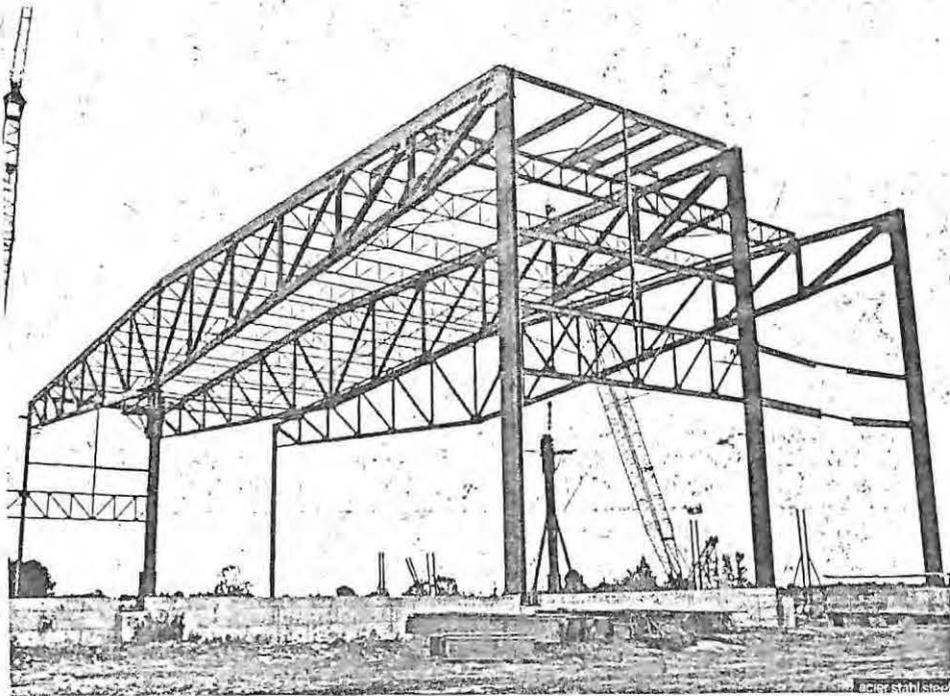
Fig. 5. Sección A-A de la figura 3. Las columnas principales están formadas por dos perfiles W 14 reunidos por chapas. Las mismas están revestidas de hormigón.

Desde el punto de vista estructural, puede considerarse como compuesta por dos edificios - separados, uno de ellos comprende las tribunas - de hormigón, los pasillos y la pista; y el otro de estructura de acero, esta formado por los - palcos, la armadura de las paredes y la del te - cho.

En lo que concierne a su comportamiento es - tático, estas dos estructuras son practicamente independientes una de otra. puesto que sus fun - ciones eran relativamente distintas, así como - su geometría y sus materiales, se estimo que se simplificarán los cálculos si se consideraban - separadamente.

La armadura de la techumbre consta de seis grandes cerchas de acero de una luz de 102 Mts. Que salvan toda la anchura del edificio. Estas - grandes cerchas tienen, en el centro de su luz, una altura de 9.75 Mts.- que se reduce a 3.50 Mts. en cada extremo donde van sujetas a las colum - nas de acero.

Las columnas y las cerchas forman en conjunto porticos rigidos que - resisten a los esfuerzos horizontales en el sentido transversal al edifi - cio.



Los cordones de las cerchas son cajones de 66 cms. de altura y de 40 o 45 cms. de ancho, formados de chapas soldadas en fabrica que, en ciertos casos, tienen 90 mm. de espesor. Los montantes y diagonales son perfiles laminados de alas anchas.

La variación de altura de las cerchas (de 9,75 M. 3,50 Mts.) se ha obtenido dando a los cordones superiores e inferiores pendientes iguales, pero en sentido inverso. Esto para obtener un drenaje eficaz del techo por la pendiente del cordón superior, y aprovechando la dirección natural de las miradas de los espectadores para ganar sitio encima de los palcos del contorno.

Cerchas secundarias enlazan las grandes cerchas entre si, estas tienen una altura uniforme de 1,80 Mts. en los tramos interiores y de 2,50 Mts. en los extremos. Están cada 8,50 Mts. entre si y soportan pequeñas correas de celosía, que, a su vez, soportan la cubierta.

La flecha total bajo peso muerto en el centro de la luz de las grandes cerchas, medida después del montaje, valía un poco más de 18 cms., lo que estaba de acuerdo con los calculos.

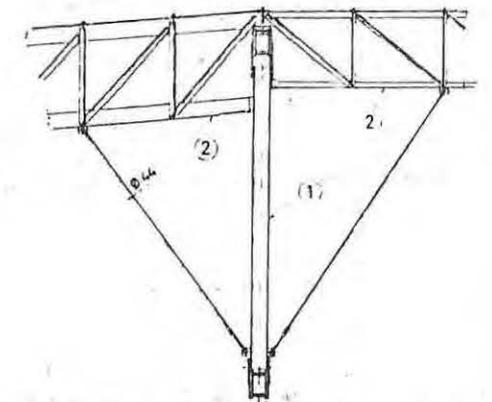


Fig. 8. Enlace entre las cerchas.  
(1) Cercha principal. (2) Cerchas secundarias.

El interior de la construcción está libre de todo pilar, de modo que la visibilidad sea perfecta desde cualquier localidad de espectador.

La fachada exterior comprende vigas prefabricadas de hormigón de sección en "T" que, ubicadas verticalmente y en contacto por los bordes, forman la pared. Las mismas están suspendidas a 9 Mts. aproximadamente encima del paseo cubierto exterior; sólo las columnas metálicas periféricas penetran en las fundaciones.

Las tribunas son de hormigón armado, parcialmente vertido Im Situ y parcialmente en elementos prefabricados. Todo el resto de la superestructura, es decir, el techo, los palcos y la estructura de las paredes, es de acero.

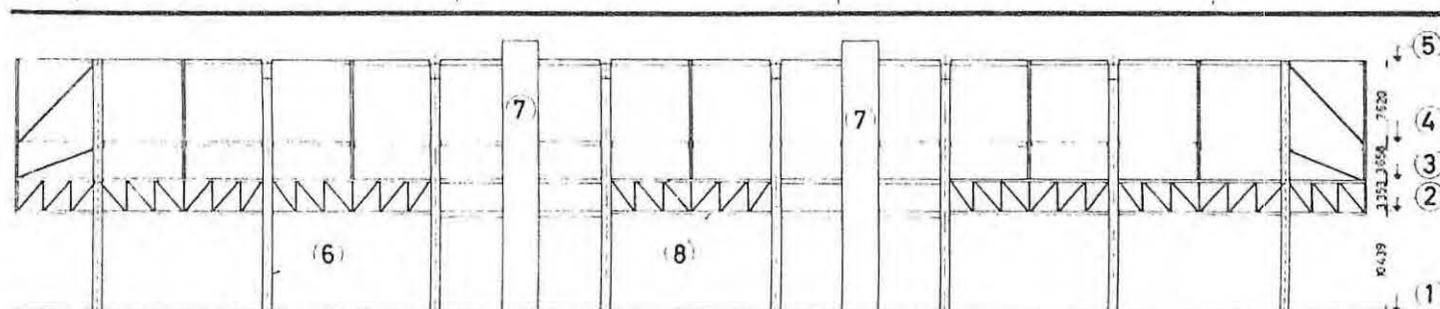
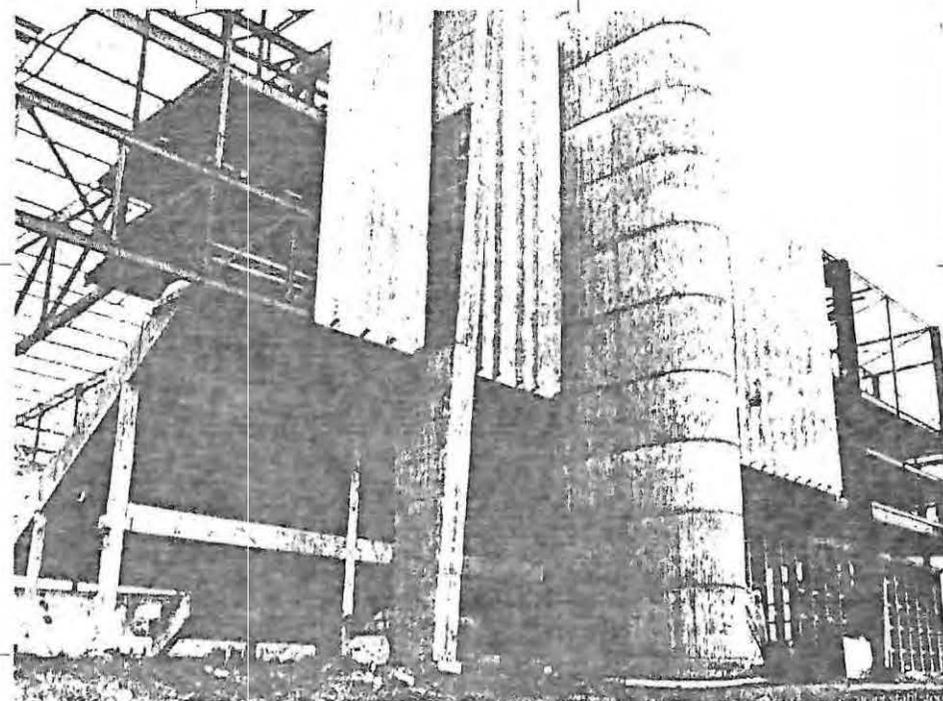
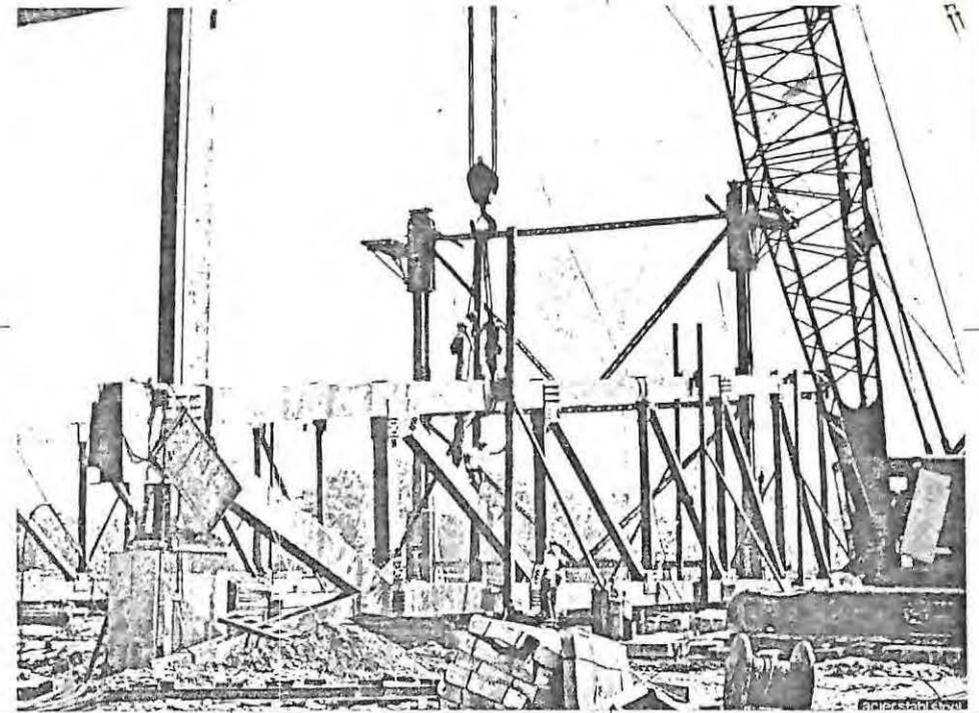
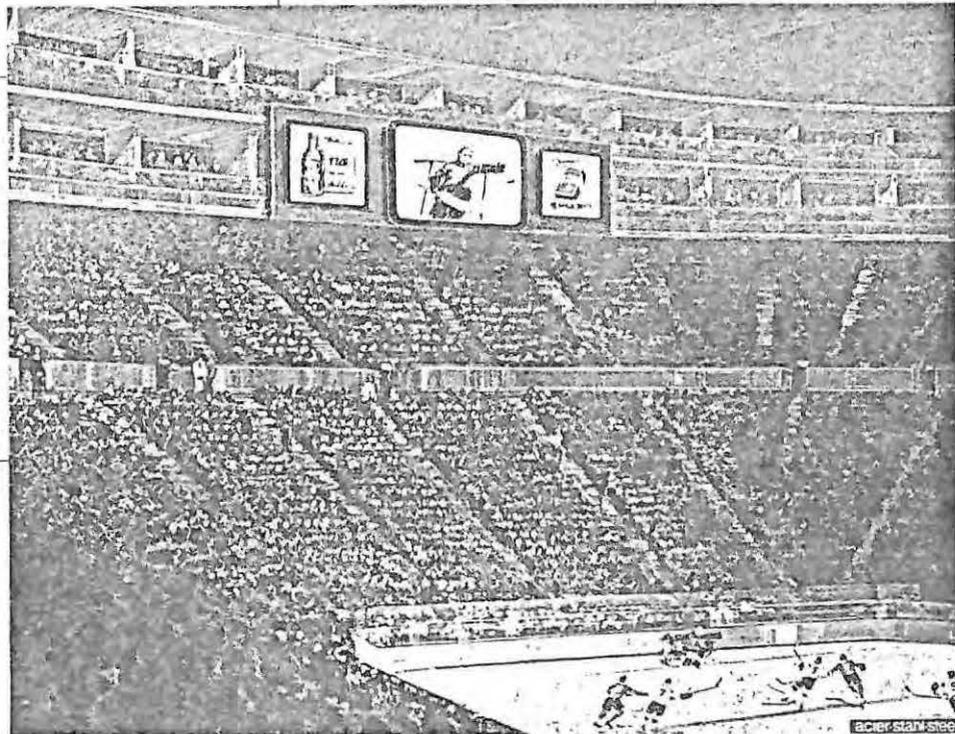


Fig. 2. Armazón de una fachada longitudinal. (1) Nivel del terreno exterior. (2) Plataforma. (3) Palcos interiores. (4) Palcos superiores. (5) Nivel interior de la techumbre. (6) Columna metálica principal. (7) Caja de escalera en hormigón. (8) Viga en celosía.

En el interior del edificio, siguiendo su perímetro, hay dos pisos de palcos, inmediatamente encima de las tribunas del estadio.

No se podían utilizar columnas puesto que era preciso asegurar una visibilidad sin obstáculos a partir de todos los asientos de las tribunas, los palcos debían estar suspendidos a la armadura de la techumbre y con un voladizo de 2.40 Mts. libres de tirantes. (ver corte).



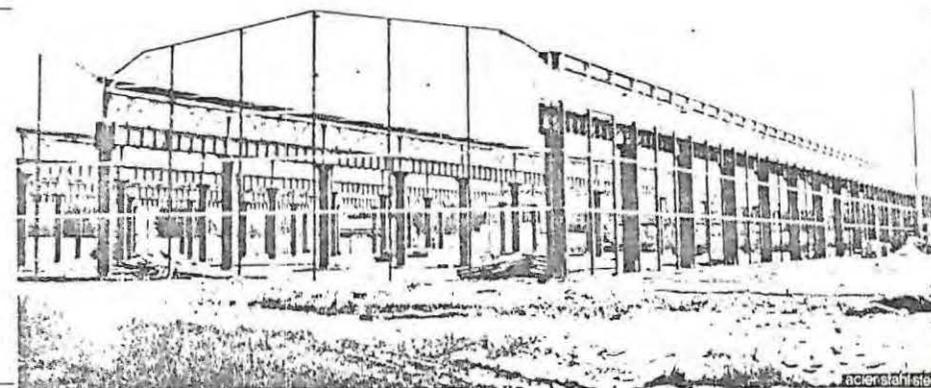
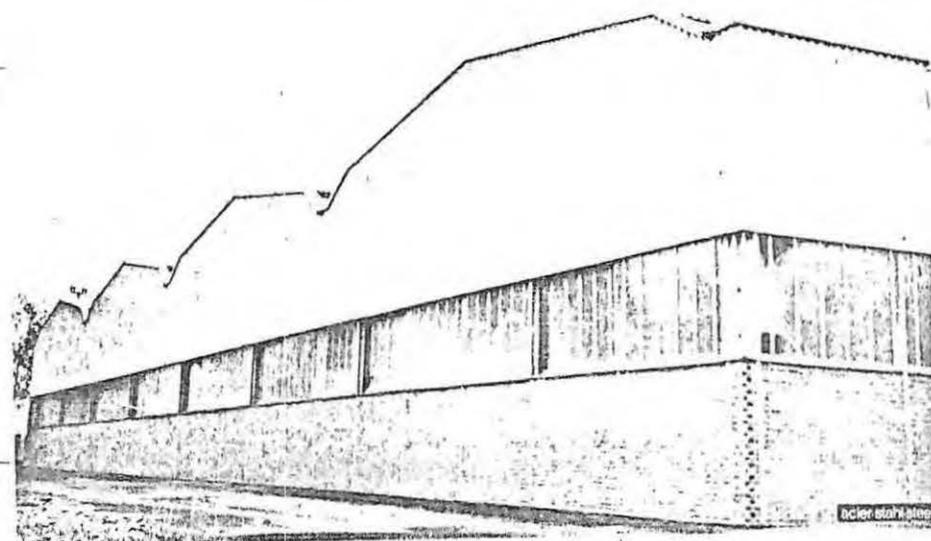
OBRA : Bodega de productos Siderurgicos  
ARQUITECTO : Gianfranco Cattana  
INGENIERO : Mario Cassini  
AÑO : 1972  
LUGAR : Casale Monferrato (Italia)  
LUZ ALCANZ. : 19.00 m.

Esta obra surge como una forma de hacer frente al crecimiento importante de la demanda en el transcurso de los últimos años.

Había que tener en cuenta el fraccionamiento del mercado en un gran número de productos (perfiles laminados en caliente y en frío, chapas de todo tipo y cualquier espesor, tubos, fundición, metales diversos, etc.)

Por eso se precisaba disponer de grandes hangares de almacenaje, concebidos de forma que las operaciones de carga y descarga fueran eficaces y económicas.

Las obras realizadas se reparten en dos zonas, una de ellas es un gran angor concebido bajo una gran estructura metálica.



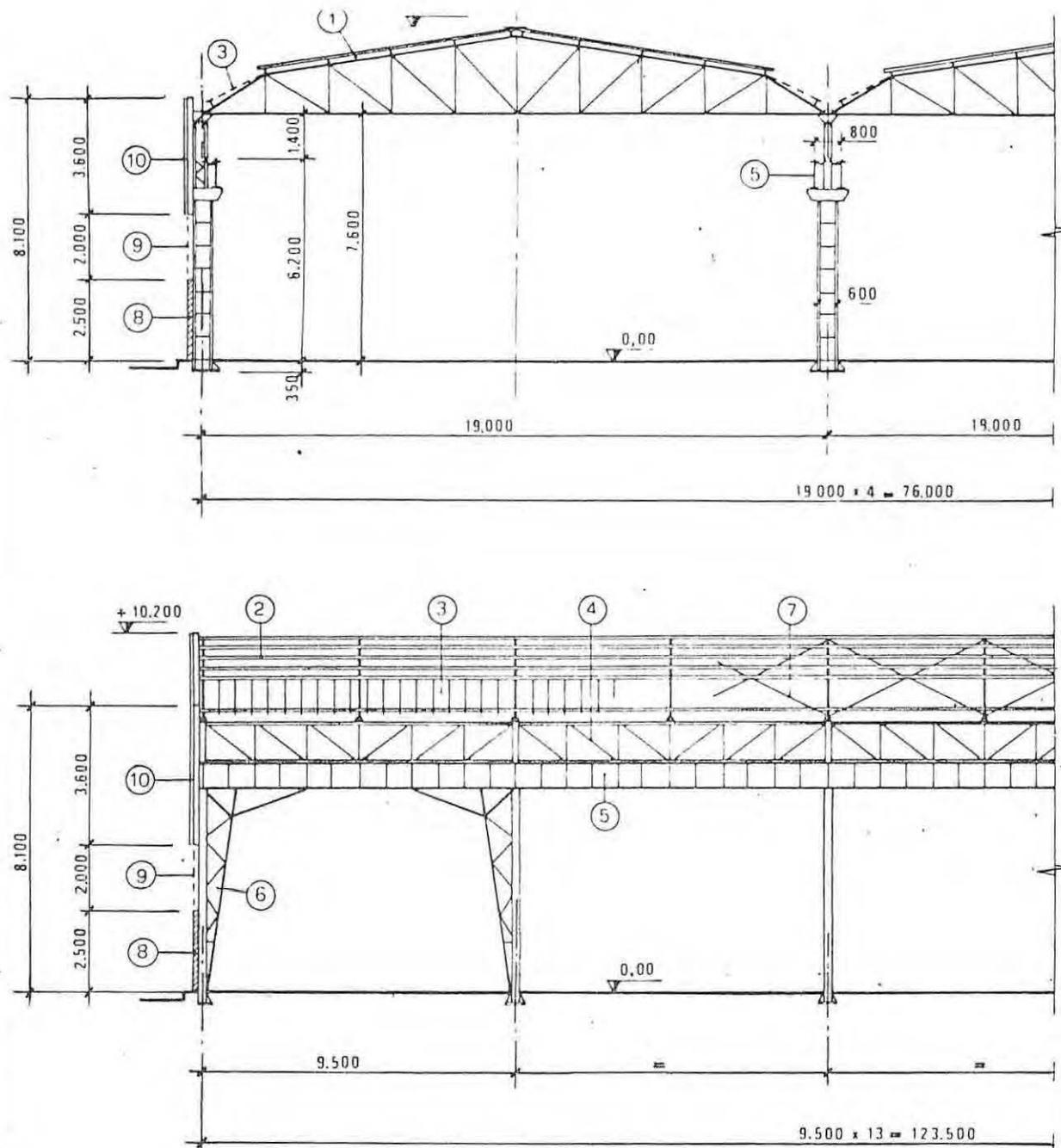


Fig. 2. Hangar principal. Secciones transversal y longitudinal. 1. Cubierta y techo en chapa de aluminio nervada. 2. Correas. 3. Claraboyas. 4. Vigas longitudinales que sostienen las cerchas. 5. Caminos de rodadura de los puentes. 6. Puntales de contraviento. 7. Contraviento de techumbre. 8. Muro de mampostería aparente por el exterior. 9. Parte acristalada. 10. Chapas de aluminio prepintadas.

Sus dimensiones en planta, de eje a eje de las columnas son de 76 Mts. por 123,50 Mts. - (9.386 Mt.2) y su altura es de 8.00 Mts.

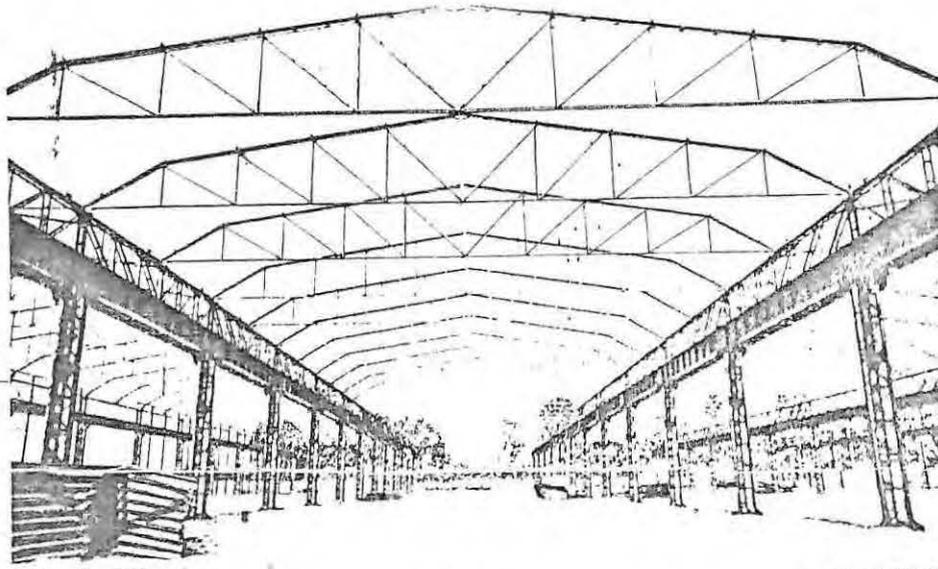
En sentido transversal comprende cuatro na<sup>ve</sup>s de 19.00 Mts. de ancho y longitudinalmente, trece tramos de 9.50 Mts.

El modulo de 19.00 x 9.50 Mts ha sido adop<sup>ta</sup>do teniendo en cuenta las necesidades de alma<sup>ce</sup>naje y la circulación interior.

La cubierta apoya sobre cerchas de 19.00 - Mts. de luz con bandas acristaladas en las vertientes bajas que bordean las limas y que estan - inclinadas 30° sobre la horizontal.

Cada nave esta servida por dos puentes - grua de 6 t. cada una, cuya altura máxima es de 6 Mts.

Los caminos de rodadura del puente grua - son perfiles reconstituidos por soldadura; tienen dos alas de 12 x 200 mm. y un alma de 8 x - 800 mm. con nervios verticales. La estabilidad transversal de los caminos de rodadura esta ase<sup>g</sup>urada por triángulos en angulares.



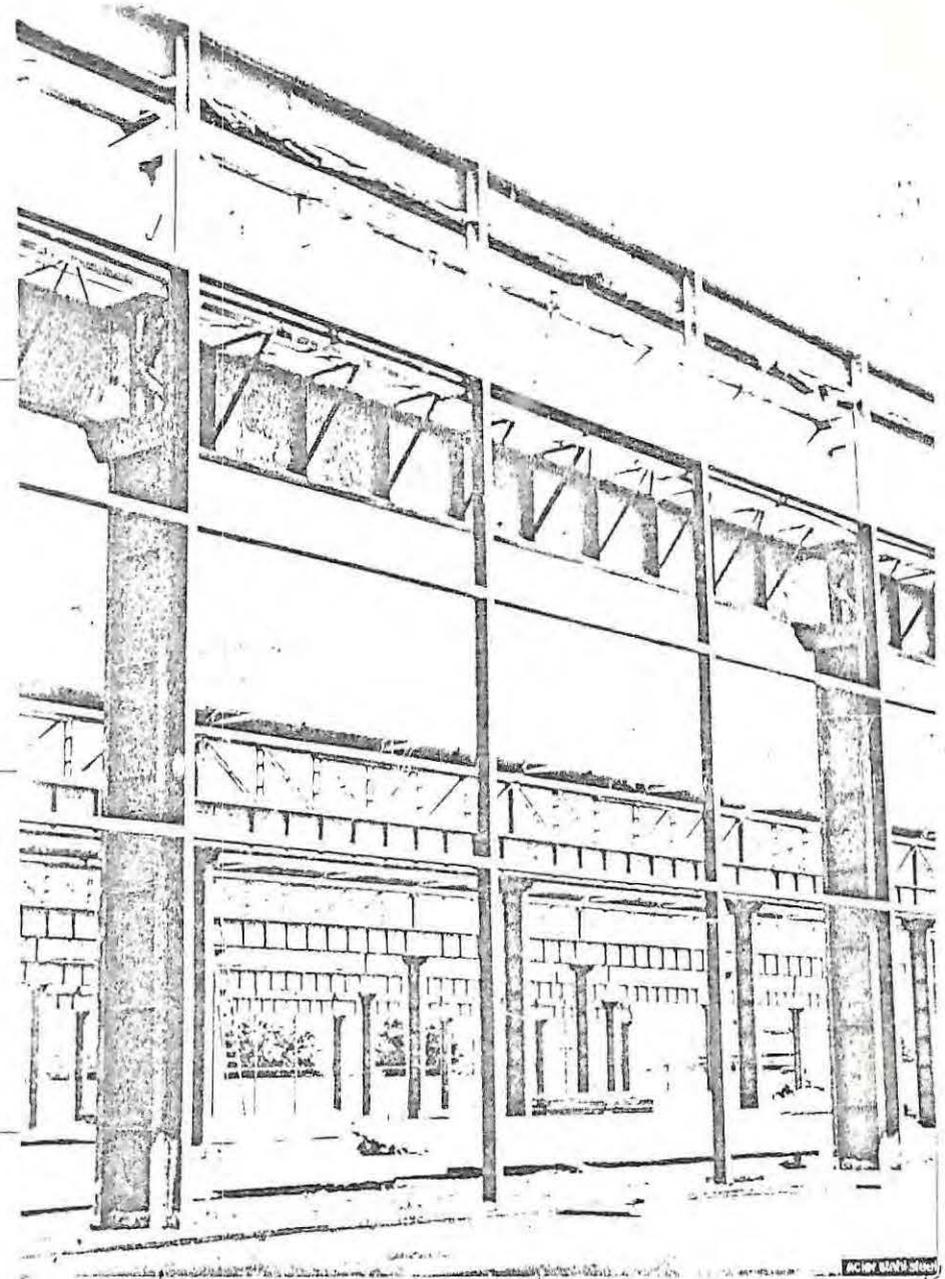
ACIER MATO SUCRE

Para el cálculo se han considerado como reposando en las columnas por apoyos simples, sin continuidad.

Las vigas longitudinales de orilla apoyados en cabeza de las columnas y recibiendo en centro de tramo la reacción de apoyo de las cerchas intermedias, son en celosías dobles, formadas en angulares pero dispuestas en cruz. La celosía se completa por las diagonales, compuestas de angulares acoplados, enlazados y soldados directamente al exterior de los cordones.

Se obtienen así cerchas de sección ensanchada y por ende de una gran rigidez transversal.

Las correas distan 1.30 Mts. de eje a eje y van simplemente de una cercha a otra, sobre 4.75 Mts, sin continuidad. La estabilidad de conjunto de la construcción esta asegurada por contravientos en pared.



ACIER MATO SUCRE

### III.2 PRESENTACION DE CASOS NACIONALES CON ANALISIS DE RETICULAS

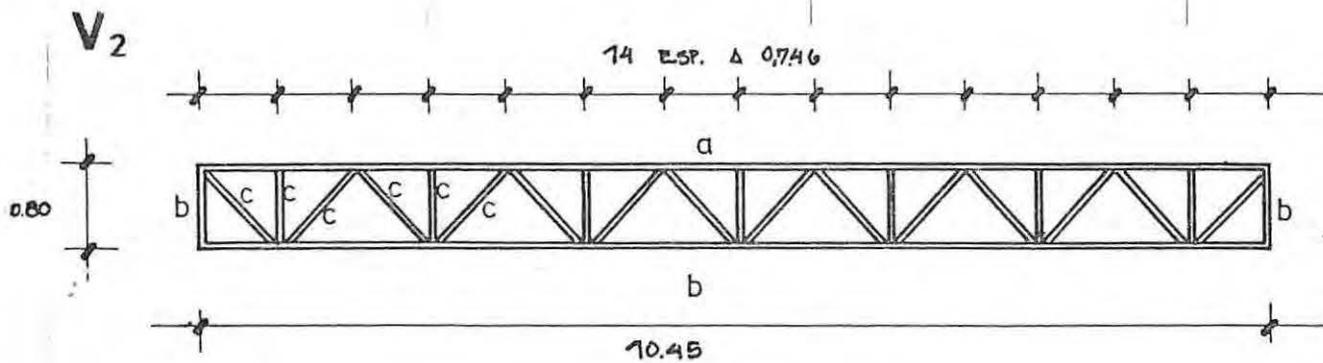
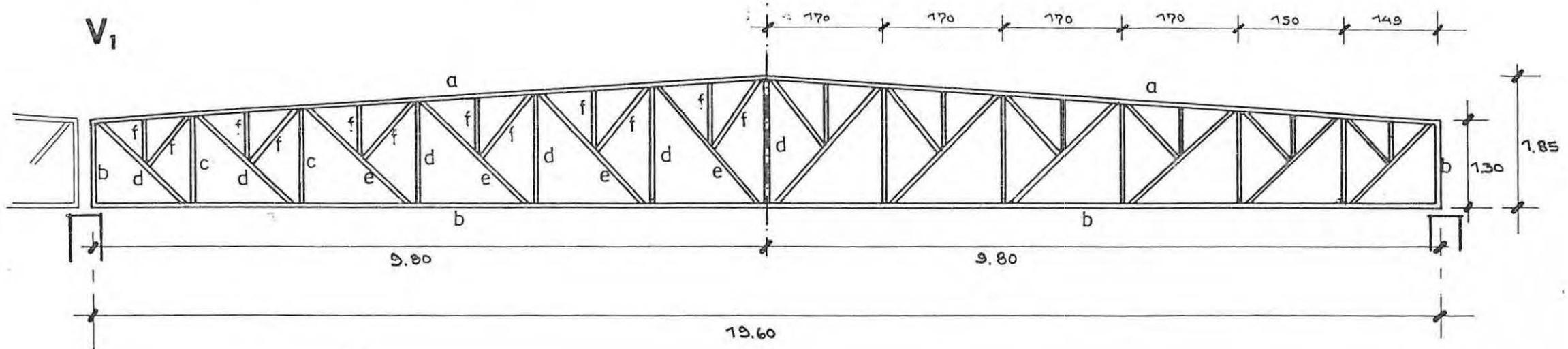
Hasta aquí la recopilación de casos extranjeros, a continuación se presenta el segundo grupo de casos, esta vez nacionales (con excepción del caso N° 3 ), en los cuales se hace un análisis más particular del elemento estructural (la retícula), que del edificio en general.

Los casos son los siguientes:

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| a) VIGA PRATT REFORZADA | Fruticola Del Curto<br>Buin, CHILE         |
| b) CERCHA AMERICANA     | Industria<br>Santiago, CHILE               |
| c) SHED                 | Establecimiento Rindus<br>Cisterna, ITALIA |
| d) VIGA PRATT           | Maestranza Goren<br>Santiago, CHILE        |
| e) VIGA WARREN          | Industria<br>Santiago, CHILE               |

CASO N° 1

- DESTINO OBRA: FRUTICOLA DEL CURTO S.A. BUIN
- FABRICANTE : INDUSTRIAS GOREN SANTIAGO
- AÑO : 1987
- LUZ : 19.60 m.



El ejemplo aquí presentado forma parte de un complejo mayor de una industria frutícola -Del Curto S.A.- La cual requiere para su buen funcionamiento de una gran cantidad de espacio libre de apoyos para el desplazamiento de vehículos cargueros, la estructura por lo tanto debía ser lo más liviana posible para los pocos apoyos con que contaría.

La planta del edificio está trabajada en base a un módulo de 19,60 m. x 10,65 m., la cubierta por tanto sigue esta retícula contando con vigas principales en el sentido de mayor dimensión y secundarias en el menor.

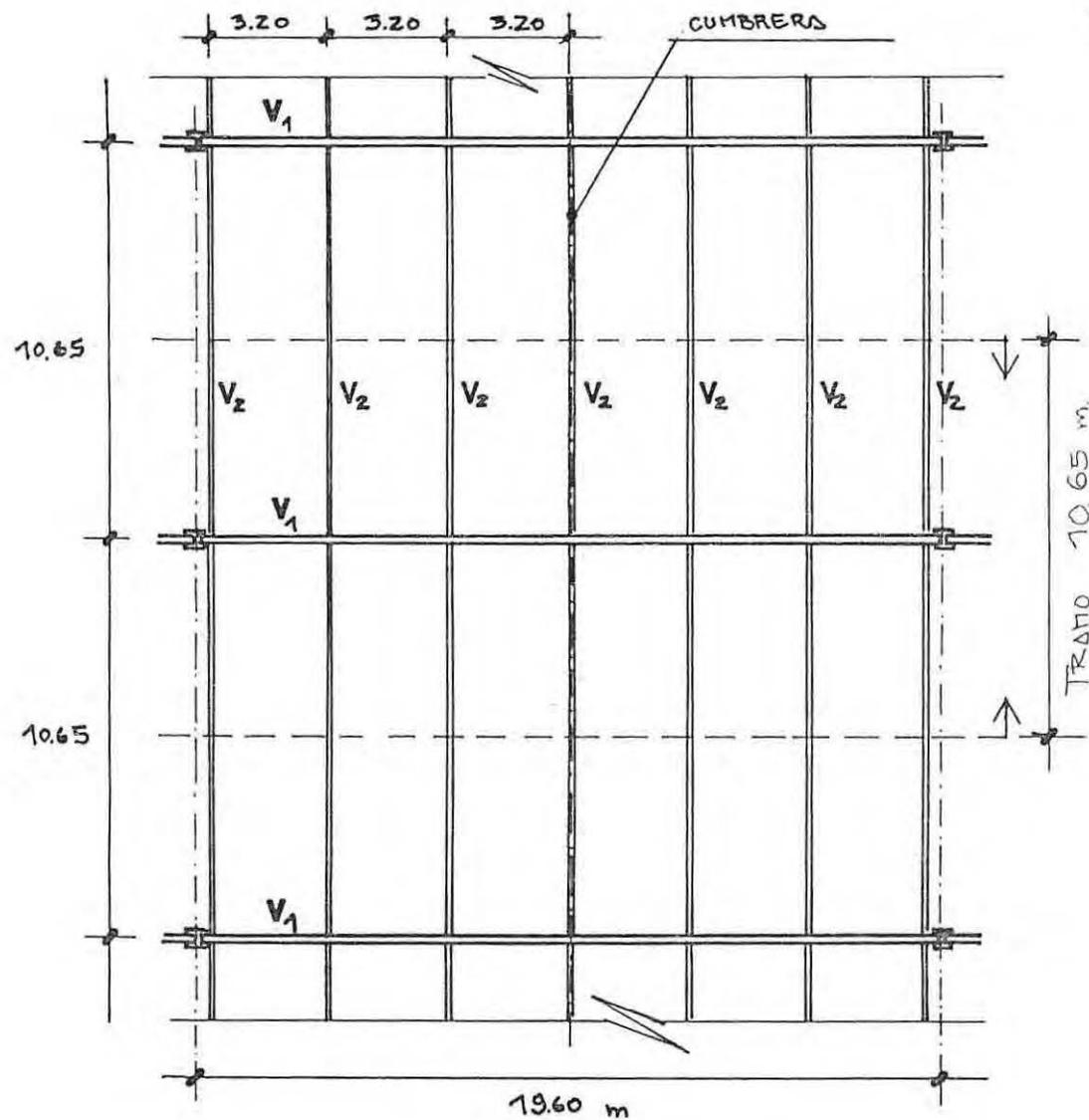
La viga principal es una celosía de cordones paralelos, con el superior ligeramente inclinado. La característica de esta viga es su alma, la cual está trabajada en base a una viga Pratt, pero que a su vez se encuentra reforzando las barras que trabajan a compresión y que por su longitud tenderían a pandearse.

La viga secundaria, de 10,45 m., también es de cordones paralelos pero del tipo Warren, al igual que la anterior refuerza sus barras comprimidas por medio de mantantes verticales intermedios. Esta viga cumple una doble función, por un lado es costanera de cubierta y por otro arriestra las vigas principales.

El siguiente es un cuadro resumen del peso de las distintas vigas:

V1	Tipo perfil	Largo total	Kg/m	Kg. total
a)	 200 x 50 x 5	19,70 m. = 19,70	x 11,10	218,670
b)	 200 x 50 x 4	22,20 m. = 22,20	x 9,01	200,022
c) 2	 65 x 65 x 4	5,60 m. x 2 = 11,20	x 3,88	43,456
d) 2	 65 x 65 x 3	19,15 m. x 2 = 38,30	x 2,95	112,985
e) 2	 50 x 50 x 3	17,80 m. x 2 = 35,60	x 2,24	79,744
f) 2	 40 x 40 x 3	23,10 m. x 2 = 46,20	x 1,77	<u>81,774</u>
				736,651 Kgs.

V2	Tipo perfil	Largo total	Kg/m	Kg. total
a)	 125 x 50 x 4	10,65 m. = 10,65	x 6,65	70,822
b)	 125 x 50 x 3	12,25 m. = 12,25	x 5,07	62,107
c) 2	 30 x 30 x 3	19,60 m. x 2 = 39,20	x 1,30	<u>50,96</u>
				138,89 Kgs.



Con los datos de peso recién obtenidos y con el uso de la planta de techumbre podemos obtener la relación peso/mt<sup>2</sup> construido, esta es una importante condicionante en el desarrollo de estos proyectos, ya que está directamente relacionado con la cantidad de material utilizado y su costo.

En la planta de la techumbre se pueden apreciar las disposiciones de las distintas vigas y sus separaciones.

Para simplificar el cálculo se ha tomado un "tramo" de toda la obra, que coincide con su retícula, de este tramo se saca el peso total y se encuentra la relación peso/mt<sup>2</sup> cubierto.

Tramo:

$$10,65 \times 19,60 = 208,74 \text{ m}^2$$

PLANTA TECHUMBRE esc. 1:200

ELEMENTOS POR TRAMO:

- 1 V <sub>1</sub>	→ 736,651 Kg.	= 736,651
- 7 V <sub>2</sub>	→ 183,89 Kg.	= 1287,23
- 72 m. contraviento Ø 16		= 113,76
	Total	= 2.137,641 Kgs.

Esta cifra correspondería al peso de la estructura en el tramo antes indicado con lo cual tendríamos una relación de peso y superficie como sigue:

$$\frac{2.137,641}{208,74} = 10.24 \text{ Kg/mt}^2$$

Esta relación es bastante baja para las características de luz que el proyecto presenta.



Es característico en esta solución la poca división reticular que presenta la cercha, esta da como resultado que sus barras resulten quizás demasiado largas y provoquen, como se ha señalado anteriormente, esfuerzos de flexión a las barras que no deberían existir (o por lo menos ser mínimos).

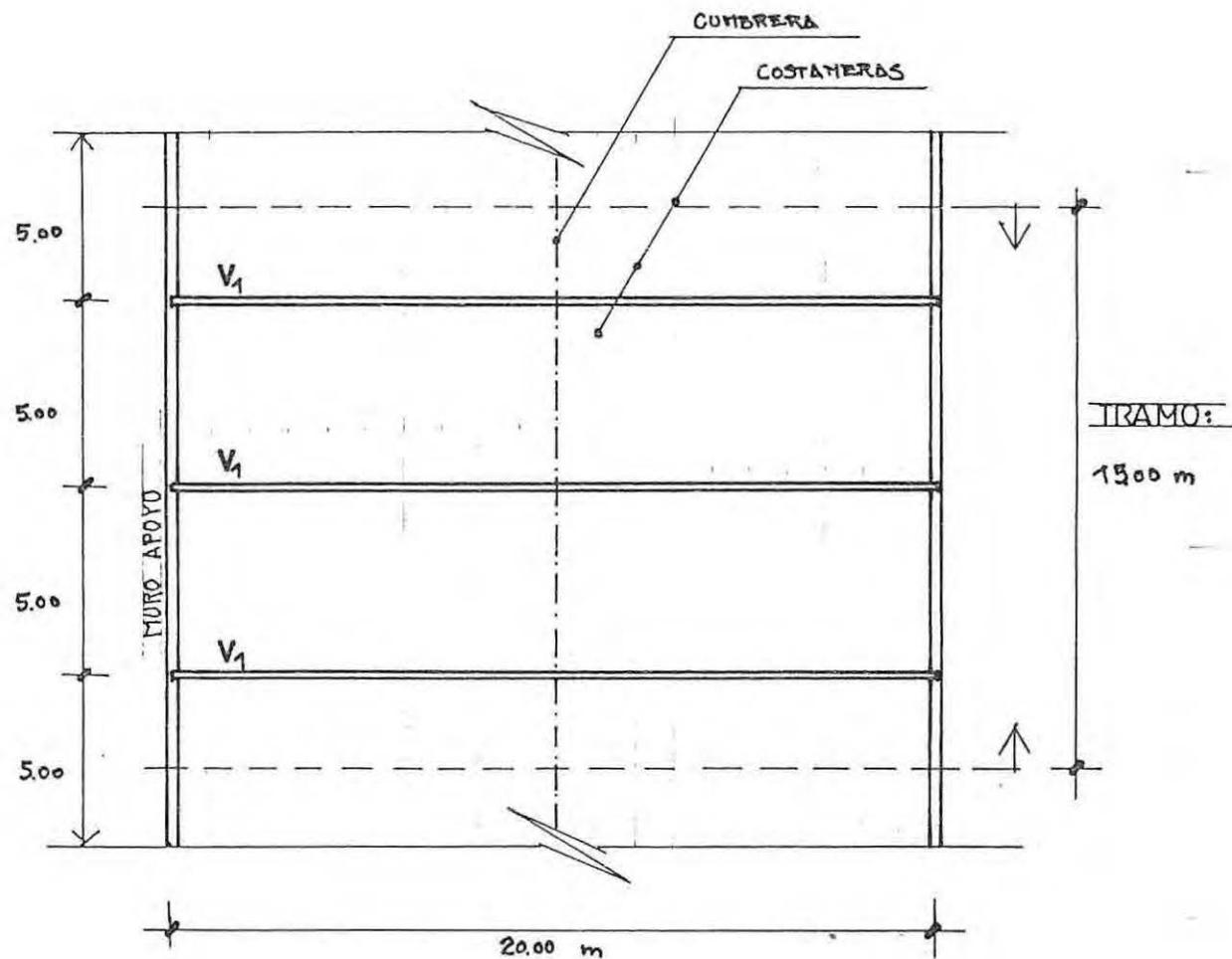
Para disminuir este problema se han utilizado perfiles especiales de un mayor espesor lo que hace que su sección sea mayor que otros casos.

A continuación se presenta un cuadro resumen de la ubicación de la cercha como elemento independiente, de modo de conocer el total de material que esta solución absorbe y el peso que ello representa. Así mismo se calcula el peso que toman las costaneras en el tramo comprendido entre dos cerchas. Es decir en cinco metros, calculando la cantidad de material que esto significa.

V 1	Tipo perfil	Largo total	Kg/m	Kg/total
a)	 200 x 75 x 6	21,10 m.	x 15,6	329,16
b)	 200 x 75 x 4	20,00 m.	x 10,6	212,0
c)	2  65 x 65 x 4	28,95 m. x 2 = 57,30 m.	x 3,88	222,324
				763,484 Kgs.

Costaneras

Tipo perfil	Largo total	Kg/m	Kg/total
 125 x 50 x 15 x 3	5,00 m x 22 = 110	x 5,54	609,4 Kgs



PLANTA TECHUMBRE esc. 1:200

El edificio en planta es un rectángulo, del cual, el ancho está determinado por las cerchas antes mencionadas.

De modo que si tomamos un tramo del largo total del edificio tendremos una determinada superficie la cual podrá ser confrontada con los datos de peso antes obtenidos y calcular así la relación existente entre peso y superficie cubierta.

Sup. del tramo

$$15.00 \times 20.00 \text{ m.} = 300.00 \text{ m}^2$$

ELEMENTOS POR TRAMO:

$$\begin{array}{rcl} - 3 V_1 & \longrightarrow & 763,484 \times 3 = 2.290,452 \text{ Kgs.} \\ - \text{Costaneras} & & 609,4 \times 3 = 1.828,2 \text{ Kgs.} \\ & & \hline & & 4.118,652 \text{ Kgs.} \end{array}$$

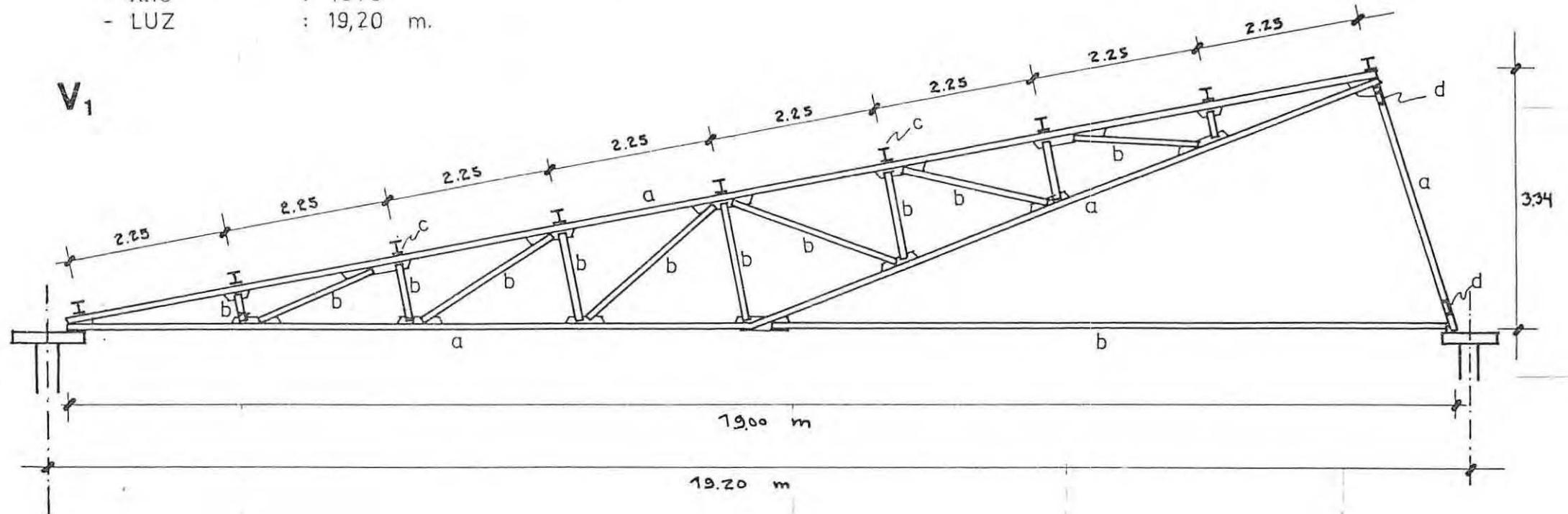
Por lo tanto estos 4.118,6 Kgs. corresponderían aproximadamente al peso de la estructura de cubierta (apróx. por no haberse considerado contraviento y otros detalles) que desarrolla en los 300,00 m<sup>2</sup> del tramo.

Su relación Kg/m<sup>2</sup> sería entonces:

$$\frac{4.118,652}{300} = 13,72 \text{ Kg/m}^2$$

CASO N° 3

- DESTINO OBRA: ESTABLECIMIENTOS FINDUS
- FABRICANTE : GERASI Y CIA. TERNI, ITALIA
- AÑO : 1973
- LUZ : 19,20 m.



Este ejemplo ya se vio en los ejemplos internacionales en forma general, ahora se verá en forma más detallada el elemento estructural utilizado como cubierta.

Habíamos dicho que se eligió el acero como material de la estructura en función de una gran rapidez de ejecución, soportes verticales poco voluminosos y largos tramos entre ellos. La elección de un Shed para el proyecto se debió a las características de luminosidad que esta presenta.

La edificación se divide en dos partes, en la primera -destinada a las operaciones de preparación y almacenaje- se ha elegido este sistema de Sheds.

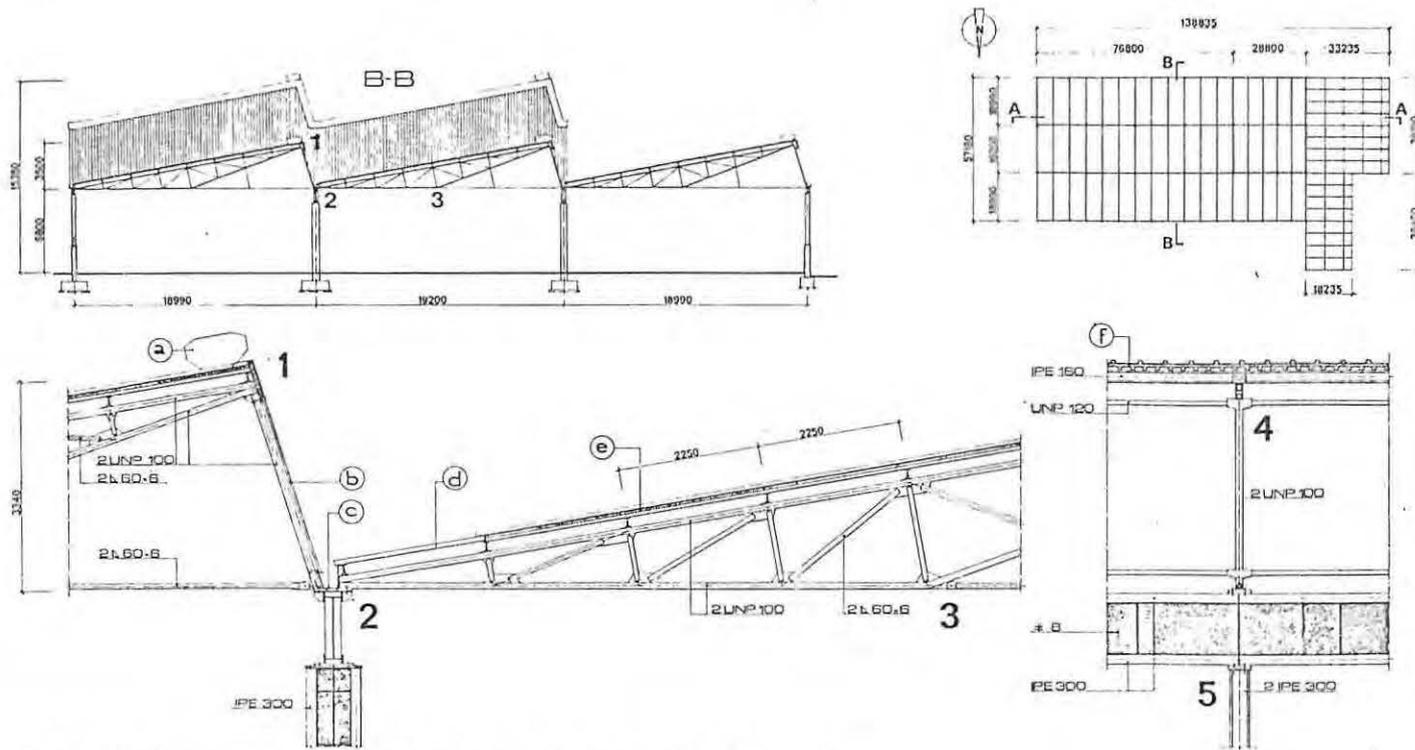


Fig. 2. Fábrica de Cisterna. Plano de conjunto (en el centro a la derecha). Secciones verticales A-A y B-B. Detalles: a) Ventilador. b) Vidriera en  $\square$ -glas. c) Lima. d) Panel en filon). e) Chapas formando sandwich. f) Cubierta.

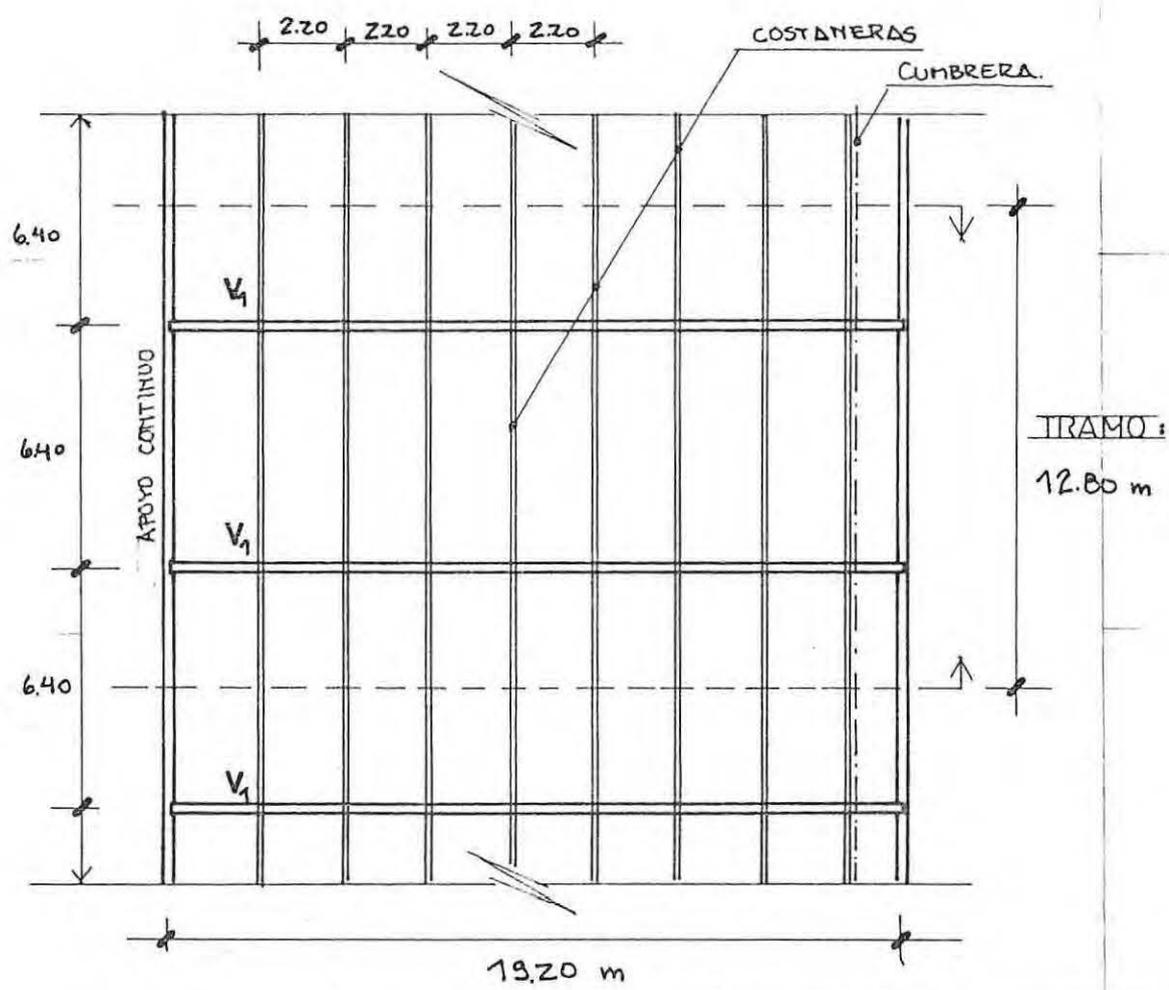
Esta primera zona cubre una superficie de 105,6 x 57,6 m., en la cual se ha elegido este sistema Sheds, sostenido por vigas longitudinales de alma llena que se apoyan a su vez sobre pies derechos dispuestos a 19,20m. en ambas direcciones.

La parte inclinada del Shed soporta la cubierta, mientras que la parte casi vertical esta vidriada.

El siguiente es un cuadro resumen de la ubicación de este elemento y sus costaneras.

V 1 Viga Shed

	Tipo perfil	Largo total	Kg/m.	Kg/total
a) 2	100 x 50 x 6	36,70 m. x 2 = 73,40	x 10,60	778,04
b) 2	60 x 60 x 6	28,15 m. x 2 = 56,30	x 5,19	292,18
				1.070,22 Kgs.
Costaneras:				
	Tipo perfil	Largo total	Kg/m.	Kg. total
c)	160 x 82 x 5	57,6 m.	x 15,8	910,08
d)	120 x 55 x 7	12,8 m.	x 13,4	171,52
				1.081,60 Kgs.



Al igual que con los casos anteriores, - ahora recurrimos a la planta de techumbre y tomamos de esta un tramo, lo mas similar a las anteriores, para calcular en ellas el número de elementos que entran y obtener así - su relación peso/m<sup>2</sup> cubierto.

En este caso los Sheds van colocados cada 6,40 m., con lo cual tomando dos de estos elementos obtendremos una superficie similar a las anteriores.

Tramo:  
 $19,20 \times 12,80 \text{ m.} = 245,76 \text{ m}^2$

PLANTA TECHUMBRE      esc. 1:200

ELEMENTOS POR TRAMO:

$$\begin{array}{r} - 2 V_1 \longrightarrow 1.070,22 \times 2 = 2.140,44 \\ - Costaneras 1.081,60 \times 2 = 2.163,2 \\ \hline 4.303,64 \text{ Kgs.} \end{array}$$

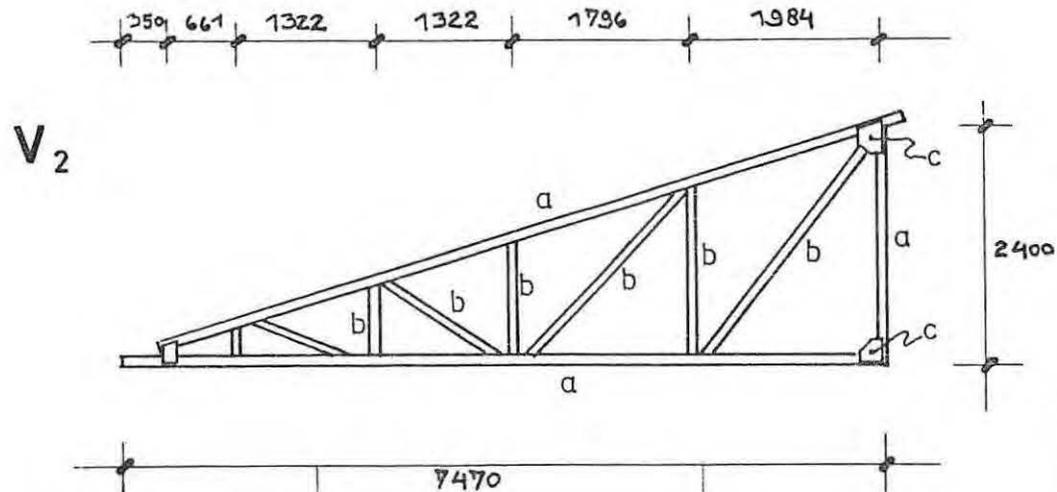
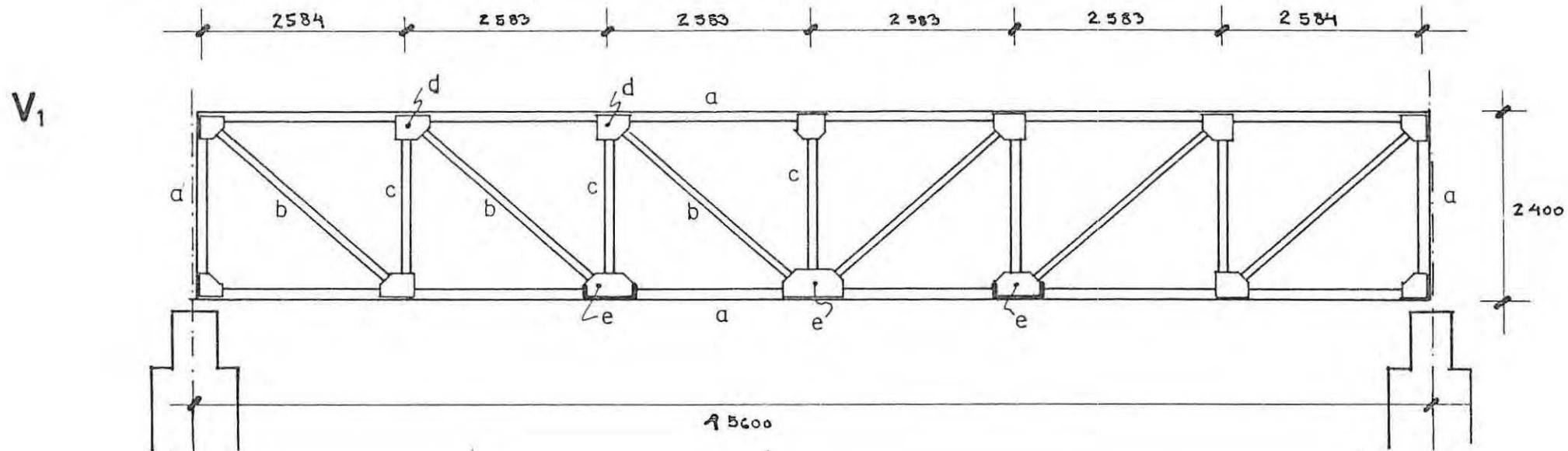
Este peso es el que la estructura de cubierta tiene en el tramo antes indicado de 245,76 m<sup>2</sup>, por lo tanto su relación Kg/m<sup>2</sup> sería la siguiente:

$$\frac{4.303,64}{245,76} = 17,51 \text{ Kg/m}^2$$

Esta relación se acerca bastante a lo común para una edificación con las características de luz antes indicada.

CASO N° 4

- DESTINO OBRA : MAESTRANZA (TALLER)
- FABRICANTE : INDUSTRIAS GOREN
- AÑO : 198
- LUZ : 15,60 m.



Este caso corresponde a una solución efectuada por y para la Industria Goren de Stgo. es una solución que combina dos tipos de vigas, una celosía de cordones paralelos y una del tipo Shed.

La idea era obtener luz natural y paralela en las instalaciones, de gran superficie, y además un reducido número de pilares.

La viga de cordones paralelos es del tipo Pratt, sus dimensiones en cuanto a altura y largo son considerables la que hace que sus barras tiendan a trabajar a flexo-tracción o flexo-compresión según el caso.

Los cordones superior e inferior estan constituidos por un doble perfil C, mientras que las barras interiores son resueltas en un perfil C las comprimidas y las traccionadas en un perfil L. Los nudos de las barras son reforzados por pletinas según dibujo.

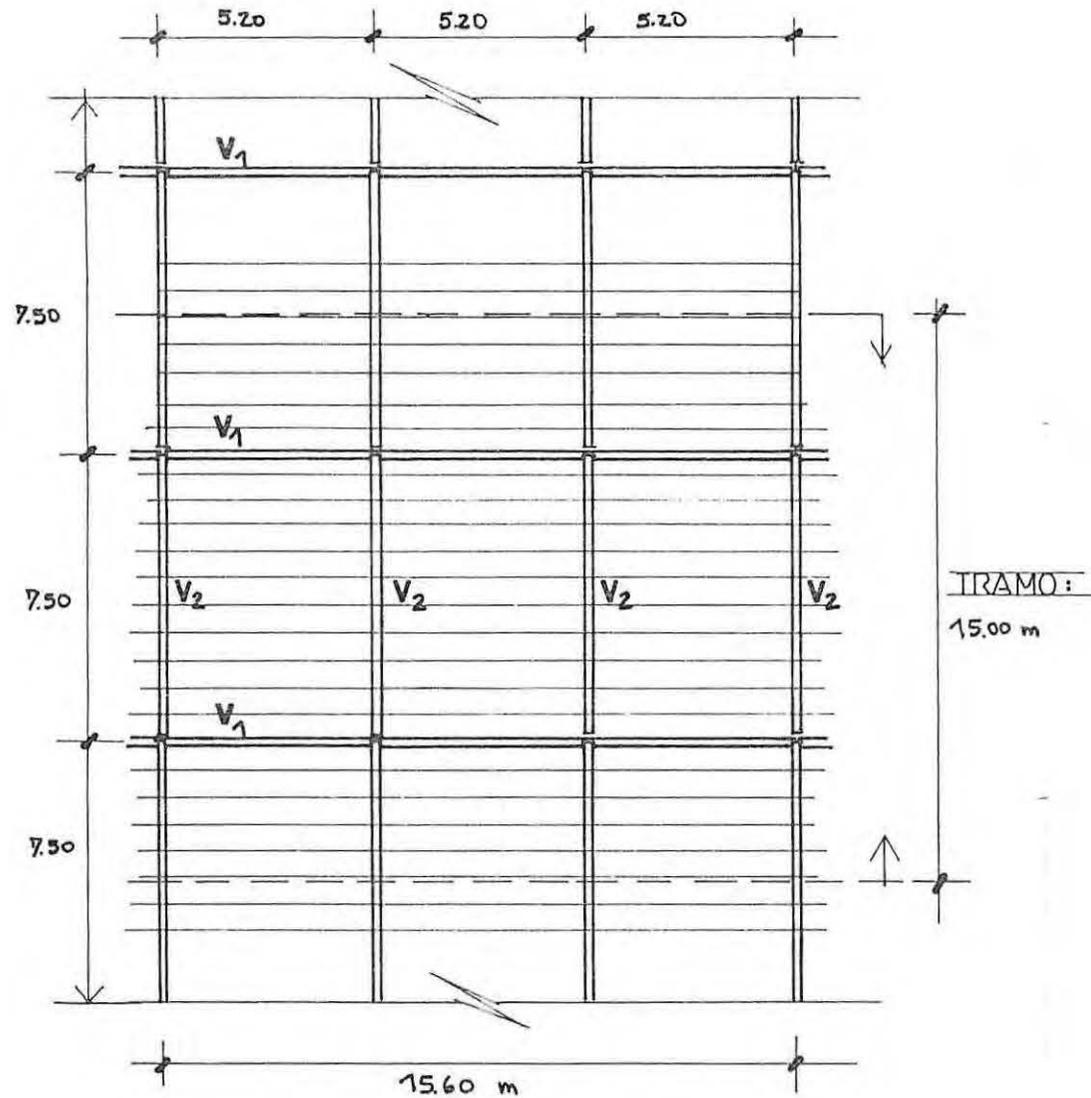
Esta viga es la que corresponde al lucernario de las vigas Shed y es por lo tanto la que le da la iluminación natural a la industria.

Por su parte la viga Shed es del tipo de lucernario vertical, dentro del total es una viga secundaria la cual va apoyada en ambos extremos por la viga Pratt antes mencionada.

El siguiente es un cuadro resumen de la cubicación de ambas vigas:

V 1	Tipo perfil	m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	Total Kg.
a) 2	□ 100 x 50 x 15 x 3	35,60 x 2 = 71,20	x 4,95	352,44 Kg.
b)	L 40 x 40 x 3	18,00	x 1,76	31,68 Kg.
c)	□ 100 x 50 x 15 x 3	11,00	x 4,95	54,45 Kg.
d) 11	⌘ 120 x 120 x 4	} 0,645 m <sup>2</sup>	x 32,00 (Kg/m <sup>2</sup> )	41,28 Kg.
e) 3	⌘ 180 x 120 x 4			
				<u>479,85 Kgs.</u>

tipo perfil	Largo total	Kg/m	Total Kg.
a) $\Gamma$ 100 x 75 x 3	17,42	5,66	98,59
b) $\perp$ 40 x 40 x 3	12,2	1,76	21,47
c) 2 120 x 120 x 4	0,0288 m <sup>2</sup>	32,0 (Kg/m <sup>2</sup> )	1,84
			<hr/> <hr/> 121,90 Kgs.



En la planta de techumbre se puede apreciar cual es la disposición de los distintos elementos, al igual que en los casos anteriores se tomará un tramo del total para calcular así la relación que exista entre el peso de la cubierta y la superficie de esta.

Tramo (Sup.)

$$15.00 \text{ m} \times 15.60 \text{ m} = 234,00 \text{ m}^2$$

ELEMENTOS POR TRAMO:

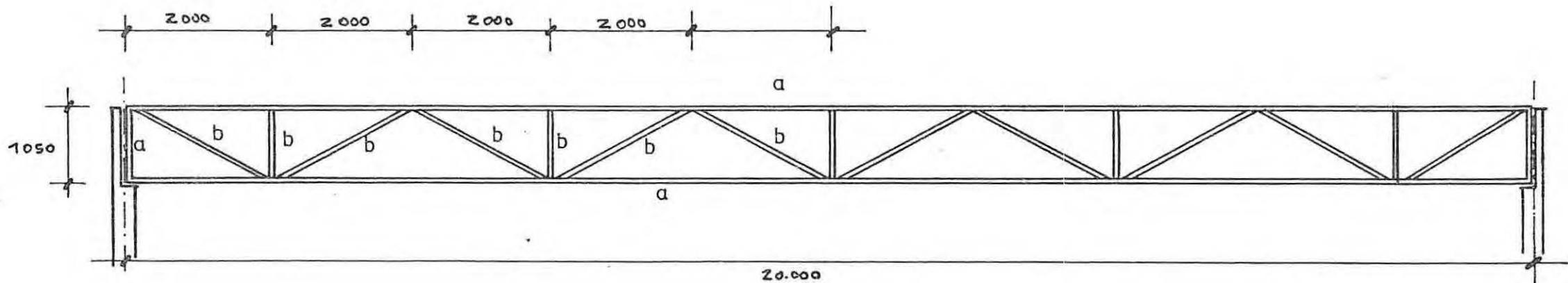
$$\begin{array}{rcl} 2 V_1 & \longrightarrow & 429,85 \times 2 = 953,7 \text{ Kgs.} \\ 8 V_2 & \longrightarrow & 121,90 \times 8 = 975,2 \text{ Kgs.} \\ 24 \text{ Costaneras (374,4 m)} & & = 1.898,2 \text{ Kgs} \\ & & \hline & & 3.833,1 \text{ Kgs.} \end{array}$$

Por lo tanto en los  $234,00 \text{ m}^2$  del tramo extraído el peso de la estructura de techumbre es de  $3.833,1 \text{ Kg.}$ , esto quiere decir que su relación de  $\text{Kgs/m}^2$  es de:

$$\frac{3.833,1}{234} = 16,38 \text{ Kg/m}^2$$

CASO N°5

- DESTINO OBRA: INDUSTRIAL
- FABRICANTE : MAESTRANZA ARRIGONI S.A.
- AÑO : 1987
- LUZ : 20,00



Este caso corresponde al de una viga del tipo Warren, entregado también por la Maestranza Arrigoni de Santiago.

Sus características son de bastante simpleza formal aunque sale de lo común la gran longitud que éste tiene y la poca división reticular que presenta.

Esta característica hace que sus barras adquieran una dimensión considerable puesto que sus barras caen en el problema expuesto en el capítulo II de barras sometidas a esfuerzos de Flexo- compresión e incluso de Flexo-Tracción.

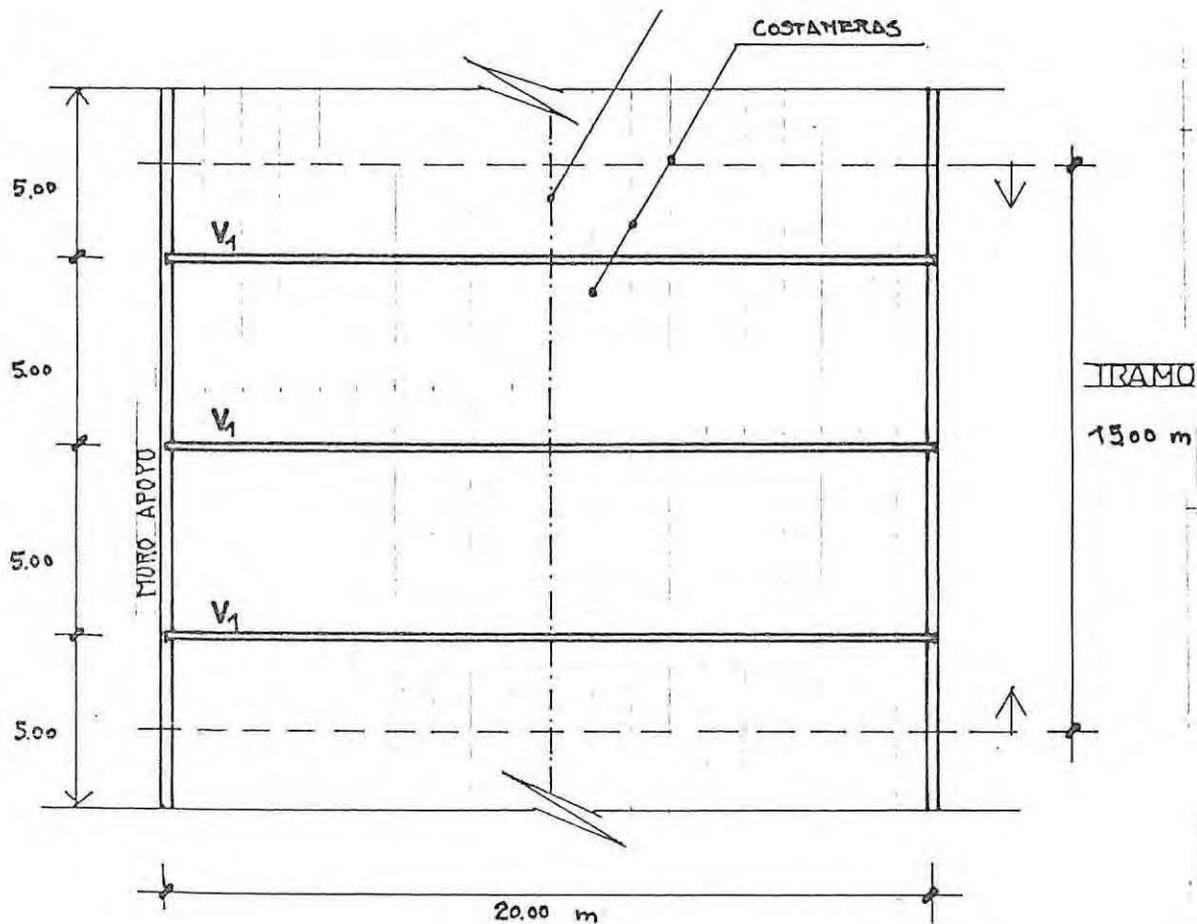
La viga del tipo Warren, presenta además algunos montante verticales intermedios, para recibir las cargas puntuales de techumbre y evitar así mayores flexiones.

La viga no presenta problemas de arriostamiento debido al modo que tiene de apoyarse en los muros, el siguiente es un cuadro resumen de su cubicación:

Tipo perfil	Largo total	Kg/mt.	Kg. total
a)  200 x 75 x 8	42,1 m	x 17,93	754,853
b) 2  65 x 65 x 3	26,25 x 2 = 52,5	x 2,95	154,874
			<u>909,727 Kgs.</u>

#### Costaneras

Tipo perfil	Largo total	Kg/mt.	Kg. total
21  125 x 50 x 3	15,00 x 21 = 315	x 5,54	1745,1 Kgs.



El edificio en planta es similar al del caso número dos, de forma rectangular en la cuál el ancho está de terminado por la viga antes mencionada.

El tramo a elegir va a estar determinado por el ancho que dan éstas vigas, 20,00 mts., y la longitud que tomen 3 de las vigas vistas, esto es 15 mts.

De este modo se obtendrá la superficie necesaria para calcular la relación existente entre peso y superficie cubierta.

SUP. DEL TRAMO:

$$15.00 \times 20.00 = 300.00 \text{ m}^2.$$

ELEMENTOS POR TRAMO:

$$\begin{array}{r} - 3 V_1 \longrightarrow 909,727 \times 3 = 2.729,181 \text{ Kgs.} \\ - 21 \text{ Costaneras} \longrightarrow = 1.745,1 \text{ Kgs.} \\ \hline 4.474,281 \text{ Kgs.} \end{array}$$

Por lo tanto éstos 4.474,281 Kgs. corresponderían al peso de la estructura de cubierta que desarrolla en los 300.00 m<sup>2</sup> del tramo .

Su relación Kg/m<sup>2</sup> sería entonces :

$$\frac{4.474,281 \text{ Kgs.}}{300} = 14,91 \text{ Kg./m}^2$$

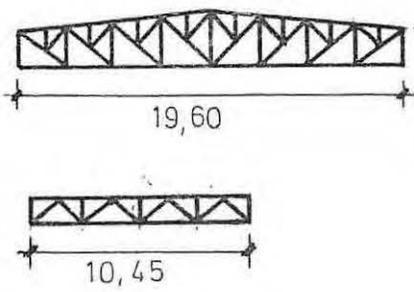
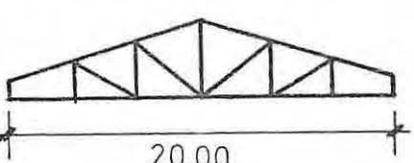
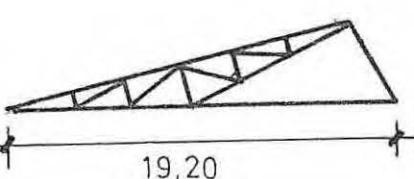
## CUADRO RESUMEN DE CASOS

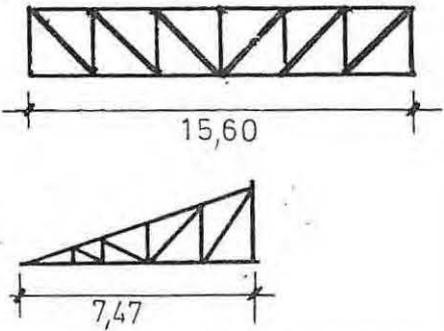
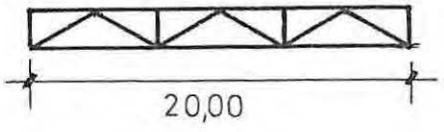
De los ejemplos expuestos recientemente vemos a continuación un cuadro resumen con los casos analizados en el cual se recogen sus principales características de cubicación, además de agregar los datos referidos al tiempo en hrs, requeridos para la materialización de los casos.

Con la suma de los datos obtenidos en este cuadro es fácil determinar el costo que estas estructuras tienen para su ejecución.

No se considera el costo por concepto de transporte ni montaje, pues éstos variarán de acuerdo a la maestranza encargada de la ejecución como así también de la ubicación que la obra tenga. Por lo tanto, también pueden considerarse costos relativamente parejos si se toma en cuenta una misma maestranza para la ejecución de todos los casos.

Este criterio se utiliza en el cálculo de las hoas requeridas para su fabricación entregándole todo los casos a una misma maestranza - en éste caso Maestranza Chile, de Valparaiso-, de modo que en el total de horas no influyan diferencias de infraestructura de fábrica para su ejecución.

C A S O		CANT. MATERIAL		HRS. FABRICACION (en fabrica )				
RETICULA	TRAMO Sup. m <sup>2</sup>	PESO kgs.	PESO/SUP.(1) kgs/m <sup>2</sup>	HORAS HOMBRE ( 2 )		HORAS INDIRECTAS(3)		TOTAL HORAS (x tramo)
				x Retic.	x Tramo	x Retic.	x Tramo	
<b>1</b> 	208,74 m <sup>2</sup>	<b>V 1</b> 736,651 Kgs.  <b>V 2</b> 138,89 Kgs.	10,24 kg/m <sup>2</sup>	192 Hrs.	192 Hrs.	10 Hrs.	10 Hrs.	748 Hrs.
<b>2</b> 	300,00 m <sup>2</sup>	763,484 Kgs.	13,72 kg/m <sup>2</sup>	400 Hrs.	1200 Hrs.	40 Hrs.	120 Hrs.	1.340 Hrs.
<b>3</b> 	245,76 m <sup>2</sup>	1070,22 Kgs	17,51 kg/m <sup>2</sup>	450 Hrs.	900 Hrs.	48 Hrs.	96 Hrs.	996 Hrs.

C A S O		CANT. MATERIAL		HRS. FABRICACION				
RETICULA	TRAMO Sup. m <sup>2</sup>	PESO Kgs.	PESO/SUP.(1) Kgs/m <sup>2</sup>	HORAS HOMBRE* (2)		HORAS INDIRECTAS(3)		TOTAL HORAS (x tramo)
				x Retic.	x Tramo	x Retic.	x Tramo	
<b>4</b> 	234,00 m <sup>2</sup>	<b>V 1</b> 479,85 kgs.  <b>V 2</b> 121,9 Kgs.	16,38 kg/m <sup>2</sup>	132 Hrs.	264 Hrs.	18 Hrs.	36 Hrs.	724 Hrs.
<b>5</b> 	300,00 m <sup>2</sup>	909,72 Kgs.	14,91 kg/m <sup>2</sup>	192 Hrs	576 Hrs.	28 Hrs.	84 Hrs.	660 Hrs.

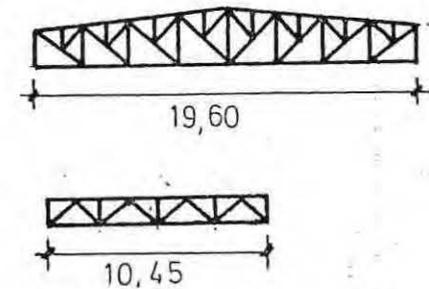
- 1) Incluye todos los elementos de un tramo y sus costaneras.
- 2) Se refiere a las horas directas de trabajo realizado entre tres hombres.
- 3) Se refiere a los trabajos anexos a la ejecución tales como cortar, trasladar etc. realizado entre dos hombres.

## OBSERVACIONES FINALES

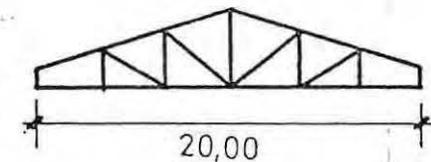
Desde el punto de vista del material, en los cinco casos expuestos vemos que el que presenta una mejor relación entre peso /sup. cubierta es el primero, es decir el denominado como viga pratt reforzada, los motivos serían por una parte la optima división reticular interior que dan un buen ángulo de trabajo a las barras, pero por sobre todo la presencia de ésta retícula auxiliar que evita a las barras comprimidas flexionarse y gracias a lo cual no se tuvo que caer en un sobredimensionamiento de éstas barras. Por otro lado lo que influye también en gran medida en su bajo peso es el reemplazo que se hizo de las costaneras tradicionales por éstas vigas de celosía secundarias, que a su vez además de recibir el material de cubierta están arriostrando a las vigas principales.

Le siguen a ésta solución - en cuanto a peso se refiere - los casos 2 y 5, ambos realizados por la maestraza Arrigoni de Santiago, éstos casos aún representan una relación Kg/M<sup>2</sup> bastante baja, esto se debería a la simpleza de su diseño en relación al total de la obra, - sin embargo ésta simpleza formal hace también que sus elementos (los reticulos) estén entre las de mayor peso debido al dimensionamiento que deben tomar las barras -

1



2

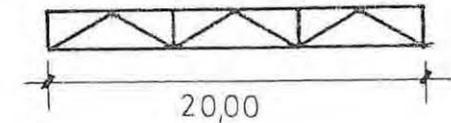


producto de la división reticular. (problemas de flexo-compresión principalmente); el que la reticula tome demasiado peso incide en otras variables del proyecto como puede ser el transporte y el montaje principalmente.

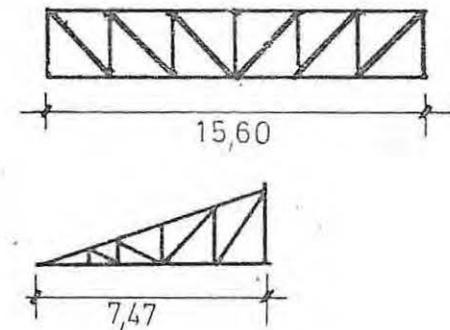
Le siguen a estos casos, por su peso, la solución planteada en el caso número 4, ésta solución, correspondiente a los talleres de Maestranza Goren (Santaigo), esta solución, que conjuga dos tipos de viga presenta ya un peso considerable en relación a las otras soluciones, su principal motivo es la dimensión que devieron tomar los elementos ( además de la luz, la altura), esto provocó que la solución contara con grandes barras, que al no contar con una reticula auxiliar, como el caso número 1, éstos deberán tomar una gran dimensión para evitar flexiones en las zonas comprimidas, el peso que toma la V1 es bastante si consideramos las costaneras y la V2.

Por último se encuentra en esta materia el caso número 3, el cual es Italiano; aparentemente no es una estructura muy pesada, sin embargo debido al tipo de acero que utiliza, junto con adquirir una gran resistencia, adquiere un considerable peso. Es la reticula más pesa-

5



4

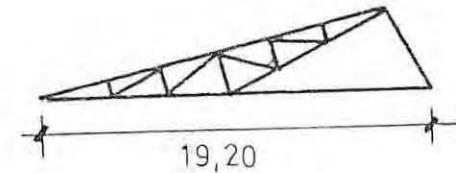


da debido a que, al igual que las costaneras, sus barras están realizadas en acero laminado. Aún así es una interesante solución, principalmente desde el punto de vista formal pues es un tipo de Shed compuesto por una cercha del tipo americano invertida y atirantada.

Como se puede apreciar, el peso que adquiriera una estructura (en relación a su superficie cubierta) dependerá más que del tipo de reticular que se elija, de la división interior que a éste se le haga, ya que ésta redundará directamente en la optimización de los esfuerzos a que están sometidas las barras y por lo tanto al dimensionamiento que éstas deberán tomar.

Es importante señalar también que un gran porcentaje del peso total está determinado por las costaneras que la estructura tenga, por cuanto el reemplazo de éstas por vigas se celosía secundarias dispuestas a mayor distancia (con el cambio de cubierta que esto significa) influirá considerablemente en el peso final.

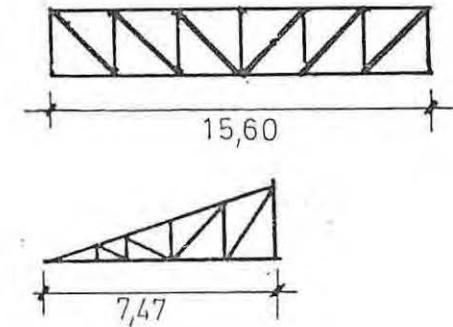
3



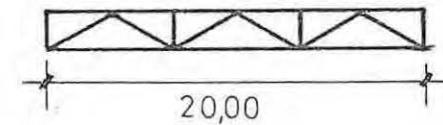
Analizando ahora desde el punto de vista de las horas requeridas para la fabricación de las retículas los casos más favorables corresponderían al 4 y 5, ambos celosías de cordones paralelos, esto por cuánto éste tipo de soluciones presenta una simetría extrema que hace que tenga un número muy reducido de barras distintas, en ambos casos además - existen un número reducido de barras y por consiguiente de nudos a soldar, ésto hace que las hrs. requeridas tanto de trabajo como indirectas sean reducidas.

En un lugar medio se encuentra el caso número 1, el - cual se denominó de cordones paralelos, sin embargo tiene una pequeña pendiente que hace que todas las barras sean desiguales (a diferencia del caso anterior) lo cual aumenta el número de hrs. requeridas para su ejecución. Sin embargo este aumento no es considerable al compararlo con los casos anteriores debido a que esta solución, a pesar - de tener un número considerable de barras y nudos, sus barras son de una dimensión bastante manejable y además sus nudos, requieren bastante menos soldadura que los anteriores debido a sus secciones más reducidas.

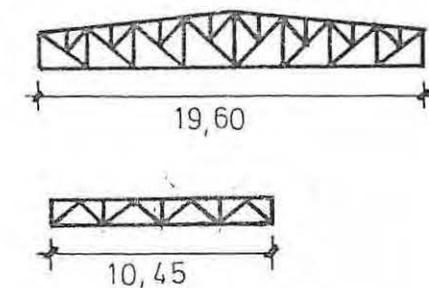
4



5



1



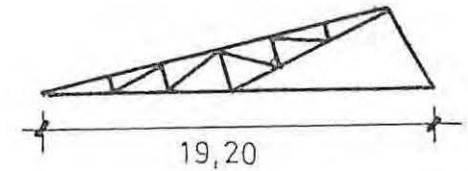
Se encuentra luego el caso número 3 por un relativo aumento de hrs., la asimetría aquí es considerable y juega un papel importante en el aumento, nótese que las hrs. indirectas de este caso son las más altas de todos los casos, ésto porque requiere de una preparación previa más dedicada y elaborada que los casos vistos anteriormente, su ejecución así se hace más lenta.

Por último se encuentra el caso número 2, la cercha tipo Americana, la cuál tiene bastantes más horas de trabajo que las anteriores. Esto se debería principalmente a la división del reticulado que hace que las barras adquieran una gran dimensión, al igual que el caso anterior las hrs. indirectas son bastante considerables en relación a los otros casos; sus nudos a pesar de ser pocos requieren de más tiempo de soldadura y de más precisión en su ejecución.

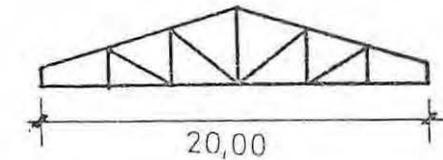
Como se ve, desde el punto de vista de las hrs. dedicadas, ahora sí que influiría el tipo de retícula que se escoja por cuánto éstas tienen características que son directamente proporcionales a las hrs. de trabajo. A mayor simplicidad formal habrá una considerable disminución de trabajo, ya que se encontrará con un gran número de piezas iguales.

Sin embargo la división interior también influirá en ésta cantidad de hrs. puesto que mientras más se acerquen las barras a dimensiones de trabajabilidad más rápida será su ejecución.

3



2



## BIBLIOGRAFIA

- TORROJA, Eduardo  
Razón y ser de los tipos estructurales
- GUZMAN, Euclides  
Curso elemental de construcción
- LOTHERS, John  
Diseño de estructuras metálicas
- ENGEL, Heinrich  
Sistema de estructuras
- SIEGEL, Curt  
Formas estructurales
- GUSTIN, Ernest  
Estructuras metálicas
- DIAZ, Diego  
Introducción a las est. de los edificios
- BRAVO, Luis  
Apuntes 4° año
- HART - HENN  
Atlas de la construcción metálica

Por su parte, la elaboración de los ejemplos y su procesamiento fueron obtenidos a través de:

A.- INTERNACIONALES:

- Revista ACERO (Acier, Stahl, Steel)
- Revista ARQUITECTURA  
Madrid, España
- Revista C.A.  
Santiago, Chile

B.- NACIONALES:

- INDUSTRIA GOREN  
Progreso 8072, Stgo.
- IND. NACIONAL METALURGICA S.A.  
Carrascal 5598, Stgo.
- MAESTRANZA ARRIGONI  
Las Dalias 2953, Stgo.
- MAESTRANZA CHILE  
Phillippi 194, Valpo.
- BARRACA DE FIERRO J.A. LECAROS Y CIA.  
Yungay 2139, Valpo
- BARRACA DE FIERRO JANSSEN  
Yungay, Valpo.



Universidad de Valparaíso  
Chile



00001975