

Desarrollo de los Diseños de Edificaciones, con originales conceptos estructurales, tecnológicos y arquitectónicos para producción masiva, serial e industrializada

Dr. Ing. Josef Dragula.

I. Introducción

En el presente trabajo exponen los criterios constructivos para la producción masiva e industrializada, seguidos por los conceptos originales, los análisis estructurales y tecnológicos, los diseños arquitectónicos respecto a las edificaciones públicas, viviendas multifamiliares y distintas formas de cubiertas de estructuras metálicas.

Estos criterios y conceptos fueron aplicados en forma técnica a nivel de anteproyecto en las siguientes elaboraciones:

SIEP 1: Sistema integral para edificaciones públicas; versión con tecnología monolítica, erigida industrialmente en sitio.

SIEP 2: Sistema integral para edificaciones públicas; versión con tecnología prefabricada, erigida en sitio "a pie de obra".

SIEMET: Sistema integral de estructura metálica tubular con tecnología serial e industrializada, apto para las siguientes aplicaciones:

a) Estructuralmente en edificaciones como:

Cubiertas, cúpulas, todo de techos con envolturas livianas, edificios de 2 ó 3 pisos con losas vaciadas de concreto, postes y mástiles.

b) Funcionalmente en edificios de uso:

Deportivas: cubiertas para canchas hasta 62 m. de luz
Culturales: auditorios, exposiciones, salas de reuniones.

Industriales: galpones de producción, depósitos con transmisión colgada al techo.

Militares: tiendas habitables, de talleres, de servicios, desmontables y trasportables, hangares.

Educacionales: aulas de luz entre 6 m. y 12 m. en ambos sentidos.

Cobertura en Voladizo

De alcance entre 28 m. y 48 m. compuesta de elementos tridimensionales, uso para hangares.

Cúpula Cónica.

De diámetro entre 60 m. y 100 m. de trama, formada por barras tubulares.

Edificio Educativo.

Serial e industrial de uno, dos y tres pisos de unidades funcionales con áreas variables desde 50 m² hasta 173 m² de losas y techos formados por elementos tridimensionales.

SIVIM: Sistema integral para viviendas multifamiliares, con distintas tecnologías para edificios altos y bajos. Trabajo presentado en el Primer Concurso de Informes de la Construcción (E. Torroja) Madrid-España, Diciembre 1984.

2. Descripción de algunos conceptos fundamentales aplicados en los diseños.

2.1. Integración total de los conceptos estructurales con las adecuadas tecnologías de ejecución masiva e industrializada y con la función arquitectónica, lográndose una síntesis que responde favorablemente a las metas de máxima economía, el mínimo esfuerzo, recurso y óptima utilización de los edificios.

La tecnología de ejecución aplicada en "SIEP 1", es industrializada, monolítica, erigida en sitio, mediante un movimiento del molde a lo largo del edificio, no transversal, dejando el producto final de concreto una vez en su sitio de destino funcional.

Esta tecnología, gracias a las condiciones climáticas de trópico, favorables para el fraguado del concreto, simplifica y economiza la construcción, dando una estructura verdaderamente monolítica y antisísmica.

En "SIEP 2", se aplicó la tecnología prefabricada, erigida en sitio, o sea, con la producción de los elementos prefabricados "a pie de obra", ejecutada por medio de dos juegos de matrices y un marco con vibradores para cada juego.

Esta tecnología, evita manipulaciones innecesarias y costosas de depósito, transporte, carga y descarga y permite diseñar las dimensiones de los prefabricados de acuerdo a las condiciones funcionales y arquitectónicas, evitando las limitaciones, establecidas por condiciones de transporte.

En el "SIVIM", para edificios altos, se ha adoptado el

sistema tecnológico, denominado "ida y vuelta". Esta tecnología es vertical, rectilínea y bifásica. En la primera fase "ida" —la elevación—, se utilizan los encofrados deslizantes, elevados hidráulicamente por medio de gatos, durante la ejecución de los soportes angulares, y en la segunda fase "vuelta" —el descenso—, se utiliza el encofrado descendiente por medio de poleas, para vaciado de la placa maciza, reforzada diagonalmente por guayas pretensadas.

Este concepto, tiene una secuencia muy racional entre los movimientos y las manipulaciones de los equipos y la labor de vaciado de concreto de los distintos elementos constructivos, como los soportes angulares y las placas.

2.2. Diseño de losa maciza plana sin vigas.

Como placa rectangular, apoyada solamente a sus contornos angulares, de luces máximas $L_x = L_y = 12,0$ m. con transmisión de la carga en las direcciones diagonales y con los siguientes principios:

—Uniformidad estructural

—Trabajo virtual mínimo

—Utilización total del material con esfuerzos casi uniformes sin concentración.

—Versión aplicada con refuerzos normales y pretensados.

(Ver dibujos "SIEP 1" y "SIVIM")

2.3. Diseño estructural del elemento portante espacial.

Soporte angular con plena autonomía estructural e indeformilidad de su sección horizontal, con deformación de su eje vertical sencilla, determinada por función algebraica de parábola de segundo o tercer grado.

Estáticamente es sustitución de la estructura compleja, como es el pórtico, compuesto con dos diferentes elementos lineales como es la viga y columna, unidas entre sí en un nodo rotatorio y traslativo, con deformaciones caóticas e indeterminadas algebraicamente (ver

dibujo "SIEP 1" y "SIVIM")

2.4. Análisis de resistencia y estabilidad de la estructura portante para edificios altos, sometida a carga sísmica.

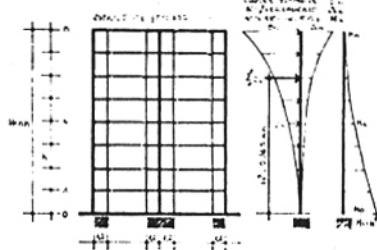
La apreciación de las características cinéticas de las estructuras, como frecuencia circular fundamental,

período de oscilaciones y frecuencia natural, se estimó por medio del método energético de RAYLEIGH. Este análisis y determinación del espectro de frecuencia de vibración y amortiguación del suelo y estructura, se hizo para poder entender el fenómeno sísmico y aplicar más conscientemente los diferentes elementos estructurales en diseño de edificaciones (Ver dibujos "SIEP 1" y "SIVIM")

ANÁLISIS DE RESISTENCIA Y ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA PORTANTE SOMETIDA A CARGA SÍSMICA

1. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

La estructura es un edificio de 10 pisos, con una altura total de 30 metros. El sistema estructural es de pórtico rígido. Las columnas son de concreto armado y las vigas son de acero reforzado. El edificio está situado en una zona sísmica de alta actividad.



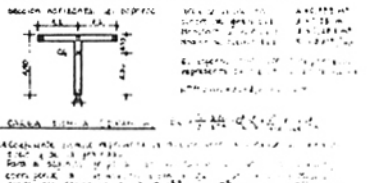
2. CARGA SÍSMICA QUE ACTÚA EN LA ESTRUCTURA

peso de los muros	120000 kg	peso de los pisos	120000 kg
peso de las vigas	100000 kg	peso de las columnas	100000 kg
peso de los techos	50000 kg	peso de los muros	50000 kg
carga viva	20000 kg	carga muerta	20000 kg

3. CARACTERÍSTICAS CINÉTICAS DE LA ESTRUCTURA

Se calculó el período fundamental de vibración T_1 utilizando el método de Rayleigh. El resultado es $T_1 = 1.2$ segundos. La frecuencia natural es $f_n = 1/T_1 = 0.83$ Hz.

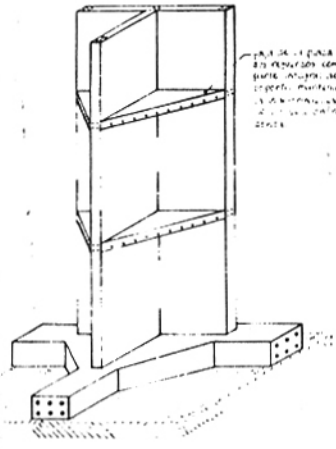
Se realizó un análisis de modos de vibración, obteniendo los primeros tres modos de vibración. El primer modo es de tipo traslación horizontal.



4. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA Y ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA

Se calculó la resistencia de la estructura para cada piso. Se consideró el efecto de la carga sísmica horizontal. Se utilizó el método de los estados límite para el diseño de las columnas y vigas.

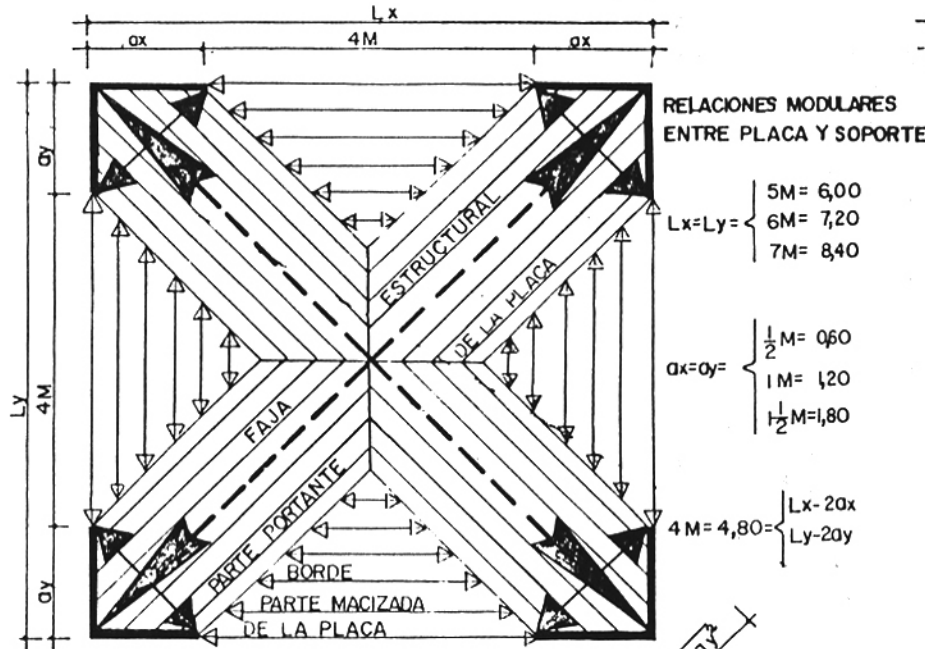
Se verificó la estabilidad de la estructura frente al vuelco y al deslizamiento. Se concluyó que la estructura cumple con los requisitos de resistencia y estabilidad.



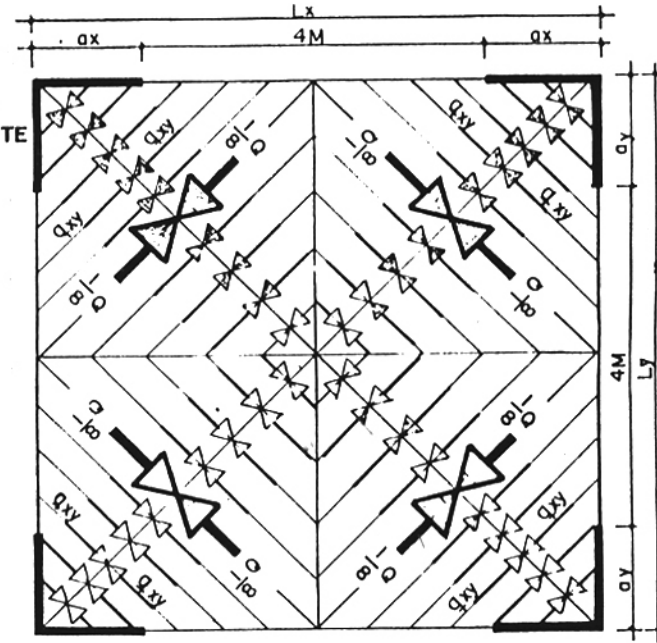
5. CONCLUSIONES

La estructura cumple con los requisitos de resistencia y estabilidad. Se recomienda utilizar un sistema de aislamiento sísmico para reducir el efecto de la carga sísmica.

ESQUEMA DE TRANSMISION DE CARGAS

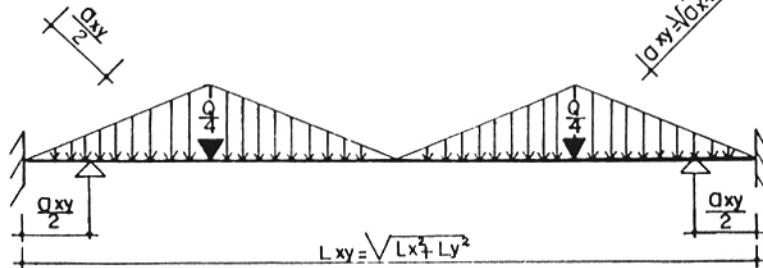


ESQUEMA DE DISTRIBUCION DE CARGAS



CARGA VERTICAL

q_{xy}^{max}



MOMENTOS FLECTORES

$M^n = -\frac{1}{3}M_0$

$M^p = +\frac{2}{3}M_0$



CARGA VERTICAL

peso de la losa $0,20 \cdot 2200 = 440 \text{ Kg/m}^2$

acabado $0,02 \cdot 2900 = 40 \text{ "}$

carga viva $q = \frac{300}{780} \text{ Kg/m}^2$

$$q_{xy}^{max} = q \frac{L_{xy}}{2}$$

$$Q = q(L_x L_y - 2ax \cdot ay)$$

MOMENTOS FLECTORES

$$M_0 = \frac{Q}{4} \left(\frac{1}{4} L_{xy} - \frac{1}{2} q_{xy} \right)$$

Momento positivo

Momento negativo

$$M^p = +\frac{2}{3} M_0$$

$$M^n = -\frac{1}{3} M_0$$

FLEXION, REFUERZOS Y DEFORMACION EN LOSA DE $L_x^{max} = L_y^{max} = 8,40$

$Q = 50T \quad M_0 = 12,5 \left(\frac{1}{4} 11,85 - \frac{1}{2} 2,54 \right) = 21,3 \text{ Tm}, \quad M^p = 14,2 \text{ Tm} \quad M^n = -7,1 \text{ Tm}$

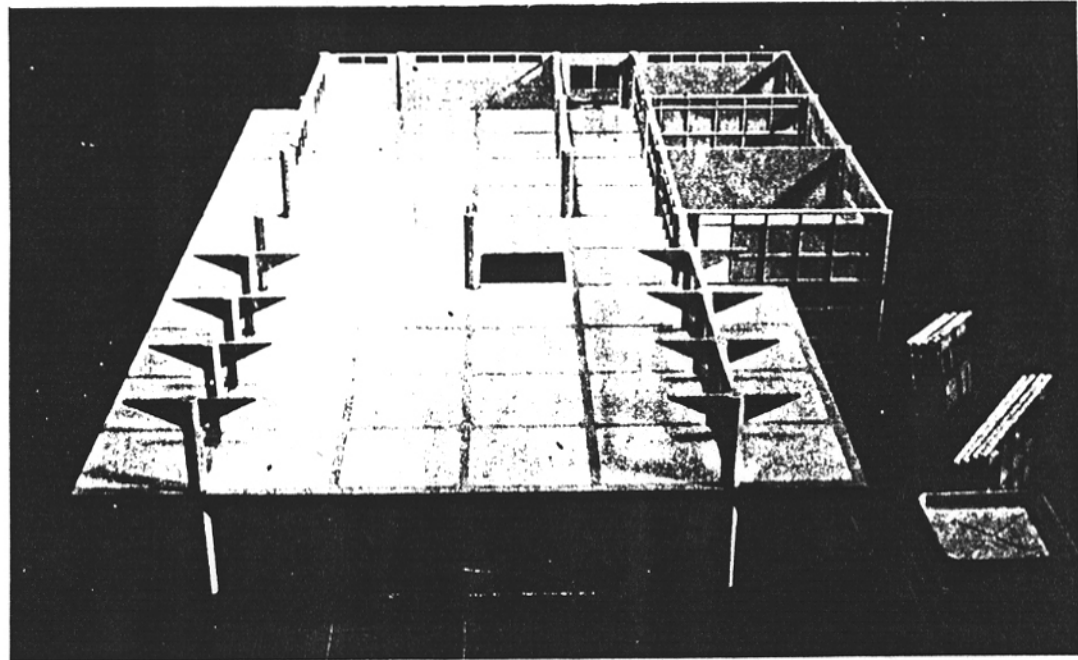
$A_s = \frac{14,2}{0,9 \cdot 0,2 \cdot 2,5} = 31,4 \text{ cm}^2$; Refuerzos en faja $14 \varnothing \frac{5}{8} +$ malla $\varnothing \frac{1}{4}$ C/10

Flecha: para $E = 14 \cdot 10^5 \text{ Kg/cm}^2$; $J = 16 \cdot 10^4 \text{ cm}^4$; $f = \int_0^L \frac{M_0 M_1}{EJ} dL = 1,9 \text{ cm} =$

$$= \frac{14 \cdot 0,40}{625} < \frac{L_{xy}}{300}$$

2.5. Diseño de la losa nervada con variaciones modulares en ambas direcciones ortogonales, formada por cajones prefabricados.

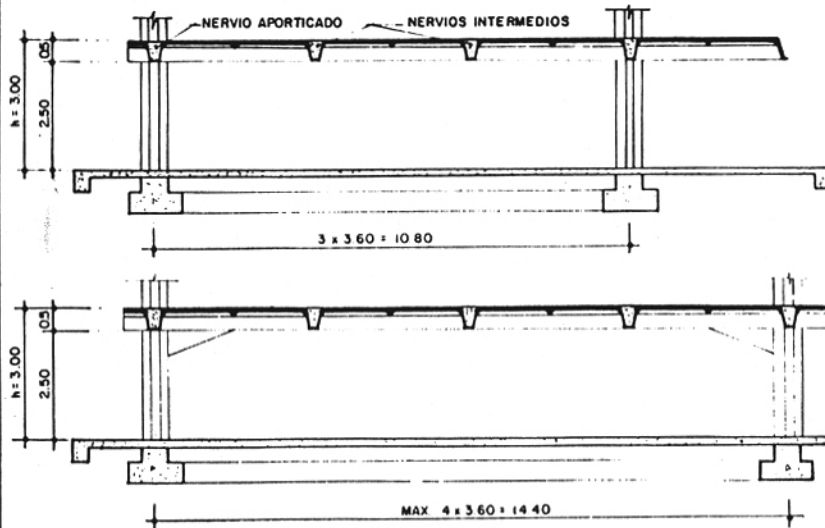
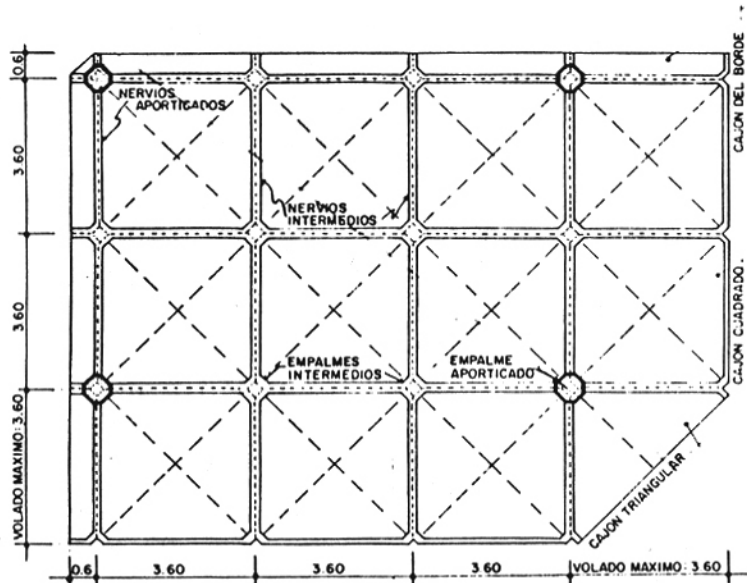
Los nervios de la losa, variados en sitio, reforzados con cabillas o por guayas pretensadas, forman una red rectangular de máximo cuatro tramos de luz $L = 4 \times 3,6 = 14,4$ m. con opción de voladizo de un tramo $L = 3,6$ m. transmitiendo las cargas a los apoyos en dos direcciones. Esta trama ortogonal no condiciona la ubicación de los soportes en ambas direcciones, permite aplicar diferentes cargas vivas hasta 1 ton/m^2 , y por eso da arquitectónicamente y funcionalmente una libertad en el diseño de las edificaciones (ver dibujo 3 "SIEP 2").



SIEP 2 SISTEMA INTEGRAL PARA EDIFICACIONES PUBLICAS

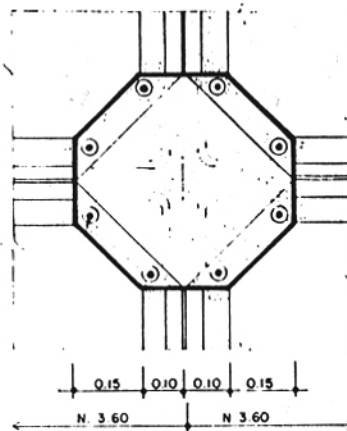
LOSA NERVADA FORMADA POR CAJONES PREFABRICADOS

ESC: 1/100



EMPALME APORTICADO

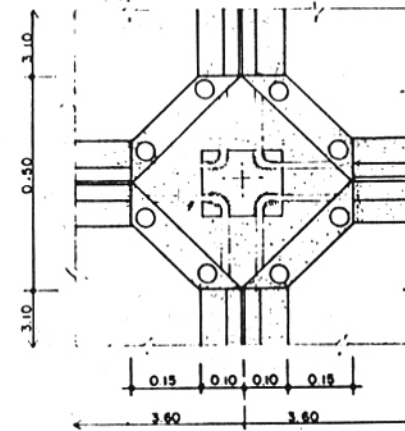
ESC 1/10



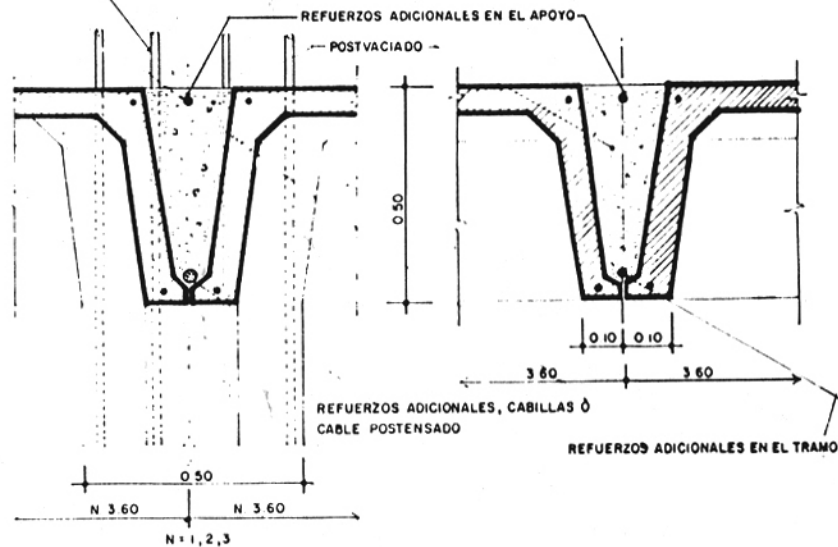
CABILLAS DE LA COLUMNA PASANDO POR LOS HUECOS DEL CAJON

EMPALME INTERMEDIO

ESC 1/10



GANCHOS DEL CAJON SOLDADOS EN LAMINA

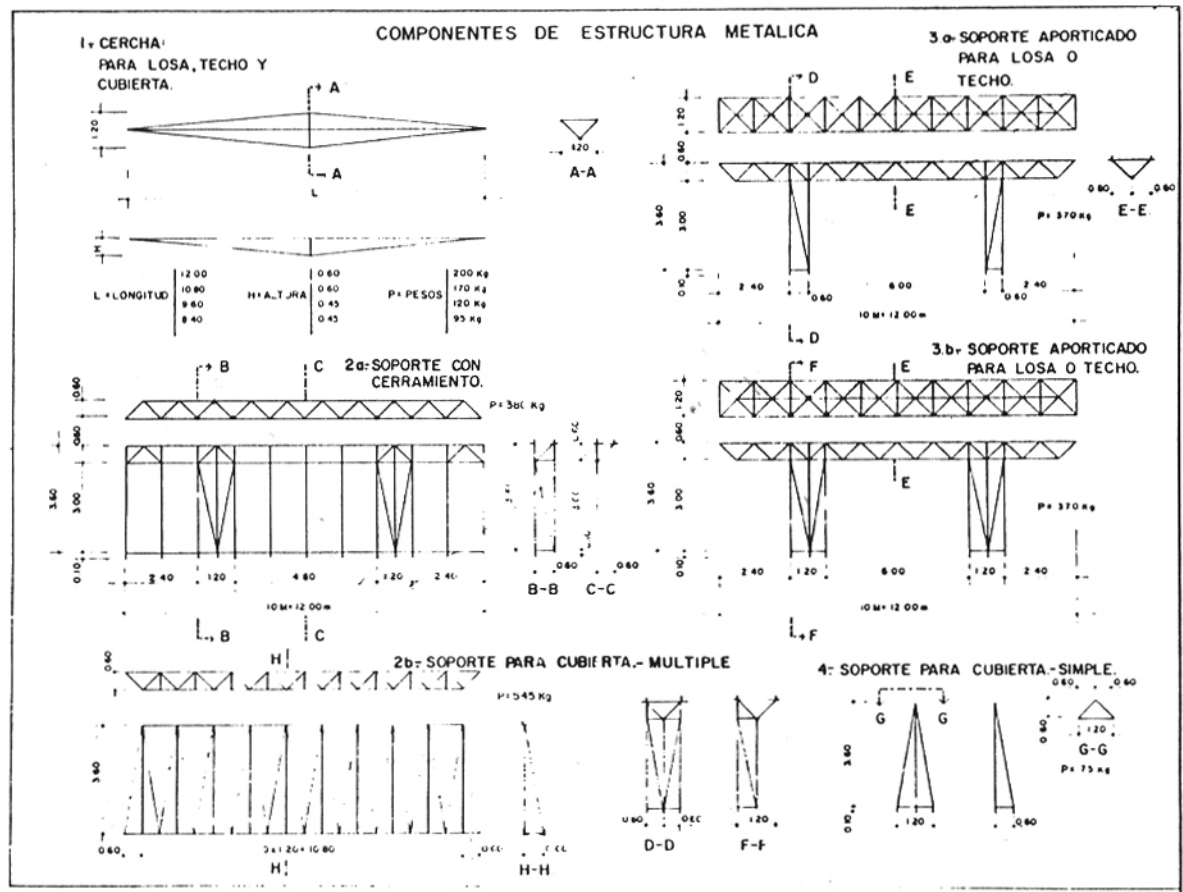


2.6. Diseño de un elemento tridimensional tubular de acero, como parte integrante de distintas tramas espaciales de la estructura portante.

La Sección tubular de las barras del elemento espacial tiene la notable virtud de presentar una resistencia adecuada al pandeo y posee el momento de inercia, igual en todas las direcciones, mayor que cualquier perfil. Este elemento formado por 6 barras tubulares fijadas en 5 vértices sin rotación ni traslación es verdaderamente indeformable.

Los empalmes de los cuatro vértices de los distintos elementos entre sí, por medio de soldaduras y remaches, dan una trama superficial y las uniones de los quintos vértices, por medio de barras de conexión producen la armadura rigidizadora de dicha trama.

Estáticamente el diseño permite obtener tres tipos de tramas: trama en bóveda, formada en su sección transversal por dos hasta ocho elementos tridimensionales de luz máxima 46m.; trama en voladizo, formada por uno y hasta cuatro elementos, de alcance máximo 48 m. y trama cónica, formada en su sección diametral por dos y hasta 8 elementos de diámetro máximo 100 m (Ver dibujo 4: "SIEMET").



2.7. Cúpula tronco-cónica.

Formada por elementos tridimensionales tubulares con ángulo de inclinación de generatrices $\angle = 12^\circ 30'$.

Diseño de cúpula con producción serial de componente principal —elemento tridimensional— y con tecnología industrial de montaje, permite construcción de vasta gama de cúpulas con diámetro del arranque desde 60 m. hasta 100 m.

2.8. Cobertura en voladizo.

Compuesta de elementos tridimensionales de barras tubulares, con variaciones dimensionales de alcance desde 28 m. hasta 48 m. y con pendiente constante $Tg \angle = 9^\circ 30'$. Esta cobertura con trama homogénea, plana y con brazo postensado y empotrado de un cajón de concreto armado, esta diseñada especialmente para hangares de grandes alcances en voladizo, con aplicación de puertas colgadas.

2.9. Edificio Educativo.

De uno, dos o tres pisos, de unidades funcionales con áreas variables desde 50 m² hasta 173 m², integrado por 6 componentes constructivos tipificados. Estructura portante de la losa y techo, representa un esqueleto tubular de acero, formado por los elementos tridimensionales en su sección transversal y en sección longitudinal por dos barras de conexión, las cuales unen los vértices de los elementos tridimensionales, creado en esta forma una armadura triangular de tramos múltiples.

3. Reflexiones.

En el presentado trabajo, el autor a pesar de que su principal facultad es la ingeniería civil, muestra la importancia del diseño, como un arte supremo en solucionar los problemas técnicos, para procurar un verdadero

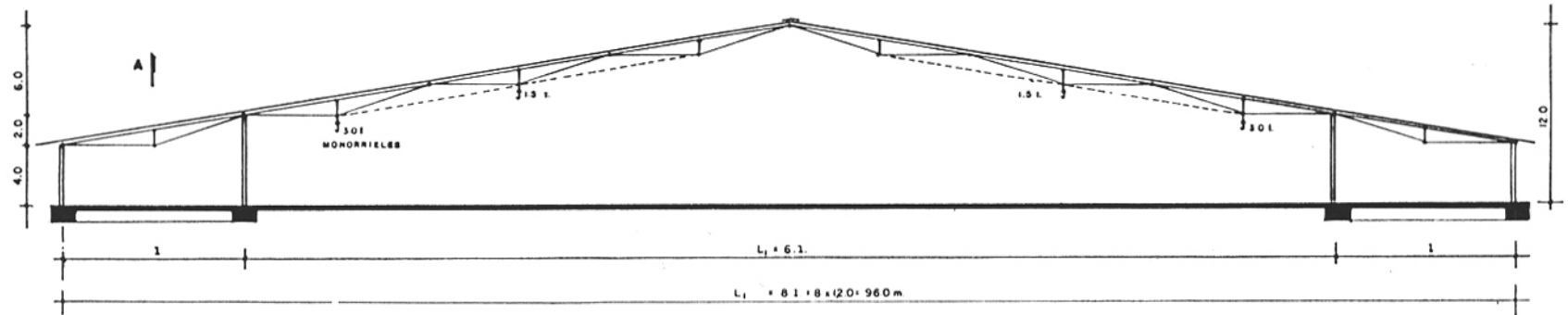
desarrollo de la construcción, en oposición al camino tradicional del escolástico cálculo, practicado en algunos medios profesionales, el cual con sus secos números, no puede intervenir en la evolución del diseño y más hace daño que beneficio.

En adición, su filosofía es determinar en la estructura espacial el estado de tensiones y deformaciones, los cuales se desean desde el punto de vista de razonabilidad y economía, pretendiendo después aplicar este diseño de manera que pueda cumplir esos deseos. El cálculo, elaborado estáticamente en estado lineal, muy raro en plano y nunca en el espacio, solamente puede confirmar o no, la justicia del diseño, si se aplican adecuados métodos y esquemas estáticos y no según inadecuados programas de cálculo computarizado.

Es preferible con métodos de diseño, eliminar la influencia negativa de algunos factores, por ejemplo la torsión en vez de calcularla, utilizando sofisticados métodos aritméticos. Terminando con las reflexiones sobre aspectos de las investigaciones y su resultado incluso en el diseño, hay que mencionar que sin sólida preparación teórica y sin la aplicación del sano juicio propio, no se puede obtener resultados satisfactorios y beneficiosos para nadie.

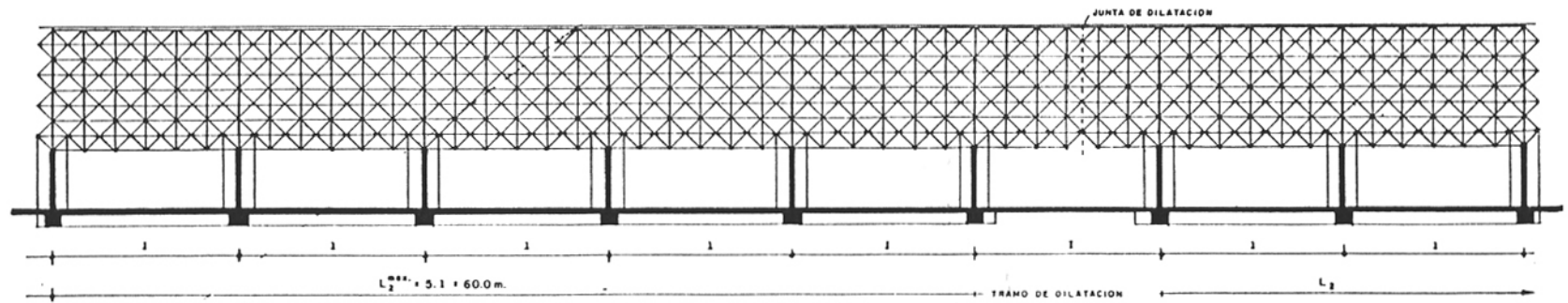
Por fin el autor del presente trabajo agradece a los directores del IDEC Arquitectos Henrique Hernández, Carlos Becerra y Luis Marcano González, el haber establecido todas las condiciones necesarias para el desarrollo de los sistemas aquí propuestos; a los Arquitectos César Martín y Sonia Cedrés de Bello, por su valiosa colaboración en la adaptación arquitectónica; al Ingeniero Allan Lamn por la elaboración de los análisis para los sistemas "SIEP 1" y "SIEP 2".

CUBIERTA EN BOVEDA

 $67.2 \text{ m.} \leq L = 8.1 \leq 96.0 \text{ m.}$


A |
CORTE TRANSVERSAL

VARIACIONES DIMENSIONALES DE "1"
1 = 8.4, 9.6, 10.8, 12.0 m.



CORTE LONGITUDINAL AA