

6428



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**Diseño Operativo de una  
Planta de Elementos  
Prefabricados de  
Concreto**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A:**

**GERMAN CARLOS GONZALEZ SOTO**



**MEXICO, D. F.**

**1990**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

## DISEÑO OPERATIVO DE UNA PLANTA DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO

- CAPITULO I. INTRODUCCION A LA PREFABRICACION Y AL PRESFUERZO
- 1.1 Origenes y Definiciones
  - 1.2 Ventajas y Desventajas
  - 1.3 Materiales Utilizados
  - 1.4 Principios de Diseño
  - 1.5 Equipo e Instalaciones Necesarias para Operar
- CAPITULO II. ELEMENTOS PREFABRICADOS STANDARD
- 2.1 Sistemas de Piso
    - 2.1.1 Sección doble T
    - 2.1.2 Sección TTV
    - 2.1.3 Sección T
    - 2.1.4 Sección TV
  - 2.2 Losas Extruidas
  - 2.3 Trabes Portantes y Rigidizantes
  - 2.4 Columnas
  - 2.5 Muros y Fachadas
  - 2.6 Pilotes
  - 2.7 Dormientes
- CAPITULO III. CRITERIOS DE DISEÑO
- 3.1 Diseño por Flexión
  - 3.2 Revisión por Resistencia
  - 3.3 Revisión por Cortante
  - 3.4 Estructuración

**CAPITULO IV. ASPECTOS DE ORGANIZACION**

**CAPITULO V. SISTEMA DE OPERACION**

- 5.1 Promoción y Captación de Proyectos
- 5.2 Análisis de los Proyectos
- 5.3 Presupuestos de los Proyectos
- 5.4 Contratación de la Obra
- 5.5 Programación de la Producción en Planta
- 5.6 Procedimiento de Producción
- 5.7 Sistema de Manejo y Distribución de Piezas

**CAPITULO VI. CONCLUSIONES**



## CAPITULO I

### INTRODUCCION A LA PREFABRICACION Y AL PRESFUERZO

En la actualidad, los conceptos de prefabricación y presfuerzo no son suficientemente conocidos por ser estos de reciente aplicación en lo que respecta a su utilización en México. Sin embargo, su descubrimiento se remonta a la época de los Egipcios (2100 A.C.), los cuales para la construcción de sus barcos, hacían uso del principio del presfuerzo. Ahora bien, su principal aplicación la encontramos en la Industria de la Construcción de cuyos usos, ventajas y desventajas se hace mención en el presente trabajo.

Para asimilar el concepto de presfuerzo, es necesario recordar las -- funciones que tiene el Acero de Refuerzo ordinario en el concreto reforzado: Resistir los esfuerzos de tensión; restringir el Desarrollo de las grietas, confinar el concreto simple; incrementar la ductibilidad en los elementos, reducir de formaciones a largo plazo y aumentar la resistencia del elemento estructural, -- son las principales funciones del Acero de Refuerzo ordinario. Precisamente el presfuerzo en los elementos estructurales nació de la idea de evitar las grietas producidas en el concreto debido a los esfuerzos de tensión, por tal motivo en el contenido del trabajo se exponen los criterios de diseño a los que deben estar sujetos los elementos estructurales presforzados a fin de lograr un adecuado comportamiento de estos en condiciones de servicio ya que como sabemos este es uno de los requisitos que deben de cumplir las estructuras así como una seguridad razonable, económica y factibilidad en su construcción, estética y mantenimiento mínimo.

Asimismo se enlistan los materiales empleados para la fabricación de los elementos, y las especificaciones de los mismos, para así determinar en los criterios de diseño, los esfuerzos permisibles a que deberá estar sujeto el elemento, y no sobrepasarlos a fin de lograr un comportamiento adecuado de dicho elemento.

Por otra parte en lo que respecta al concepto de prefabricación, este se puede comprender si hacemos uso de las modalidades del presfuerzo:

1. Pretensado - Los elementos pretensados son siempre prefabricados
2. Postensado - Los elementos postensados pueden ser prefabricados o colados en sitio, según el proyecto.

Es decir, que las piezas pretensadas son siempre fabricadas en una planta especializada para tal efecto, y posteriormente enviadas al sitio en donde se efectuará la colocación final del elemento y no así las postensadas, las cuales pueden ser coladas en sitio y efectuar la operación del tensado de la pieza - también in situ, aunque también podrán hacerse en planta y hacer el mismo sistema de envío y colocación que las piezas pretensadas. Cabe mencionar que este punto se aclara con más precisión en el trabajo, al diferenciar el procedimiento entre las modalidades del presfuerzo, aunque la finalidad de este trabajo se avoca a la descripción del Sistema de operación de una planta de elementos prefabricados la cual se especializa en las piezas pretensadas.

Dentro de lo que se refiere a la operación de una planta, se dan a conocer los aspectos necesarios para que esta pueda funcionar, como lo son: la organización, la administración, la utilización de recursos y la necesidad de los diferentes departamentos que deben existir en una empresa de este tipo, así como su combinación para que el resultado sea eficiente y productivo. Asimismo se explica la necesidad de que cada empresa tenga su catálogo de productos prefabricados y se enlistan cada uno de los productos posibles de fabricar en una planta, de los cuales se hace una descripción de sus ventajas y utilidades para casos diferentes de estructuración.

Refiriéndonos a la manera de aplicar la prefabricación, es necesario, hacer una breve explicación de lo que puede significar la utilización del concreto en la fabricación de elementos estructurales. El concreto al utilizarse en este campo, se vuelve otras cosas: un material y un método, ya que este además de elaborarse bajo un rígido control de calidad dentro de la planta (los rangos del  $f'c$  varían entre 350 y 450 kg/cm<sup>2</sup>, dependiendo de las necesidades de fabricación de las piezas), es indicativo de la forma en la que se fabrican dichas piezas, diferenciándose sí el método de las piezas hechas con concreto elaborado in situ en el cual se requiere una gran cantidad de cimbras, acabándose estas en pocos usos, y en cambio al emplear la Prefabricación en la cual, las cimbras de --

las piezas son por lo general a base de moldes de lámina de Acero o de Concreto, se le pueden dar a estos un número de usos ilimitados. o en algunos casos se utilizan de fibra de vidrio o madera dándole arriba de 50 usos con ajustes y reparaciones mínimas entre un uso y otro. Por otra parte, al emplear este tipo de cimbras se logra una gran calidad en la textura superficial del elemento, así como un control de la misma haciendo posible la obtención de muchas clases, las cuales serán difíciles de lograr si el concreto fuera hecho en sitio.

Los elementos prefabricados pueden ser reforzados a base de acero ordinario o acero de presfuerzo o ya sea una combinación de ambos. Como ya mencionamos al utilizar el presfuerzo en la Prefabricación, la modalidad empleada es el pretensado, pudiendo ser las piezas obtenidas en la planta, estructurales o no estructurales, dependiendo del diseño al cual estuvieron sujetas, aunque por lo general si una pieza requiere de presfuerzo, es por que, será de tipo estructural.

La fabricación en serie de elementos, usando presfuerzo también permite ahorrar refuerzo ordinario y controlar grietas durante el proceso de manejo de las piezas y por último bajo las cargas de servicios.

Por otra parte la Prefabricación como método de construcción puede reducir grandemente el tiempo de construcción, una vez que las unidades o componentes son fabricadas y estibadas, mientras otras fases del proceso de construcción son realizadas. Por lo tanto, usando concreto prefabricado se puede lograr una erección continua e ininterrumpida de los componentes que rápidamente formarán la estructura del edificio.

Todo lo anterior disminuye el tiempo de entrega del edificio lo cual hace que se obtenga ventajas adicionales como la reducción en los intereses que generan el anticipo por la construcción, la pronta ocupación y al final la rápida recuperación de la inversión del propietario.

Se debe acentuar que un proyecto de prefabricados debe tener una área de construcción mínima aceptable, tal que ciertos costos como son: el levantar

una planta, los costos del molde y la movilización de los equipos de montaje deberán ser de tal forma que aseguren que el uso de la prefabricación sea económicamente viable, las áreas de construcción mínimas para que un proyecto sea factible son de aproximadamente entre 3,000 y 5,000 m<sup>2</sup> si se usan componentes estandar ya sean presforzados o únicamente prefabricados, tales como: miembros de entresijos, cubiertas o fachadas, ó 1,000 ml. de piezas, tales como trabes portantes, rigidizantes, columnas o pilotes.

Así podemos mencionar que los componentes prefabricados que generalmente se pres fuerzan son: Pilotes, Columnas, Trabes Portantes y Rigidizantes, - Miembros de cubierta, tales como: las losas " TT ", lasas " T ", lasas " TIV ", lasas extruídas, sistema de vigueta y bovedilla, fachadas, paneles para muro, -- etc. Cabe aclarar que la selección de los tipos de elementos prefabricados son limitados únicamente por la imaginación del proyectista y de las posibilidades de hacer los moldes de dichos elementos.

El aprovechamiento del concepto de los sistemas prefabricados en edificios resulta al obtener un gran número de partes idénticas en el mismo tal que se estandarice la producción, combinadas con una garantía de larga duración del sistema en el mercado.

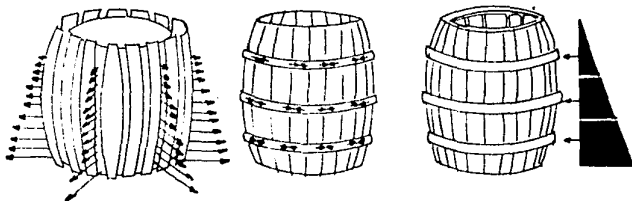
La ventaja económica es totalmente realizada solamente si la planeación del sistema a utilizar redunde en una coordinación modular con muchas unidades idénticas. Así las dimensiones de los componentes son usualmente determinadas por las consideraciones del transporte y montaje.

## 1.1 ORIGINES Y DEFINICIONES

Los antecedentes del presfuerzo tienen su principio en la Era de los Egipcios 2100 A.C., ya que sus barcos eran presforzados, es decir, a la madera con la que se hacía el casco, se le aplicaba una fuerza externa una vez que este ya estaba formado, para así darle una resistencia mayor a las embarcaciones, al estar navegando. Asimismo los egipcios fueron los primeros en usar metales que ayudaran a empatar piedras; pero debido a los problemas para obtener dichos metales, este método no fué extendido.

De esa fecha hasta el año de 1886 de nuestra era solamente se tiene datos que en Europa se hacían barriles de madera presforzados.

El principio básico para construir estos barriles era el de utilizar cinchos metálicos que se apretaban a las duelas de madera que componen el barril, provocando un presfuerzo de compresión en estas últimas, habilitándolas así para resistir la tensión en arco, producida por la presión interna del líquido contenido.



Paralelamente los inicios del concreto datan del período del Imperio Romano, en el cual el cemento que consistía de cal muerta y puzolana (ceniza -- volcánica conteniendo sílice) era mezclado con grava, teja rota y ladrillo para formar un concreto.

Este material era colocado entre cimbras, ya sea para crear domos, bóvedas y muros.

Cuando el arte de elaborar este tipo de concreto fué perfeccionando se usaba para hacer esculturas, fuentes y piedras de tipo decorativo, siendo -- marmol o piedra cortada los materiales preferidos para las fachadas de los muros y de las superficies expuestas de las esculturas. Cabe aclarar, que la cal muerta fué inicialmente usada antes del Imperio Romano. También durante el Imperio Romano se utilizó algún principio de refuerzo ordinario, esto es, para resistir el deslizamiento y agrietamiento en los domos, se colocaban cadenas de -- hierro entre la cimbra en la que finalmente se colaría el concreto.

Entre la caída del Imperio Romano y el siglo XVIII, la producción -- del concreto no fué desarrollada, debido a la carencia de puzolana, solamente -- Inglaterra en 1756 John Smeaton reinstaló el arte de hacer cemento hidráulico -- extraído de rocas naturales.

El cemento portland no fué inventado sino hasta 1824 en Inglaterra, producido en los Estados Unidos hasta 1871. Existe el dato de que en 1850 --- Joseph Monier en Francia desarrolló por primera vez el concreto reforzado como un arte de combinar metal con concreto; él usaba esta nueva mezcla para fabricar macetas, tubos, tanques y esculturas; por lo que también a este hecho probablemente se le puede considerar como el precursor de la fabricación.

La fecha exacta de la aplicación del principio del presfuerzo en el concreto es desconocida y solamente se conoce que hasta el año de 1886 un ingeniero estructural de San Francisco, P.H. Jackson obtuvo la patente de un sistema para unir varillas de acero con bloques de concreto prefabricados para formar losas de piso. Independientemente de este año en Alemania en 1888 C.E. --- Doehring aseguró una patente para concreto reforzado con metal que tenía aplica

do un esfuerzo de tensión, antes de que fuera cargada la losa, así entonces se -- puede deducir que estas aplicaciones estaban basadas en el concepto, de que el -- concreto no puede resistir esfuerzos de tensión y presforzando el acero y/o metales contra la sección de concreto pondría a éste bajo un esfuerzo inicial de compresión que se utilizaría para contrarrestar cualquier esfuerzo de tensión producido por las cargas de servicio. Sin embargo ninguno de estos dos métodos fueron -- exitosos, debido a que el presfuerzo se perdía por los efectos del flujo plástico y contracción del concreto y la relajación en los aceros de baja resistencia que se usaban.

Debido a esta situación C.R. Steiner de los Estados Unidos en 1908 desarrolló un método de reajustar las barras de refuerzo después de ocurridas las -- pérdidas por la contracción del concreto y flujo plástico, con el objeto de recuperar algunas de las pérdidas. También en los Estados Unidos R.L. Dill, ensayó -- barras de acero de alta resistencia cubiertas para prevenir la adherencia del concreto con el acero, después de colocar el concreto se tensaban las varillas anclándose al concreto por medio de tuercas; pero debido al elevado costo de acero de resistencia, este método no se extendió grandemente.

El desarrollo en forma de un sistema práctico de presfuerzo vino del -- trabajo desarrollado en 1928 por E. Freyssinet en Francia, el cual empezó usando tendones (cables de acero de alta resistencia), para presforzar elementos de concreto. Dichos tendones se formaban con alambres con una resistencia a la ruptura de 17,500 kg/cm<sup>2</sup> y un límite elástico aproximado de 12,650 kg/cm<sup>2</sup>.

El esfuerzo de tensión aplicado en estos alambres era alrededor de un 80% de límite elástico para que el presfuerzo efectivo una vez ocurrida las -- pérdidas quedará alrededor del 70% de dicho límite (aproximadamente alrededor de --- 8850 kg/cm<sup>2</sup>). Cabe mencionar que Freyssinet trabajó con las dos modalidades del presfuerzo es decir, con los sistemas de pretensado y postensado, aunque se le -- acredita al alemán E. Hoyer el desarrollo del primer sistema práctico de pretensado. El sistema Hoyer consistía en tensionar los alambres de presfuerzo entre dos pilares colocados a gran distancia el uno del otro, poniendo obturadores o anclajes entre los pilares, colando la pieza con concreto que queda entre las unidades y finalmente cortando los alambres después de que el concreto hubiera endurecido.

Por tanto, este sistema hacía posible la obtención de varias piezas de concreto entre dichos pilares o contrafuertes.

Finalizando los años 30's y empezando los 40's algunos sistemas prácticos de anclaje para postensado fueron perfeccionados siendo los más aceptados los de Freysinnet y el Prof. belga G. Magnel y por lo tanto Francia y Bélgica eran líderes en ese tiempo en el desarrollo del concreto presforzado como un material estructural. Esto una vez ocurrida la 2a. Guerra Mundial; aunque Inglaterra, Alemania, Holanda y Suiza rápidamente adaptaron estos sistemas y asimismo importantes contribuciones.

En los Estados Unidos el presfuerzo se desarrolló de una forma diferente. En lugar de presforzar linealmente las piezas, el presfuerzo circular tomó la iniciativa entre 1935 y 1953, cerca de 700 tanques circulares fueron construídos con este sistema, así hasta 1949 se desarrolló la primera gran estructura con el sistema de presfuerzo lineal, siendo ésta el Puente Walnut Lane en Filadelfia, utilizándose en éste el sistema Magnel para anclaje siendo el puente a base de traves de sección " I " fabricadas a pie de obra con obra falsa y luego postensadas. -- Las primeras vigas pretensadas en Estados Unidos fueron fabricadas en 1951 para otro puente. Para entonces el concepto de presfuerzo fué bien recibido y en el año 1954 fué fundado en los Estados Unidos el Instituto de Concreto Presforzado (Prestressed Concrete Institute) y el primer libro de texto usado en este campo fué escrito por el Prof. de Ingeniería Civil T.Y. Lin durante la época de estudiante con su compañero Gustave Magnel, después del acontecimiento del puente Walnut Lane en 1949 algunas pequeñas plantas de concreto prefabricado empezaron a experimentar y producir componentes estructurales de concreto presforzado para edificios usando la modalidad del pretensado. Algunos de estos componentes eran losas extruídas, losas aligeradas, piezas con sección de canal, vigas, pilotes, T's y dobles T's.

El rápido crecimiento de la prefabricación en el Continente Europeo puede ser atribuído a la necesidad de una gran labor de reconstrucción de la mayoría de los países de dicho Continente, después de ocurrida la devastación de la 2a. Guerra Mundial unida ésta a la insuficiencia de materiales de construcción. El acero estructural en particular era muy caro y escaso mientras que la mano de obra se mantenía en costos aceptables.



En nuestro país el progreso fué lento, pero se desarrolló rápidamente desde que las capacidades físicas de este método fueron probadas en Estados Unidos. El desarrollo en Estados Unidos durante el conflicto de la guerra de Corea, la carencia de materiales, los costos elevados del acero, el programa de construcción de carreteras amplias, el desarrollo de los métodos de productos en masa para minimizar los costos de Mano de Obra, fueron factores esenciales para las expansiones y uso de elementos de concreto presforzado y prefabricados como también de la creación de las plantas especializadas para fabricar dichos elementos.

Los únicos experimentos hechos en Estados Unidos de 1901 a 1940 referentes a concreto prefabricado fueron para elaborar fachadas consistentes en paneles prefabricados en camas inclinadas a pie de obra o en una planta cercana y enviando las piezas al lugar de la obra. Durante este período las plantas de concreto prefabricado se usaban también para producir elementos decorativos para edificios tales como: capiteles para columnas, pretilas, etc.

Con el advenimiento del presfuerzo y concretos de alta resistencia, la tecnología se desarrolló como la conocemos ahora; un método de fabricación de unidades precoladas en el que concretos de  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$  son comunes, comparados con los de  $f'c = 150$  y  $200 \text{ kg/cm}^2$  que se lograban en épocas anteriores - a 1950, usándose ahora métodos especiales de control de calidad y requiriéndose eficiencia tanto para el diseño como para producción, transporte y montaje de elementos prefabricados.

Ahora bien, es conveniente definir el concepto de presfuerzo: Presforzar un elemento de concreto, significa la introducción de fuerzas internas de compresión, mismas que contrarrestan las fuerzas de tensión producidas por cargas externas impuestas ya sea durante el traslado o en condiciones de servicio. (1)

Existen otras definiciones que también explican el concepto de presfuerzo:

Presforzar un elemento estructural, consiste en crear en el mediante algún procedimiento, antes o al mismo tiempo que la aplicación de las acciones exteriores esfuerzos tales que, al combinarse con los correspondientes a las cargas exteriores anulen los esfuerzos de tensión, o los mantengan menores que los esfuerzos permisibles de los materiales empleados. (2)

Presforzar significa la creación intencionada de esfuerzos no para eliminar tensiones exclusivamente, sino para mejorar el comportamiento general de la estructura.

- (1) Definición de " Plant Cast and Prestressed Concrete.- A Design Guide"
- (2) Definición de E. Freyssinet
- (3) Definición del Profesor T.Y. Lin

Las fuerzas internas son introducidas mediante el tensado de cables - alta resistencia (alambres y/o torones) hasta un 70 por ciento o más (según necesidades) del esfuerzo último del cable, para posteriormente transferir esta fuerza al concreto. Como ya se indicó existen dos modalidades del presfuerzo.

PRETENSADO.- Los cables son tensados antes de que el concreto sea colocado en la cimbra o molde. Cuando el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia (generalmente el 80% del  $f'c$ ) para asimilar la fuerza impuesta -- por los cables, entonces se libera el presfuerzo mediante el detensado o corte de los mismos. En forma genérica este es el método empleado para producir elementos presforzados en una planta de prefabricados.

POSTENSADO.- Se hace el colado del elemento, dejando preparaciones, - consistentes en vainas o ductos de postensado, dentro de los cuales se introduzcan los cables de presfuerzo, forrados usualmente por grupos de torones a los que se les denomina "tendones". Los tendones se jalan después de que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para asimilar la fuerza impuesta por el tensado. El postensado se realiza generalmente a pie de obra.

Teniendo concretos de alta calidad combinados con cables de acero de alta resistencia, ambos materiales se esfuerzan a altos porcentajes de los últimos de resistencia, manteniendolos dentro de su propio rango elástico. En la mayoría de los diseños, el concreto permanece alejado de la zona de agrieta

miento, recundando en un mejor aprovechamiento del peralte efectivo y haciendo - posible la reducción de peraltes y la ampliación de claros tanto para elementos horizontales como para muros prefabricados.

Los miembros estructurales prefabricados son generalmente presforzados, al mismo tiempo que los elementos arquitectónicos de fachada y los paneles de -- carga prefabricados no lo son.

Los elementos prefabricados que se pretensan son unidades de piso y muro doble " T " y " T " sencilla, traveses portantes sección " T " invertida, sección " L " y sección rectangular, traveses rigidizantes y de puente sección I, traveses de cubierta " TY " y " TIV ", viguetas, losas extruídas, columnas, pilotes y losas macizas. Todos estos elementos se explican con más detalle en el capítulo 2 del presente trabajo.

De acuerdo a lo anterior podemos definir a la prefabricación como un Sis tema constructivo basado en la elaboración de elementos estructurales y arquitectónicos en una posición distinta de la que tendrán en la estructura terminada.

## 1.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas del concreto prefabricado en planta como material de construc-- ción:

Los componentes de concreto prefabricado y/o presforzado son elaborados - bajo condiciones ideales de control de calidad mientras la cimentación y trabajos complementarios son ejecutados al mismo tiempo en el sitio de la obra, a fin de - que se permita la entrega y montaje de las unidades directamente del camión a la estructura gracias a precisos y predeterminados programas de construcción. En -- grandes proyectos esto resulta en reducciones importantes del tiempo de construc-- ción, minimizando los costos de mano de obra en sitio y cargos de financiamiento, permitiéndose una rápida ocupación del inmueble y el uso total de la estructura. A continuación se enlistan algunas de las ventajas por usar elementos de concreto prefabricado y/o presforzado:

- Reducción en las secciones de los elementos estructurales.- El uso de elementos de concreto presforzado optimiza las secciones de los miembros que integran los módulos estructurales permitiendo claros mayores para -- menores peraltes, reduciéndose entonces la altura total de edificios y -- los espacios destinados a efectos térmicos.
- Gran capacidad de carga.- El concreto presforzado posee la resistencia y rigidez esenciales para poder acomodar cargas pesadas, como aquellas -- que resultan de equipos pesados de manufactura o almacenes de libros (Bibliotecas).
- Durabilidad.- El concreto prefabricado es excepcionalmente resistente a los agentes de intemperismo, como la abrasión, corrosión, impactos, etc. que ocurren a través del tiempo.
- Claros largos.- Los que resultan en la disminución de los elementos de soporte (columnas o muros de carga), y asimismo más espacio libre aprovechable. Esto permite gran flexibilidad en el diseño de interiores, así -- como economía y eficiencia.
- Flexibilidad para Futuras Ampliaciones.- Los componentes prefabricados pueden fácilmente ser diseñados para concebir expansiones horizontales o verticales en los edificios. Así, con el diseño de edificios prefabricados bajo el concepto modular, las ampliaciones necesarias pueden hacerse con costos bajos de modificación.
- Larga vida útil y Mantenimiento Mínimo.- Los edificios prefabricados -- dan años adicionales de servicio con un mínimo de reparaciones y mantenimiento. Esto es debido a que los componentes prefabricados y/o presforzados se elaboran en moldes metálicos, de concreto o de fibra de vidrio, ob-- teniéndose superficies tersas y homogéneas, las que resisten la penetra-- ción de la humedad, de contaminantes, o de agentes corrosivos. Los con-- cretos de alta densidad como los que se usan en prefabricados, también re-- ducen el tamaño y cantidad de burbujas de aire en la superficie de los -- mismos, mejorando la textura y evitando la acumulación de paleos. Tam-- bién al evitar las grietas con el uso de presfuerzo, se asegura la integri-- dad del producto. Así, las pocas necesidades de mantenimiento y limpieza

en los edificios, resultan en ahorros de operación para los edificios y para el propietario, pudiéndose ampliar los usos que se destinen a este tipo de construcciones, tales como plantas procesadoras de alimentos o talleres donde se elaboren sofisticados circuitos electrónicos.

- **Moldeabilidad del Concreto.**- Siendo el concreto elaborado en planta un material plástico en su estado líquido, puede ser moldeado en secciones complejas y obtenerse con éste, texturas intrincadas. Optimizando el rehabilitado de los moldes, diseños arquitectónicos y de escultura en 3 dimensiones son posibles, mismos que serían imposible obtenerlos con cimbras y colados en sitio.

- **Apariencia Atractiva.**- Con tratamientos especiales en la superficie de los elementos, los patrones, texturas y variaciones de color con concreto prefabricado y/o presforzado son prácticamente ilimitados. La belleza propia, realza la imagen en los ocupantes, sugiriéndoles buen gusto, estabilidad y permanencia. Esto incrementa la posibilidad de venta, rentabilidad y mantiene los índices de ocupación altos.

- **Economía.**- En adición a las ventajas en costo ya descritas, la construcción con concreto prefabricado reporta otro tipo de ahorros: los costos de mano de obra en sitio se reducen. Elementos presforzados de mayor resistencia y menor peso producen ahorros en la cimentación del edificio. Efectuando el cierre de edificios rápidamente durante épocas de clima favorable, el trabajo de acabados y otras etapas de la construcción pueden realizarse en época de lluvias u otra clase de inclemencias del tiempo, ayudando de esta forma al contratista general de la obra.

Principalmente, con el uso de prefabricados, se reducen tanto los trabajos de cimbrado como se elimina el tiempo necesario para completar la construcción, requerida por ejemplo: para estructuras de acero donde se usan pisos metálicos, cierres, extremos, techos colgados, e instalaciones especiales contra incendios. Otras acciones tienen también acceso instantáneo a los miembros de piso una vez montados, los cuales forman una superficie segura de trabajo.

Finalmente, estos ahorros en tiempo, minimizan los costos de financiamiento, recuperándose rápidamente la inversión del propietario debido a la pronta ocupación del edificio, y recibiendo el contratista el pago de forma ágil el pago por ejecución de la obra.

- Control de Calidad.- Los componentes prefabricados en planta son elaborados bajo condiciones óptimas de mezcla, colocación de accesorios y placas embebidas, ubicación de concretos de bajo revenimiento y sistemas de curado no disponibles en el sitio de la obra. Asimismo se cuenta con un laboratorio especializado de concreto en donde se diseñan las mezclas y se rompen los cilindros de prueba para verificar resistencias.

- Resistencia al Fuego.- Siendo el concreto prefabricado no combustible, puede considerarse como un material excelente, para prevenir la propagación de incendios, ya sea dentro del edificio o entre edificios. Este beneficio intrínseco asegura la seguridad del ocupante, resultando bajas primas por seguros contra incendio.

- Baja transmisión del Sonido.- Un método para reducir la transmisión del sonido es incrementando la masa de la barrera o usando elementos de división, tales como muros y pisos divisorios. La densidad del concreto fabricado en planta provee de excelentes propiedades de reducción de sonido. Es apropiado para edificios de apartamentos, condominios, hoteles, moteles, estudios de música, auditorios y escuelas. Así el buen control de sonido, resulta en bajos índices de desocupación.

- Conservación de la Energía.- El concreto prefabricado, además de ser capaz de añadirse de aislamiento térmico en la fabricación, también contribuye en ahorros de recubrimientos aislantes debido a la inherente capacidad del concreto para modificar el grado al cual se muevan el calor o el frío a través del material.

- Control del Flujo Plástico y de la Contracción del Concreto.- Por estar los elementos pretensados almacenados durante 30 ó 60 días después de haberse fabricado, antes de su entrega en obra, una porción significativa (50% ó más) de las pérdidas a largo plazo como el flujo plástico

y la contracción del concreto pueden ocurrir antes de que los componentes sean incorporados a la estructura. Esto reduce la cantidad de movimientos por pérdidas a largo plazo, a ser considerados en el diseño del edificio cuando se compara con estructuras convencionales coladas en sitio o con elementos postensados. Los elementos prefabricados utilizan concreto de alta resistencia con una baja relación de agua-cemento, la que minimiza la cantidad de pérdidas potenciales.

- Eliminación de Cimbrados y Obra Falsa.- Por fabricarse las piezas en moldes metálicos o de fibra de vidrio, el número de usos que se le pueden dar a estos es muy grande, comparado con el que se les da a la cimbra de elementos colados en sitio, eliminandose trabajos excesivos en moldear y rehabilitar las cimbras. Asimismo, los elementos prefabricados pueden ser montados sin obra falsa, proveyendo rápidamente plataformas de trabajo para otras etapas de la construcción.

Después de haber descrito las ventajas de fabricar piezas de concreto en planta, se puede obtener un análisis comparativo entre las modalidades del presfuerzo.

**VENTAJAS PRETENSADO**  
(Con respecto al Postensado)

1. Mayor control de calidad.
2. Rapidez de ejecución de obra
3. Es un proceso industrializado
4. Mejores condiciones de trabajo
5. Menor costo de anclaje

**DESVENTAJAS PRETENSADO**  
(Con respecto al postensado)

1. Costo adicional por transporte y montaje.
2. Inversión por instalaciones costosas y equipos especiales
3. Piezas especiales para desviación de cables
4. Fabricación de elementos de longitud limitada
5. Complicación en las conexiones

A este respecto se puede concluir que se define el uso del Pretensado o del Postensado de acuerdo a la cantidad de elementos iguales y sus dimensiones (longitud y ancho).

### 1.3 MATERIALES UTILIZADOS

Los materiales que se emplean en una planta, varían de acuerdo a la pieza que se vaya a fabricar, es decir, depende si va a ser un elemento estructural, de peso, de soporte, de rigidez, arquitectónico, de fachada, etc.

Sin embargo, los más comunes son los elementos estructurales, los que generalmente serán presforzados, y en este caso bajo la modalidad del pretensado.

De esta forma podemos englobar en dos grandes grupos a los elementos prefabricados:

- 1) Elementos estructurales
- 2) Elementos arquitectónicos

Para fabricar el primer grupo de elementos es necesario contar con los materiales que a continuación se enlistan

#### - Materiales Básicos de Consumo

Cemento Normal tipo 1 (norma ASTM-C-150)

Grava (norma ASTM C-33)

Arena (norma ASTM C-33)

Aditivos para concreto

Agua (potable)

Acero de refuerzo ordinario  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  G.D.

Acero de presfuerzo (alambre o torón)

Placa de acero de Alta Resistencia

Soldadura E-70-18 y E-60-13 para distintos espesores

Malla electrosoldada

Alambre recocido No. 18

Oxígeno y Acetileno (equipos de corte)

Diesel y Gasolina

Malla electrosoldada

Madera (triplay, polín y barrote)

Foliducto (enchufe de torones y perforaciones en las piezas)

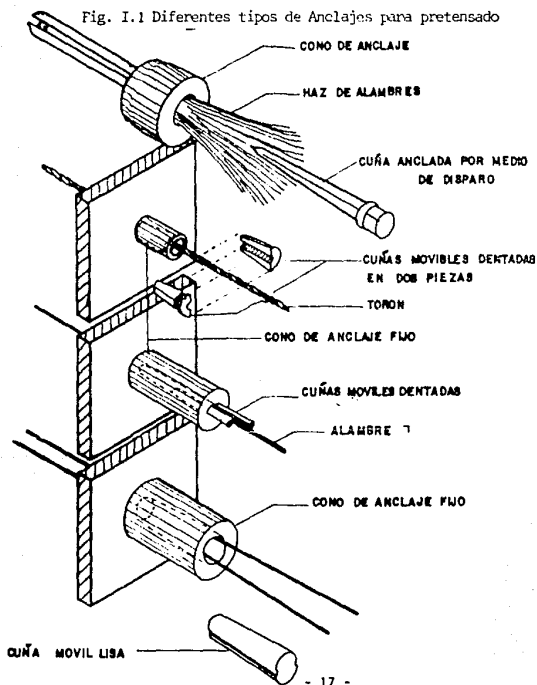
Poliétileno



- Materiales Especiales

Existen otros materiales que aunque en menor grado, son necesarios para prefabricar elementos estructurales; estos son:

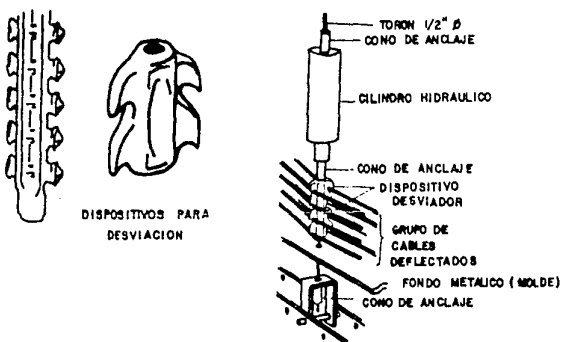
- Anclajes.- Según el procedimiento y el tipo de acero de presfuerzo a utilizar, existe gran variedad de anclajes para pretensado, los que son necesarios tanto para el tensado, como para la fijación del acero a las mesas de presfuerzo o en su caso a los moldes autopresforzantes.



- Dispositivos para desviación de tendones.- Existen accesorios especiales que actúan sobre el acero de presfuerzo ya tensionado para mejorar el comportamiento estructural de la pieza, evitando esfuerzos de compresión excesivos en los extremos de las piezas por medio del desvío de los tendones. (Ver principios de diseño en el inciso 1.4 de este capítulo). Sin embargo, existe otro procedimiento que también controla los esfuerzos por el presfuerzo en donde no se necesitan, este es por medio del engrase de algunos alambres o torones en los extremos de las piezas con bastón de paliducto de la longitud que se requiera según proyecto.

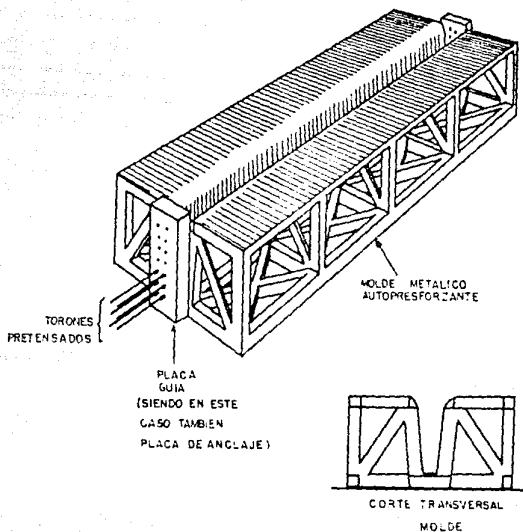
Fig. 1.2

Dispositivos Desviadores



- Placas Guía.- Se utilizan para evitar errores en la excentricidad a la que deberá estar colocado el acero de presfuerzo. Por lo general en cada proyecto y según la pieza de la que se trate, el acero de presfuerzo se localiza en diferentes posiciones, siendo la placa guía un material que asegura la posición correcta de los alambres o torones, al tener perforaciones que así la indican. Usualmente la placa guía sigue la forma de la sección que se esté fabricando o por lo menos tiene las dimensiones del alba o nervio de la pieza para que sea colocada como tapón de fabricación, empleando 1 placa guía cada 25 metros de molde si las mesas son de 50 metros o más. Si el molde es de menores dimensiones se necesitan solo dos placas guías (una en cada extremo).

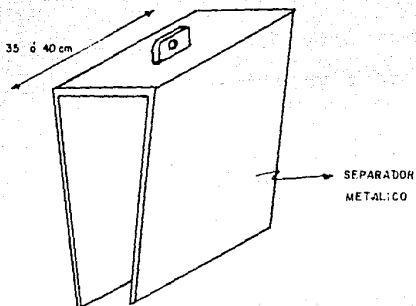
Fig. I.3 Ejemplo de placa guía en Molde Autopresforzante



- Separadores.- Sirven para espaciar los elementos que se fabrican en los moldes, tal que se pueda realizar el corte de los alambres o torones una vez terminado el ciclo de producción.

Fig. 1.4

Separador Metálico



- Yugos.- También llamados peines o placas de anclaje, y se utilizan para transmitir el presfuerzo de los torones a las mesas o a los moldes (Si estos son autopresforzantes). Es en estos donde se apoyan los anclajes de pretensado efectuándose de esta forma la transmisión del presfuerzo al elemento resistente.

Fig. 1.5 Yugos o Placas de Anclaje



- Arneses.- Son armaduras metálicas que sirven de apoyo a las piezas - que no son autoestables, tanto en la estiba como en el transporte de -- las mismas. Se utiliza por lo general un arnes en cada extremo de la - pieza, fijando de esta forma al terreno o a la plataforma del trailer. Las piezas que necesitan de arneses son por lo general elementos de sección " T ", " I ", " L " y " TTV " si estas son de corta longitud (hasta 15m. de plataformas normales), pudiéndose transportar más de una pieza de acuerdo a dimensiones y peso.

Por el contrario si estas son largas, solamente se pueden fletar de una por una, subsituyéndose la plataforma con arneses en dollys o diablos - quedando la pieza sujeta solamente en los extremos. (Se aplica para pieza que pesan más de 15 toneladas y que su longitud sea superior a 15m.)

NOTA: Las piezas de sección TTV necesitan de arneses, si se fleta más de una pieza por trailer.

Los agregados pétreos utilizados en la elaboración del concreto pueden - ser basálticos, normales y hasta livianos dependiendo de la disponibilidad en ban-cos locales y del costo de los mismos. Por otra parte si para alguna fachada pre-fabricada es necesario un acabado de grano expuesto, el mismo agregado puede ser usado en toda la sección o también una mezcla de dos agregados con el más caro en la porción expuesta del elemento tal que el agregado normal sea utilizado para la parte íntima del mismo, lo anterior se presenta generalmente cuando se requiera - agregado de mamol expuesto para elementos arquitectónicos.

Cabe aclarar que gracias a los estrictos controles de calidad y por mane-jar los materiales en plantas especializadas es posible obtener concretos de muy alta resistencia variando los f'c en rangos de 300 a 600 kg/cm<sup>2</sup>. Esto se logra - simplemente con:

Cemento normal tipo 1 norma ASTM C-150 y agregados naturales norma ASTM C-33 para concretos de f'c 450 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando grava tritunada basáltica para elaborar concretos de f'c 450 kg/cm<sup>2</sup>.

El acero de refuerzo ordinario utilizado en el armado adicional - de los elementos prefabricados es generalmente varilla grado duro cualquier diámetro de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ . Aunque algunas veces se llega a usar el acero  $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$  para estribar los elementos.

Para presforzar un elemento de concreto se utilizan generalmente los siguientes tipos de acero:

	Diam. (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Peso (kg/ml)	Fsr ó $f_{pu}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Alambre -----	* 7	38.485	0.302	16900
	* 5	19.635	0.153	16900
	2	3.1416	0.024	22000

\* Algunos fabricantes de este tipo de acero también lo producen -- dentado para inducir una mejor adherencia con el concreto.

	Diam (pulg)	Area neta acero (cm <sup>2</sup> )	Peso (kg/ml)	
TORON -----	5/16	0.3742	0.293	250 K
	3/8	0.5484	0.432	250 ó 270 K
(Es un conjunto de 7 alambres - trenzados).	7/16	0.7419	0.580	250 ó 270 K
	1/2	0.9871	0.775	250 ó 270 K
	0.6	1.42	1.102	250 ó 270 K

\*\* En un torón el grado 250 ó 270 K significa que el acero tiene - capacidad de 250,000 y 270,000 libras por pulgada cuadrada respectivamente, transferido al sistema métrico decimal 250 K = 17,618 kg/cm<sup>2</sup> y 270 K = 19,027.5 kg/cm<sup>2</sup>. Estos aceros cumplen con la norma ASTM-46-74, americana.

En la actualidad se fabrica una mayor variedad de alambres de presfuerzo siendo sus características las siguientes:

Diámetro (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Peso (kg/ml)	Fsr ó Fpu (kg/cm <sup>2</sup> )
3.0	7.1	0.055	17,464
3.25	8.3	0.065	17,464
3.62	10.3	0.08	16,900
4.0	12.6	0.098	16,900
4.88	18.7	0.145	16,900

Sin embargo las dos tablas anteriores describen a los aceros de presfuerzo más comunes.

La cantidad a utilizar de cada material, está dada por la forma de operación de la planta y de acuerdo al tipo de pieza a fabricar, por ejemplo:

Si la pieza a fabricar es del tipo estructural, se tendrá que especificar desde el proyecto; la resistencia nominal del concreto ( $f'c$ ), la cantidad de armado adicional con acero de refuerzo ordinario, los accesorios de conexión, dispositivos especiales de anclaje, el número de torones y su colocación en los nervios de la pieza, así como la posición de los ganchos de izaje. Con los datos anteriores, se puede obtener una aproximación de los materiales necesarios y la cantidad que se llevará cada pieza.

En lo que respecta al concreto, si este es de  $f'c = 350$  kg/cm<sup>2</sup> se puede dar el siguiente proporcionamiento para 1 m<sup>3</sup> de concreto: (1)

Cemento Normal tipo 1	450 kg.
Grava normal	915 kg. (aprox. 0.6 m <sup>3</sup> )
Arena	590 kg. (aprox. 0.4 m <sup>3</sup> )
Agua	190 lt.
Aditivo superfluidizante	2 lt. (aprox. 0.45% del peso del cemento).



De esta forma puede cubicarse la cantidad de cemento, agregados, agua y aditivos de acuerdo al número de piezas a fabricar y los metros cúbicos de concreto que cada una importe.

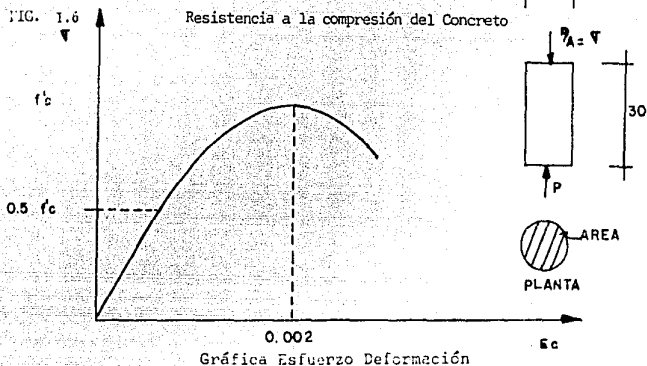
El Acero de Refuerzo ordinario se encuentra más tipificado y solo bastará con medir las longitudes y desperdicios por corte de cada diámetro de varilla que se llevará la fabricación de las piezas para saber los kilogramos a emplear. Cada varilla según su diámetro tiene catalogado su peso en kgs/ml. Si la pieza a fabricar es de un sistema de piso o cubierta (Sección TT, TTV, T ó TY) generalmente se usará malla electrosoldada para armar el ala de la trabe, por lo que solo bastará saber el ancho del patín y la longitud de la pieza para determinar -- los metros cuadrados.

(1) Datos proporcionados por Industrial Prefabricadora, S.A. de C.V. con agregados de la Región de Texcoco, Edo. de México, que se emplearán de ese material, quedando por definir solamente el tipo de malla, ya que sea desde 44-44 hasta 10/10 - 10/10. (Los primeros dos números definen el calibre del acero en uno y otro sentido, y los dos últimos definen la separación entre estos en pulg. también en ambos sentidos), siendo la más usual la 66-66.

El proyecto también proporcionará el tipo de accesorios tanto de conexión como especiales que se deberán dejar ahogados en la pieza determinando el espesor, el ancho y el largo de las placas, así como su unión con las varillas y estribos conectores a través de soldadura.

A continuación se presentan algunas gráficas que explican el comportamiento estructural de los materiales utilizados en la fabricación de elementos -- presforzados.

FIG. 1.6



Con el uso de la prefabricación se pueden obtener concretos de alta resistencia y calidad, variando sus resistencias de acuerdo a los siguientes rangos:

300	$f'c$	600	$kg/cm^2$	
0.07	$f't$	0.10	$f'c$	(Módulo de ruptura a tensión)

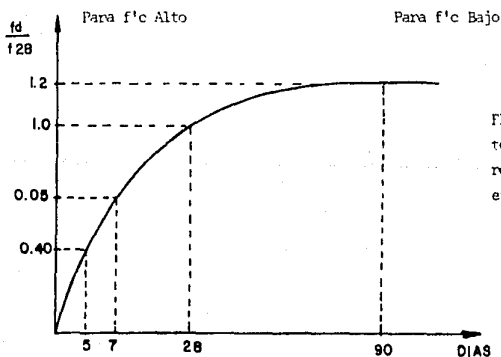


FIG. I. Gráfica de resistencia del concreto con respecto al tiempo (sin efectuar curado a vapor).

FIG. 1.7 Curvas Típicas Esfuerzo - Deformación para Diferentes Tipos de Concreto.

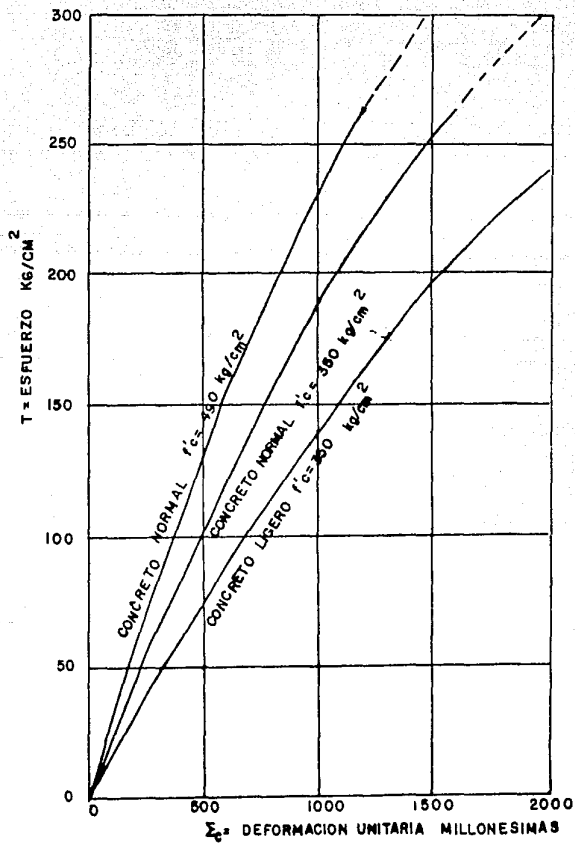
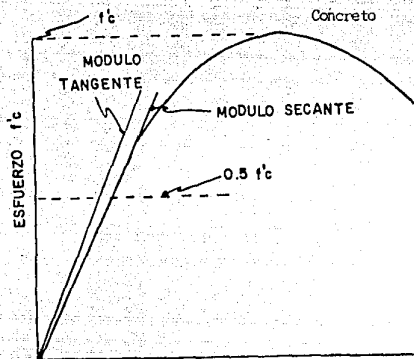


FIG. 1.8 Gráficas Explicativas de los Módulos de elasticidad del



MODULO DE ELASTICIDAD =  $E_c$   
 Según el Reglamento D.D.F.  
 $E_c = 14,000 \sqrt{f'c}$ , para -  
 efectos de corta duración.

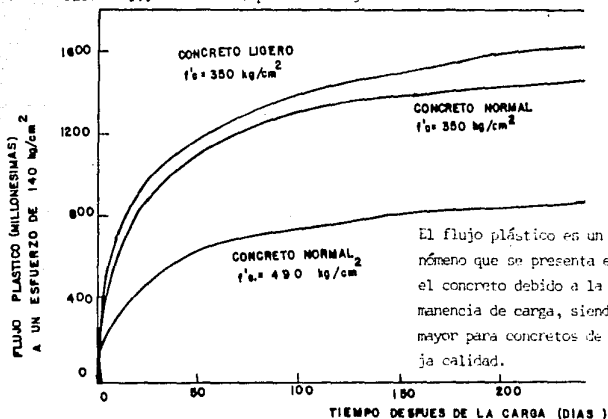
Según el A.C.I.

$$E_c = (W^{1.5}) \times 15000 \sqrt{f'c}$$

DEF. UNIT.  $E_c$

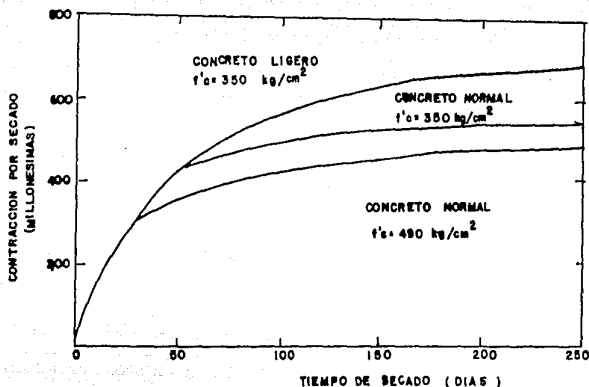
También se han hecho estudios del comportamiento del concreto a largo plazo, obteniéndose mejores resultados con los de más alta resistencia, restringiendo el flujo plástico y la contracción del concreto.

FIG. 1.9 Curvas Típicas de Flujo Plástico del Concreto



El flujo plástico es un fenómeno que se presenta en el concreto debido a la permanencia de carga, siendo mayor para concretos de baja calidad.

FIG. 1.10 Curvas Típicas de Contracciones del Concreto



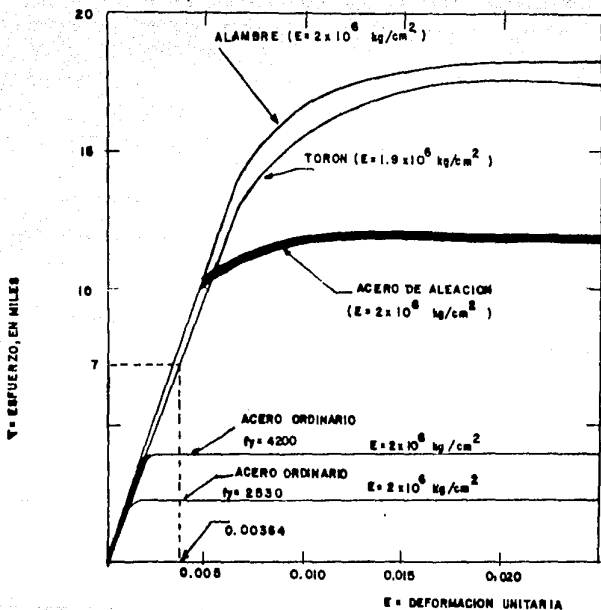
La contracción del --  
concreto es un fenómeno que se presenta de  
bido a la pérdida de  
humedad del mismo.

Se pueden enlistar las siguientes como causas de la contracción y flujo plástico del concreto:

- Elevada relación agua/cemento
- Revenimiento excesivo
- Agregados débiles
- Curado inadecuado
- Resistencia Baja
- Carga sostenida.- Esta última se considera que solo afecta al flujo plástico.

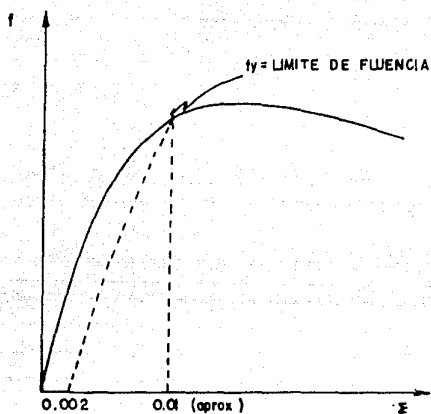
En cuanto al acero de presfuerzo, se observan las siguientes características:

FIG. I.11 Resistencia a la Tensión.



Curvas típicas de -esfuerzo-deformación comparando la resistencia entre aceros de presfuerzo y aceros de refuerzo ordinario de  $f_y = 4200$  y  $2530 \text{ kg/cm}^2$ .

FIG. 1.12 Límite de Fluencia Convencional



Esta dada por la --  
gráfica esfuerzo de  
formación y de acuer  
do a los valores --  
que en esta se indi  
can.

#### 1.4. PRINCIPIOS DE DISEÑO

El concepto de presfuerzo es para introducir precompresión en el área del elemento donde la tensión se produce por cargas de servicio. Al tiempo que el miembro está sujeto a carga viva y muerta, la tensión resultante es contrarrestada por la compresión inducida por el presfuerzo aplicado. Así uno elimina al otro, obteniendo un esfuerzo neto de compresión a lo largo del elemento o un pequeño valor de tensión en el lecho bajo del mismo, usualmente por debajo de los esfuerzos permisibles y del módulo de ruptura del concreto.

Es común que el concreto elaborado en planta tenga altas resistencias a la compresión, alcanzándose algunas veces  $f'c$  de hasta  $600 \text{ kg/cm}^2$ . No obstante, es usual emplear concretos con esfuerzos de resistencia a la compresión de - - -  $350 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días para fabricar la mayoría de los elementos estructurales. Así los esfuerzos permisibles para el concepto aumentan, ya que estos son función del  $f'c$ :

1. Esfuerzos permisibles inmediatamente después de la transferencia del presfuerzo y antes de que ocurran las pérdidas por contracción y flujo plástico.

$$\text{Compresión} = 0.6 f'ci \text{ en kg/cm}^2$$

$$\text{Tensión} = \sqrt{f'ci} \text{ en kg/cm}^2$$

$$\text{Se utiliza } f'ci = 0.8 f'c$$

2. Esfuerzos permisibles en condiciones de servicio (C.M. + C.V.)

$$\text{Compresión} = 0.45 f'c$$

$$\text{Tensión} = 2 \sqrt{f'c}$$

Asimismo existen esfuerzos permisibles en el acero de presfuerzo, cuando se está efectuando el tensado y después de haberse efectuado la transferencia, - siendo estos respectivamente.

$$0.8 f_{sr}$$

$$0.7 f_{sr}$$



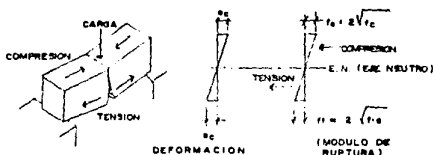
donde  $f_{sr}$  = Esfuerzo resistente nominal en el Acero de Presfuerzo (también suele denominarse  $f_{pu}$  = Esfuerzo de presfuerzo último).

Mediante el uso del presfuerzo, la ineficiencia del concreto a esfuerzo de tensión es eliminada y a su vez reemplazada con el acero de presfuerzo de alta resistencia generalmente de Grado 270 k. (270,000 libras/pulg.<sup>2</sup> = 19027.48 kg/cm<sup>2</sup>).

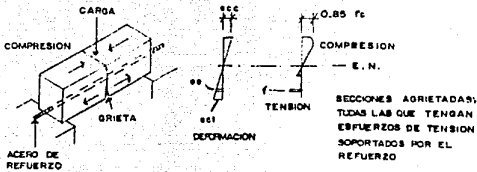
En el pretensado, la fuerza se aplica al concreto mediante el proceso de colocar los alambres o torones en el molde antes de que el concreto sea vaciado, tensado el acero de presfuerzo con gatos hidráulicos. Entonces se procede al colado de las piezas, vibrando y dándole el acabado necesario al mismo tiempo. Una vez acabado el colado, se reposa el concreto aproximadamente 2 horas, tapando los moldes con lonas, a fin de que se obtenga el fraguado inicial del concreto. Después se aplica durante un período que varía de 8 a 10 horas el curado a vapor de las piezas. Para entonces el concreto debe haber alcanzado aproximadamente el 80% de su resistencia nominal ( $f'_{ci} = 0.8 f'_c$ ). Al tiempo que el concreto va endureciendo, se mejora la adherencia entre este y al acero de presfuerzo. Se suspende el suministro de vapor a las piezas y después de que el calor haya disminuido gradualmente (4 a 6 horas), se sacan los cilindros de prueba que se curaron de la misma forma, enviándolos al laboratorio donde se rompen para verificar que la resistencia sea igual o mayor que la mínima requerida para la transferencia del presfuerzo. Entonces por medio del detensado o corte del acero, se libera la fuerza de presfuerzo hacia los elementos precolados. Los alambres o torones son firmemente sujetos gracias a la adherencia desarrollada por el concreto en las zonas extremas, evitando así el corrimiento del acero de presfuerzo. Es cuando la fuerza de tensión aplicada a los cables se convierte en --compresión para el concreto.

Se aprecia gráficamente como trabaja el presfuerzo:

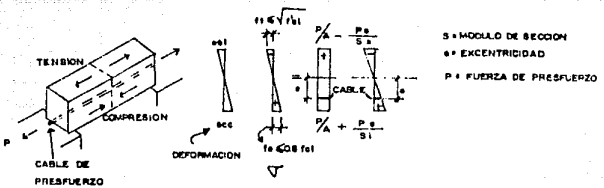
a) Viga de concreto sin acero de refuerzo



b) Viga de concreto armado



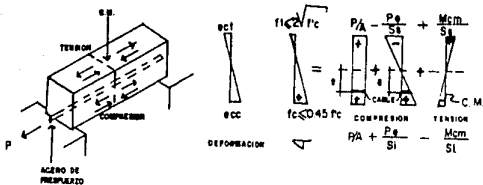
c) Viga de concreto presfuerzo en la etapa de transferencia del fuerzo.



Compresión (+)

Tensión (-)

d) Viga de concreto presfuerzo bajo la aplicación de carga muerta.



NOTA.- Esta etapa debe ser evaluada por cada una de las siguientes -- condiciones:

- 1) Desmoldeo y manejo en planta incluyendo impacto
- 2) Transporte y montaje incluyendo impacto
- 3) Trabajando como sección simple
- 4) Soportando el peso propio del firme

Idealmente para tener momentos flexionantes positivos y negativos idénticos a lo largo de la pieza se recomiendan 5 puntos de apoyo para el manejo en planta y montaje. Sin embargo, por facilidad de construcción y ahorro de accesorios, la mayoría de los elementos presforzados se levantan y soportan en dos puntos cercanos a los extremos, siempre que esas secciones hayan sido diseñadas para aguantar cargas de servicio. También el almacenaje de productos presforzados para piso, que no hayan sido diseñados especialmente para trabajar en voladizo deberán apoyarse en los extremos a fin de que no se desarrollen alabeos y flexiones excesivos, principalmente debido a flujo plástico.

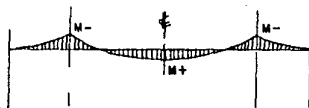


Diagrama de momentos flexionantes en el izado

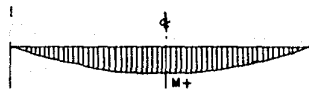
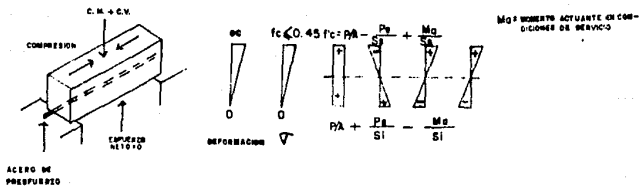


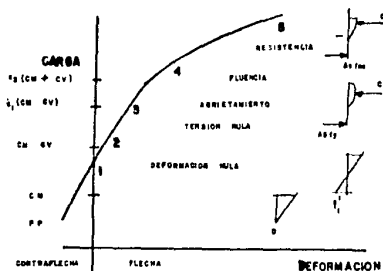
Diagrama de momentos flexionantes bajo cargas de servicio

Finalmente, es importante recordar que otros factores también afectan - el diseño de miembros presfuerzados. Tales como: Cortante y Revisión de flecha máxima y Resistencia última. (ver capítulo 3 del presente trabajo).

e) Viga de concreto presfuerzado en condiciones de servicio



Podemos resumir el comportamiento de las vigas de concreto presfuerzadas de acuerdo a la siguiente gráfica.



Donde:

- AS = Area del Acero de Presfuerzo
- PP = Piso propio del elemento
- CM = Carga Muerta
- CV = Carga Viva
- K1 y K2 = Constantes
- $f't$  = Módulo de ruptura a tensión del concreto

$f_y$  = Esfuerzo de fluencia

$f_{sr}$  = Esfuerzo último del acero

NOTA: Los diagramas de los puntos 2 y 3 representan variaciones de esfuerzos;  
los de los puntos 4 y 5 muestran las fuerzas del par interno.

## 1.5 EQUIPO E INSTALACIONES NECESARIAS PARA OPERAR

Para poner en funcionamiento cualquier planta de elementos de concreto prefabricado se necesita contar con una serie de requisitos cuya ausencia impediría su puesta en marcha.

Estos requisitos pueden resumirse de la siguiente forma:

1) Necesidad de una ubicación apropiada para la planta.- Como primer punto se debe contar con un terreno apropiado el cual sea de fácil acceso para las maniobras que pudiesen presentarse en el transcurso de las operaciones de la planta. Debe observarse también que cuente con suministro de energía eléctrica, agua potable y drenaje suficiente.

La ubicación deberá ser estratégica para que la distribución de las piezas sea rápida y eficiente, tratando de reducir los costos por transporte. Esto puede lograrse de acuerdo con estudios de mercado que optimicen la rentabilidad del negocio por su localización.

### 2) Equipo e Instalaciones

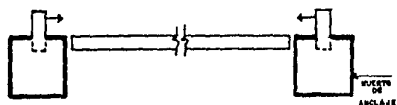
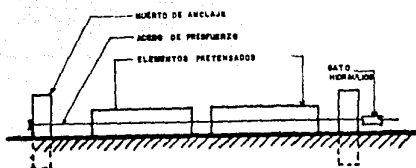
Una vez determinada la localización de la planta, el siguiente paso consiste en la adecuación de la planta con por lo menos los equipos e instalaciones que a continuación se describen:

a) Area de Trabajo con Accesos.- Esto es, que la planta debe dimensionarse, tomando en cuenta las maniobras que exige el Procedimiento de fabricación de los elementos, desde los trabajos previos (como la preparación de moldes) hasta el almacenamiento y estibado del producto terminado.

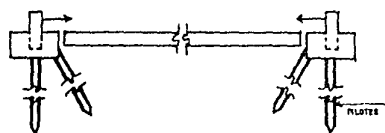
b) Moldes y Mesas de Presfuerzo.- Para fabricar cualquier elemento de concreto se necesita de cimbra donde realizar el vaciado del concreto fresco, situación de la que no escapan los elementos prefabricados, cuyas

cimbras generalmente son a base de moldes metálicos de los que se obtienen las secciones estándar que más adelante son descritos en el capítulo No. 2.

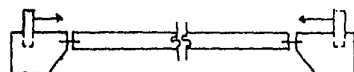
De esta forma, los productos elaborados en planta, se fabrican en moldes que se fijan en largas mesas que usualmente varían en longitud desde 50 hasta 200 metros. El largo de las mesas disminuye si las unidades son complejas o de acuerdo a la cantidad de refuerzo requerido en los moldes. Las mesas más usuales oscilan entre 100 y 120 metros como promedio. Así las largas líneas de producción asociadas a sus respectivos moldes, permiten la fabricación múltiple de unidades, --- abarcando la longitud total de las mesas, necesitándose solo tapones y separadores entre las unidades individuales (ver figura 4 de este capítulo), para dar los claros especificados en los proyectos particulares. El largo máximo de una mesa de presfuerzo es tal que optimice la labor en planta, a fin de lograr un ciclo diario de fabricación.



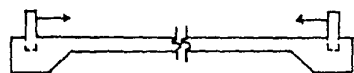
(A) LOS MUERTOS DE ANCLAJE RESISTEN POR SI MISMOS LA DESCARGA DE LAS FUERZAS DE PRESFUERZO.



(B) MUERTOS DE ANCLAJE CON PIOTES



(C) EL FIRME ACTUA COMO COLUMNA



(D) LOSA MONOLITICA CON LOS MUERTOS DE ANCLAJE

FIG. I. 13 DIFERENTES TIPOS DE MESAS DE PRESFUERZO

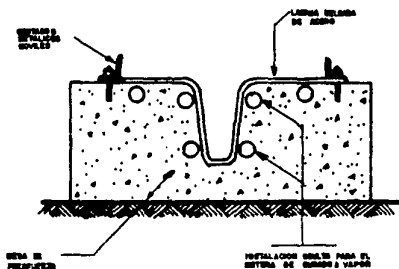


El primer croquis de la figura anterior muestra donde se ubican los elementos pretensados y es precisamente el lugar que se destina a los moldes de fabricación, en su mayoría metálicos.

Cabe hacer la distinción que existe entre éstos, una clasificación de -- los moldes, por su capacidad de recibir o no las fuerzas de presfuerzo:

- Molde Autopresforzante.- Son moldes metálicos, con refuerzos adicionales también metálicos cuya particularidad es la de que pueden absorber -- las descargas originadas por el presfuerzo y que se transmiten a través de la placa guía de anclaje hacia el propio molde. Obviamente este tipo de moldes prescinden de la mesa de presfuerzo y solo es necesaria su nivelación para poder fabricar unidades presforzadas. (Ver figura No. 3 de este capítulo).

- Molde Sencillo.- Son moldes que funcionan simplemente como cimbras de gran precisión y que solo están calculados para resistir el esfuerzo por peso propio y por desmoldeo del elemento de referencia. Estos moldes -- son colocados y fijados en su respectiva mesa de presfuerzo, la que absorberá las fuerzas que el molde por sí mismo es incapaz de resistir.



A) MESA MOLDE DE CONCRETO ASOCIADA A LAMINA DE ACERO PARA TRABE "T"

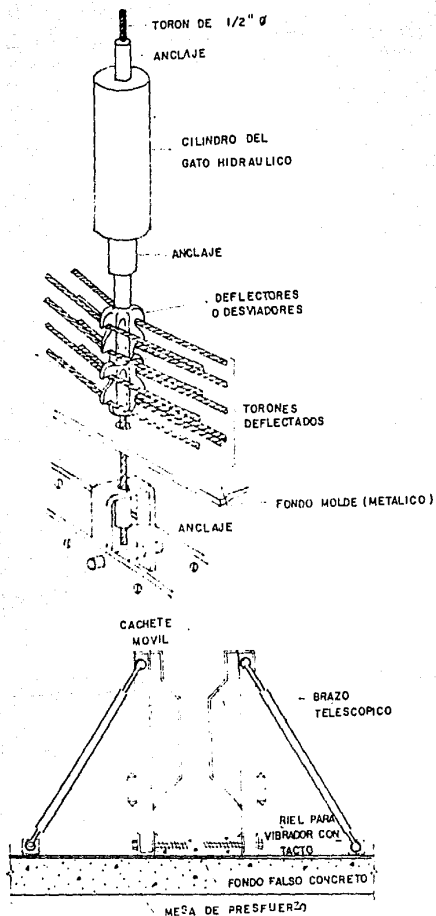


FIG. I.14 MOLDE METALICO PARA TRABE AASHTO SECCION "1"

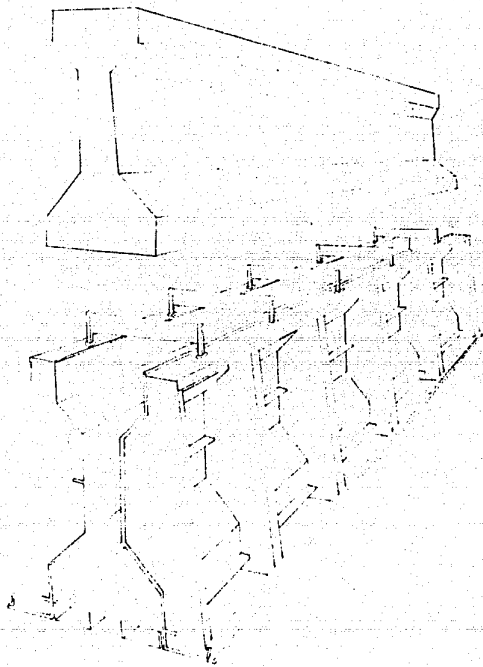


FIG. I. 14

B) MOLDE PARA TRABE AASHTO (SECCION I).

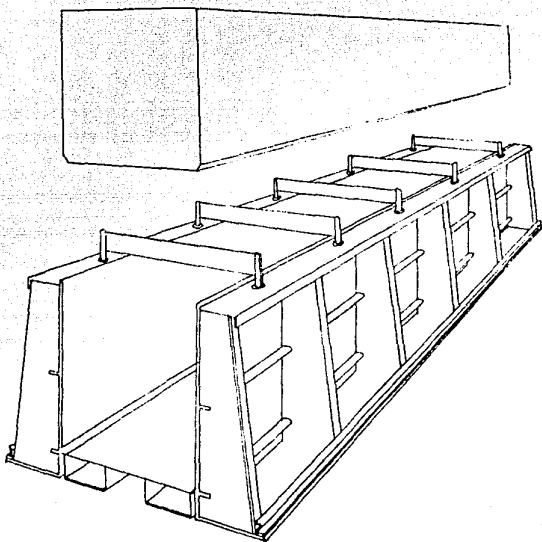


FIG. I.14

C) MOLDE PARA COLUMNA CUADRADA

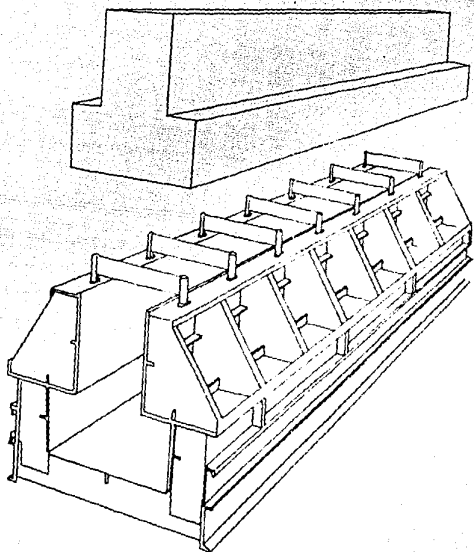


FIG. I. 14

D) MOLDE PARA TRABE " T INV. ".

FIG. I.14

E) MOLDE PARA TRABELOSA " TT ".

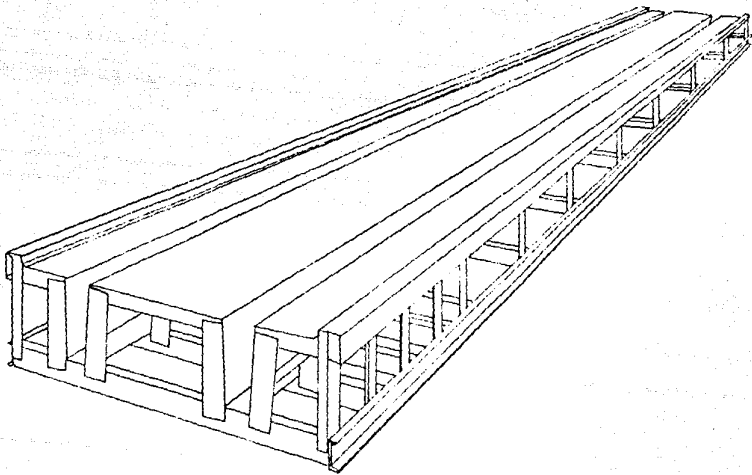
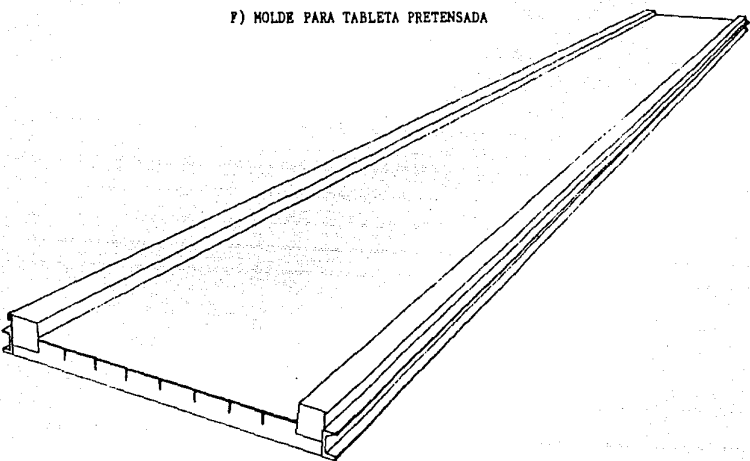
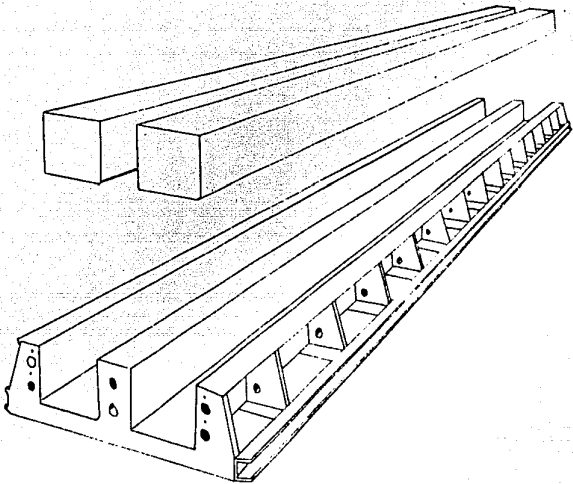


FIG. I.14

F) MOLDE PARA TABLETA PRETENSADA

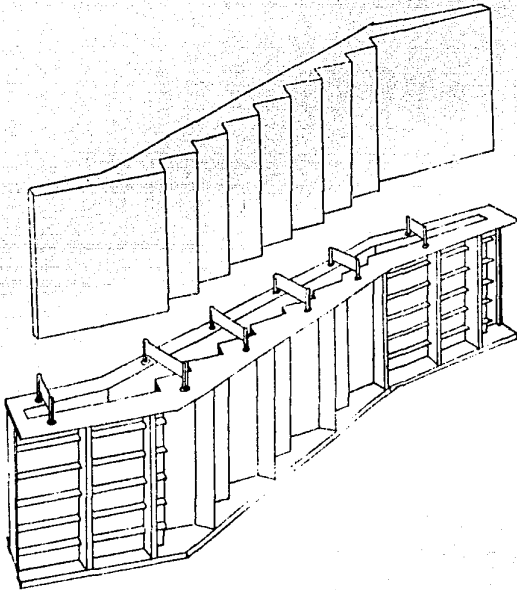




**FIG. I.14**

**G) HOLDE PARA PILOTES SECCION CUADRADA**





**FIG. I. 14**

H) MOLDE PARA ESCALERAS PREFABRICADAS

### c) Caldera o Generador de Vapor y Red de Distribución

Para poder realizar un ciclo diario de producción en planta, se requiere de equipos especiales que aceleren la resistencia del concreto tal que al día siguiente de que se haya fabricado algún elemento pretensado, éste cuente con un  $f'c$  suficiente para que pueda transferirsele el presfuerzo, originalmente anclado a la mesa de presfuerzo. Esta resistencia mínima para efectuar la transferencia oscila entre un 65% y 80% del  $f'c$  de proyecto, a la que se le denomina  $f'ci$ .

El proceso que se utiliza para obtener esos resultados se realiza mediante el curado a vapor de las piezas de concreto. Para tal efecto se deben instalar en planta una caldera o generador de vapor (a veces hasta 2 ó 3) y una red de tubería que resista presión (cédula 40) para el suministro adecuado de vapor hacia todas las líneas de producción.

Las dimensiones de las líneas de producción y de los elementos que ahí se fabriquen, determinarán tanto el tamaño de la red de distribución como la capacidad de la caldera. Debe tomarse en cuenta que para cada 40 m<sup>3</sup> de concreto (en una sola línea) se necesitan aproximadamente 50 HP de potencia en el equipo.

En México existen dos fabricas de generadores de vapor, cuyos equipos se adaptan a los requerimientos particulares de cada planta.

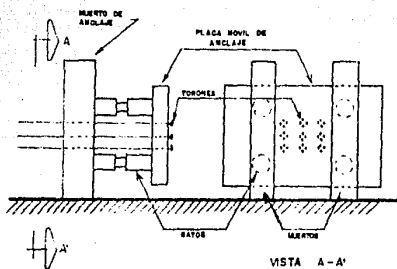
### d) Equipos Básicos

- Gato Hidráulico .- Es el que realiza el tensado del acero de presfuerzo, para después poder anclarlo a la mesa.

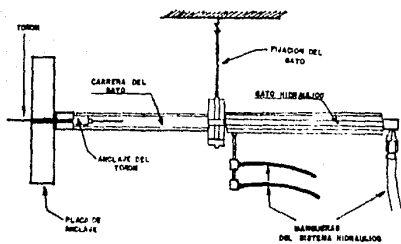
Existen gatos de tensado sencillo y de tensado múltiple según las necesidades. (Ver fig. 15).

FIG. I. 15

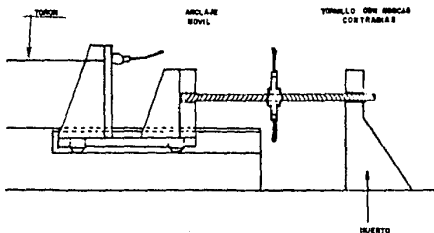
FORMAS DE TENSADO



GATOS DE TENSADO  
MULTIPLE



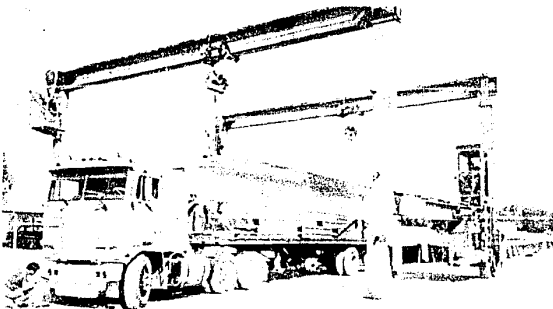
GATO DE TENSADO  
BENCILLO



GATO MECANICO DE  
TENSADO BENCILLO

- Dosificadora de Concreto .- Es el equipo que fabrica el concreto a partir del cemento, agregados petreos, agua y ocasionalmente aditivos.
- Equipos de Vaciado .- Pueden ser camiones revolvedora, si es que la dosificadora no realiza la mezcla del concreto, o vaciadores laterales de concreto y hasta bachas, si el concreto ya viene mezclado homogéneamente.
- Vibradores de Concreto .- Se necesitan para una adecuada colocación del concreto dentro de los moldes.
- Equipos de Corte .- Separan en elementos individuales las largas líneas de producción. Estos equipos varían también de acuerdo al tipo de fabricación, ya que pueden ser para corte de acero de presfuerzo, o para corte de concreto o combinado.
- Grúas .- Son los que extraen del molde, la producción del día anterior, pudiendo ser desde grúas convencionales montadas sobre camión, asociadas a trailers para maniobras, hasta grúas tipo portico para producciones a cielo abierto o grúas viajeras para desmoldar elementos fabricados bajo techo.

FIG. I.16 GRUA TIPO PORTICO "DROTT-TRAVELIFT"



e) Equipos Opcionales .- Su utilización puede llegar a mejorar el rendimiento y la calidad en la fabricación.

- Equipos de Habilitado de Acero.- Tales como cortadoras y dobladoras de acero de refuerzo, que agilizan sensiblemente el proceso productivo, al obtenerse un alto rendimiento en el habilitado y por ende en el armado y su colocación en los moldes.

- Plantas de Luz .- Funcionando como sistemas de emergencia para suministro de energía eléctrica, en el caso fortuito de suspensión del servicio normal por causas ajenas a la empresa. De esta forma se asegura una producción continua, evitando tiempos ociosos de planta. Es recomendable contar con por lo menos dos plantas de luz, una para dar servicio a equipos de 440 Volts y otra para los de 220/110 volts.

- Compresores .- En el ciclo de producción, necesitan optimizarse las actividades, a fin de que pueda realizarse diariamente. Es en la limpieza de los moldes, una vez extraída la producción del ciclo anterior, donde pueden ocuparse los compresores, a fin de que a chorro de aire se eliminen los residuos remanentes de la producción precedente.

- Vehículos .- Es recomendable disponer de unidades que lo mismo consiguen agregados y materiales indispensables en la fabricación, que se utilizan para distribuir los productos elaborados.

#### f) Edificios

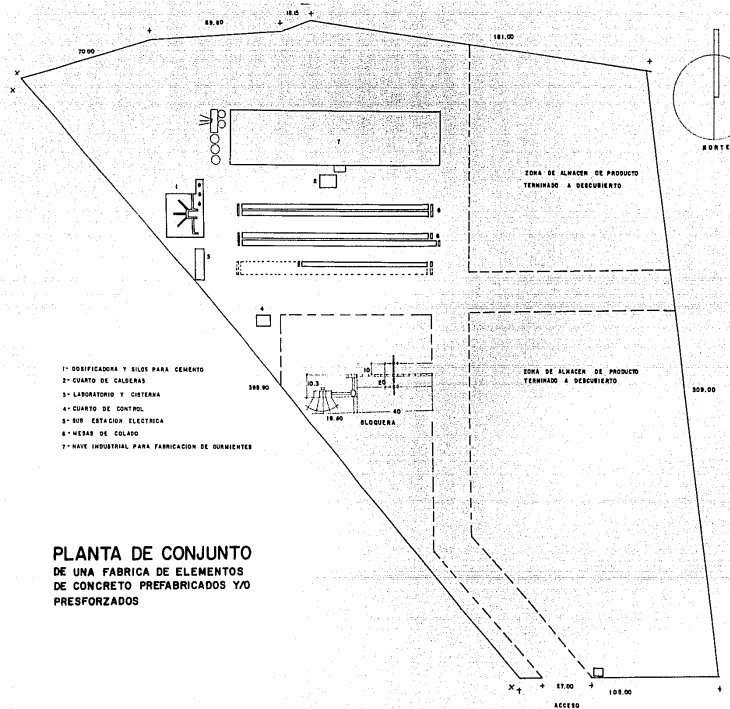
- Oficinas .- Cualquier fabrica debe contar con espacio donde ejecutar sus labores administrativas, y una planta de prefabricados no es la excepción. De esta forma, Ingenieros, Contadores, Auxiliares Administrativos, Secretarias, etc., contarán con los cubículos necesarios para desempeñar su trabajo.

- Bodega .- Muchos de los materiales y equipos menores que intervienen en la fabricación necesitan ser almacenados, mientras son ocupados en el proceso productivo. Así, madera para cimbra, clavo, soldadura, oxígeno, vibradores, taladros, pulidoras, etc., y sus refacciones se guardan bajo un estricto control de inventario.

- Laboratorio .- Parte primordial del ciclo de producción es el determinar la resistencia de los materiales que se utilizan. En cuanto al concreto se refiere, su verificación en el laboratorio es de gran relevancia, pues es gracias a la información que se obtiene de los ensayos de su resistencia, si es posible o no efectuar la transferencia del acero de presfuerzo de las mesas hacia las piezas, y por ende desmoldearlas - y así continuar con el ciclo de producción.

A continuación presento un plano de distribución de una planta de prefabricados - donde se pueden observar las áreas destinadas al sistema productivo.

**FIG. I.17 PLANTA DE CONJUNTO DE UNA  
FABRICA DE ELEMENTOS PRES  
FORZADOS.**



**PLANTA DE CONJUNTO**  
 DE UNA FABRICA DE ELEMENTOS  
 DE CONCRETO PREFABRICADOS Y/O  
 PRESFORZADOS

- 1- DOSIFICADORA Y SILOS PARA CEMENTO
- 2- CUARTO DE CALDERAS
- 3- LABORATORIO Y CISTERNA
- 4- CUARTO DE CONTROL
- 5- SUB ESTACION ELECTRICA
- 6- MESAS DE COLADO
- 7- NAVE INDUSTRIAL PARA FABRICACION DE OBRUNIENTES



## CAPITULO II

### CATALOGO DE PRODUCTOS

### ELEMENTOS PREFABRICADOS

Cada empresa trabajando en el ramo del Prefuerzo y Prefabricación - necesita ofrecer sus productos al mercado ya sea a través de promoción publicitaria o por medio de un catálogo de productos y servicios propios, para que así los proyectistas y diseñadores puedan tomar en cuenta toda la gama de piezas - prefabricadas existentes y así aplicarlas a las distintas necesidades de cada - proyecto.

En un catálogo de productos y servicios aplicables a cada pieza que - pueda fabricar incluyendo el desglose de los materiales utilizados en este, -- así como características geométricas, como lo son: peralte, anchos y longitu-- des óptimas para cada tipo de carga a soportar. Para esto por lo general se -- usan gráficas en las que se transportan los resultados de investigaciones y di-- seños óptimos, es decir, la estandarización de cada pieza, así como también se utilizan croquis de conexiones posibles con los demás elementos estructurales - de un proyecto, tal que se facilite la concepción del uso de cada pieza y de -- como se puede realizar el montaje y la fijación de la misma.

Ahora bien dependiendo de la capacidad de cada empresa, se pueden --- ofrecer una variedad sin fin de productos para: cubrir, entrepisos, fachadas, - columnas, travesantes y rigidizantes, pilotes de cimentación, muros, cubier-- tas de almacenes, etc.

A continuación describiré las utilidades de las piezas más comunes en el campo de la prefabricación de las cuales como ya mencionamos se pueden -- idear un sin fin de combinaciones para la realización de un proyecto.

#### 2.1 SISTEMAS DE PISO

Se entiende por Sistema de Piso al conjunto estructural que forman -- travesantes, rigidizantes y losa de entrapiso pudiendo ser este sistema de

tres tipos:

- 1) Colado en Sitio
- 2) Prefabricado en su Totalidad
- 3) Mixto

Cada proyecto según las necesidades, se concibe de acuerdo a cualquiera de estos, para lo cual se hace indispensable el estudio económico de lo que representaría la recuperación de la inversión inicial a efectuar en base al monto de esta y a los días que transcurran para tener la obra motivo del proyecto terminada, ya que cada sistema de piso tiene con respecto a costo y tiempo de ejecución de obra, diferentes características: hablando en términos generales y haciendo una comparación entre los tres tipos de sistemas se puede apuntar que en costo inicial, el sistema prefabricado es el más elevado siguiéndole el mixto y por último el colado en sitio. Sin embargo los tiempos de ejecución, que siguen el orden opuesto al de costo inicial, dan un importante argumento, ya que así al ejecutarse la obra en el menor tiempo posible, se recupera la inversión inicial también en el lapso más corto y tal es el caso del Sistema Prefabricado, quedando en segundo lugar el sistema mixto y en el último a ser el más tardado el colado en sitio. Por supuesto es necesario justificar la pronta recuperación de la inversión para determinar el uso del sistema prefabricado, lo cual queda comprendido dentro del estudio económico que conlleva a elegir entre los tres tipos de sistema de piso.

El presente trabajo se avoca a describir solamente las utilidades que tienen los prefabricados, por lo que dentro de este capítulo solo se desarrollarán el sistema de piso prefabricado y el mixto.

Dentro del sistema ya sea prefabricado o mixto y según sea la utilización que se le vaya a dar al inmueble, se pueden escoger varias alternativas de estructuración para dar forma al proyecto del mismo. De acuerdo a lo anterior mencionaré uno a uno los elementos prefabricados y su utilización ya sea como trabe portante, trabe rigidizante, cubierta de entrepiso o alguna otra posibilidad de uso y si es factible hacerlas prefabricadas o coladas en sitio para diferenciar sistema prefabricado de sistema mixto.

## 2.1.1 SECCION DOBLE T CONSTANTE

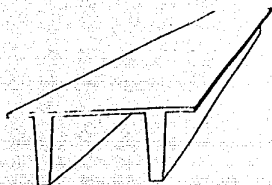


FIG. II.1

Más conocida como viga a losa TT, es un elemento estructural prefabricado y por lo general presforzado, por lo que el diseño de estas piezas se basa en las especificaciones del A C I (American Concrete Institute) y del P C I - - (Prestressed Concrete Institute) y con lo prescrito en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, las cuales se explican más adelante en el capítulo de Criterios de Diseño.

Estas piezas se fabrican en moldes metálicos de alta precisión, en vez de utilizar cimbra de madera, lo cual hace que en la pieza se logre un excelente acabado aparente.

Estos moldes metálicos determinan las dimensiones geométricas de las -- piezas a fabricar, siendo estas generalmente desde 30 hasta 70cm. de peralte y con un ancho de patín variable desde 1.45m. hasta 2.50m., aunque en algunas plantas de prefabricados existen en la actualidad moldes TT, para dar un ancho de patín -- hasta 2.70m. (INDUSTRIAL PREFABRICADORA) y de hasta 3.00m. (VIBOSA).

Lo anterior da lugar a un número muy grande de posibilidades de anchos y peraltes de la pieza para ser adecuada a varios proyectos en los cuales tanto los claros a cubrir como las cargas a soportar pueden ser variables. De esta -- forma se puede llegar a determinar la utilización óptima de cada pieza.

La longitud de los claros que se pueden salvar con la doble T oscilan generalmente entre 6m. y 24m., ya que saliéndose de estos límites, es posible que el proyecto se resuelva con otro sistema más adecuado que pudiera ser más económico. Por ejemplo: para claros menores a 6m. podría utilizarse losa extruída y para mayores de 24m., una pieza como la viga T que puede resistir grandes claros debido a la posibilidad de fabricarla con peraltes mayores que el máximo al que puede llegar una doble T (70cm.).

Como se puede ver la utilización principal de la doble T se afoca como sistema de cubierta de entrepisos aunque la versatilidad de la pieza hace -- que esta pueda ser usada como sistema de muros sean o no de carga o también como fachadas exponiendo los nervios de la pieza al exterior.

Así dependiendo del uso que se le vaya a destinar a la pieza, serán -- necesario diseñarla como sección simple o como sección compuesta, es decir, sin o con firme adicional de concreto de 5cm. de espesor armado por lo general con electromalla 66-66, por encima del patín de la pieza, lo cual servirá para rigi-- dizar al sistema en el caso de que este sea para cubrir entrepisos, es decir, -- que sea parte del sistema de piso general.

Por estas razones y para facilitar el cálculo a los despachos de dise-- ño, las empresas prefabricadoras proporcionan en sus catalogos de productos, -- las propiedades geométricas de las piezas sean de sección simple o compuesta, -- así como también las especificaciones de cada pieza tanto en su diseño como en la fabricación, las conexiones, el transporte y el montaje.

A continuación se exponen las tablas de simplificación para las sec-- ciones geométricas de las TT de 2.50m. de ancho de patín hechas por algunas de las empresas prefabricadoras:

SISTEMAS PRESFORZADOS, S.A.

SECCION TIPICA NOMINAL TT

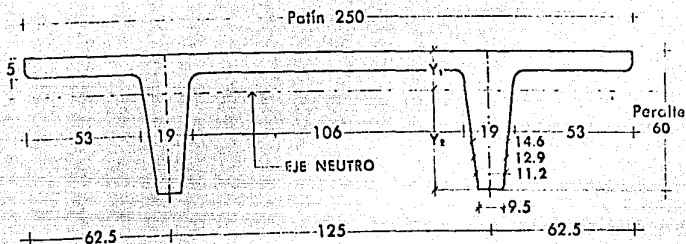


FIG. II.2

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS TT

	PATIN	h	Y <sub>i</sub>	Y <sub>s</sub>	A	I	S <sub>i</sub>	S <sub>s</sub>	Peso kg/ml.
SECCION SIMPLE	250	30.48	22.04	8.44	2121	158385	7186	18766	509.04
	250	40.64	29.05	11.59	2401	341252	11747	29444	576.24
	250	50.80	36.06	14.74	2647	600897	16664	40766	635.28
	250	60.96	43.19	17.77	2858	931291	21563	52408	685.92
SECCION COMPUESTA	250	35.48	26.10	9.38	3371	255109	9774	27197	809.04
	250	45.64	33.87	11.77	3651	507048	14970	43080	876.24
	250	55.80	41.59	14.21	3897	855837	20578	60228	935.28
	250	65.96	49.36	16.60	4108	1291269	26160	77787	985.92

Donde:

Sección Simple:

Es la pieza sin firme adicional

Sección Compuesta:

Es la pieza con firme adicional de 5cm. espesor

Patín:

Es el ancho de la pieza en cm.

h:

Es el peralte total en cm.

Yi:

Es la distancia de la fibra inferior más alejada al eje neutro en cm.

Ys:

Es la distancia de la fibra superior más alejada al eje neutro en cm.

A:

Es el área de la sección en  $\text{cm}^2$ .

I:

Es el momento de inercia de la sección en  $\text{cm}^4$ .

Si y Ss:

Son módulos de sección inferior y superior en  $\text{cm}^3$ .

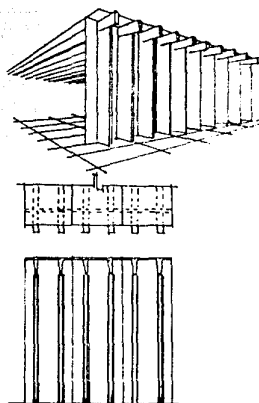


FIG. II.3

VIBOSA (VIGUETAS Y BOVEDILLAS, S.A.)

SECCION TIPICA NOMINAL TT

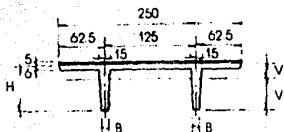


FIG. II.4

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

	PATIN	h	Yi	Ys	A	I	Si	Ss	Peso kg/ml.
SECCION SIMPLE	250	31	23.2	7.8	2195	149000	6400	19200	526.8
	250	41	30.4	10.6	2441.5	326000	10700	30700	585.96
	250	51	37.4	13.6	2670	587000	15700	43100	640.8
	250	61	44.3	16.7	2875	936000	21100	56000	690.0
SECCION COMUESTA	250	36	26.2	9.8	3445	218296	8330	22275	826.8
	250	46	33.9	12.1	3691.5	440500	12990	36400	885.96
	250	56	41.4	14.6	3920	762700	18420	52240	940.8
	250	66	48.8	17.2	4125	1190000	24380	69186	990.0

Donde:

- Sección Simple: Es la pieza sin firme adicional  
 Sección Compuesta: Es la pieza con firme adicional de 5cm. espesor  
 Patín: Es el ancho de la pieza en cm.  
 h: Es el peralte total en cm.  
 Yi: Es la distancia de la fibra inferior más alejada al eje neutro en cm.  
 Ys: Es la distancia de la fibra superior más alejada al eje neutro en cm.  
 A: Es el área de la sección en  $\text{cm}^2$ .  
 I: Es el momento de inercia de la sección en  $\text{cm}^4$ .  
 Si y Ss: Son módulos de sección inferior y superior en  $\text{cm}^3$ .

INDUSTRIAL PREFABRICADORA  
 S.A. de C.V.

SECCION TIPICA NOMINAL

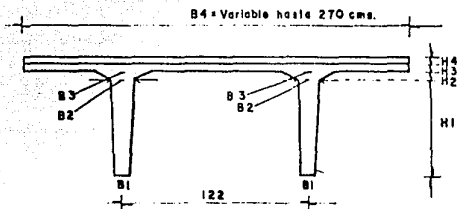


FIG. II.5

H1	B1	B2	B3	B4	H2	H3	H4
60	9	15	35	Variable	5	5	5
50	10	15	35	Variable	5	5	5
40	11	15	35	Variable	5	5	5
30	12	15	35	Variable	5	5	5



CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

	PATIN	h	Yi	Ys	A	I	Si	Ss	Peso kg/ml.
SECCION SIMPL	250	30	22.24	7.76	2060	137070	6163	17666	494.40
	250	40	29.30	10.70	2310	303800	10370	28390	554.40
	250	50	36.20	13.80	2540	550700	15210	39910	609.60
	250	60	43.06	16.94	2750	880500	20450	51980	660.00
	250	70	49.96	20.04	2940	1291000	25840	64420	705.60
SECCION COMPLSTA	250	35	25.72	9.28	3116	212766	8273	22924	747.64
	250	45	32.98	12.02	3203	417900	12670	34760	768.72
	250	55	40.44	14.56	3433	723100	18010	50010	823.92
	250	65	47.82	17.18	3643	1137000	23780	66200	874.32
	250	75	55.21	19.79	3833	1641000	29720	82920	919.92

donde:

Ss: Pzas. s/firme

h: peralte en cm.

A: sección en  $cm^2$

Sc: Pzas. c/firme

Yi: en cm.

I: inercia en  $cm^4$

Patín: ancho en cm.

Ys: en cm.

Si Ss: módulos en  $secc. cm^3$

Cabe aclarar que para la presentación de las tablas se utilizó un solo ancho de pieza, pudiendo ser estas en el caso de VIBOSA hasta de 3.00m. de ancho y en el caso de INDUSTRIAL PREFABRICADORA, S.A. de C.V. hasta 2.70m. por lo que en las tablas anteriores sirven como ayudas de diseño para un solo ancho de patín, por lo que cualquier variación en esta dimensión obligará al proyectista a calcular las propiedades geométricas de la TT que se necesita, o en su defecto a pedir información a la prefabricadora acerca de las propiedades de alguna pieza con un ancho en especial. Esto es posible gracias a que por lo general las

piezas están debidamente analizadas y estandarizadas por cada empresa y solo es cosa de extraer los datos de esos análisis para la adecuación de cualquier ancho de TT a determinado proyecto.

En cuanto a su fabricación las TT existen tolerancias máximas que impone el control de calidad de cada empresa, las que se pueden generalizar de la siguiente forma:

1. Longitud:  $\pm 13\text{mm}$ .
2. Patín (ancho a lo largo):  $\pm 6\text{mm}$ .
3. Peralte:  $\pm 6\text{mm}$ .
4. Espesor de almas :  $\pm 3\text{mm}$ .
5. Espesor de huecos:  $\pm 13\text{mm}$ .
6. Posición de huecos:  $\pm 13\text{mm}$ .
7. Alineamiento horizontal (excentricidad de la línea recta paralelo - al centro de la viga):  $6\text{mm}$ . a  $12\text{m}$ . long.  
 $10\text{mm}$ . a  $12$  a  $18\text{m}$ . long.  
 $13\text{mm}$ . a si long.  $18\text{m}$ .
8. Diferencia de contraflechas (Real y de Diseño):  $\pm 6\text{mm}$ .
9. Diferencia de contraflechas de 2 piezas adyacentes del mismo diseño  $6\text{mm}$ .
10. Colocación definitiva de torones:  $\pm 3\text{mm}$ .
11. Posición del punto de inflexión en torones deflectados:  $\pm 152\text{mm}$ .
12. Posición de los dispositivos:  $\pm 152\text{mm}$ .
13. Distancia entrecentros de almas:  $\pm 3\text{mm}$ .
14. Distancia del centro del alma al extremo del patín:  $\pm 3\text{mm}$ .
15. Posición de Accesorios para conexión:  $\pm 25\text{mm}$ .
16. Alineación en los extremos (escuadra):  $\pm 6\text{mm}$ .

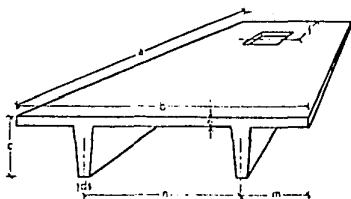


FIG. II.6

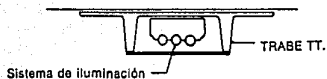


FIG. II.7

Gracias a la geometría que presenta la sección TT, es posible considerar que algunas instalaciones, como lo son las de iluminación, aire acondicionado, ductos especiales, etc. puedan quedar fijas entre los nervios de las piezas.

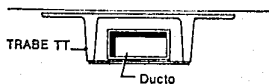


FIG. II.8

Las TT pueden formar parte tanto de un sistema de piso mixto como de un prefabricado, definiéndose el sistema, de acuerdo a las traveses portantes y rigidizantes y si son estas coladas en sitio o prefabricadas, respectivamente ya que las TT's únicamente pueden ser prefabricadas y son utilizadas como cubierta de entrepiso o losa.

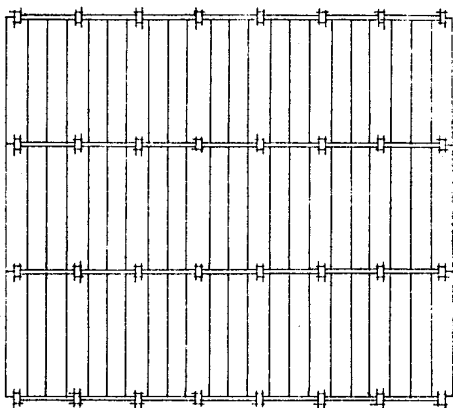


Fig. II.9 TT's en un Sistema de Piso

Por tal motivo una viga o losa TT es inadecuada para usarse como trabe portante o rigidizante.

El Detalle de Apoyos mínimos y conexiones para diferentes estructuras se describen a continuación más adelante en el capítulo 4,

## CONSIDERACIONES GENERALES

El éxito del diseño de conexiones no puede ser alcanzado sin que sean tomados en cuenta los requerimientos de producción. De esta forma las conexiones deberán atender a dos puntos esenciales:

1) La factibilidad de fabricación con determinada conexión y 2) su buen funcionamiento en la estructura. Generalmente para mayor economía, deberán evaluarse los diferentes detalles de producción a fin de seleccionar la conexión más adecuada.

A estas consideraciones deberá agregarse que la estandarización de conexiones es un aspecto muy importante, ya que provee no solo de un buen control de calidad en la planta sino también contribuye a una eficiente producción.

Este concepto es aplicable cuando por ejemplo se tiene que en un elemento la mayoría de las conexiones requieren de placa de acero de  $3/8"$ , y solo unos cuantos requieren de placa de  $5/16"$ , entonces todas las conexiones deberán hacerse con placa de  $3/8"$ . Asimismo al seleccionar varillas de refuerzo, si conexiones similares requieren unas de varilla # 6 y otras del # 5, es adecuado utilizar solamente varilla del # 6.

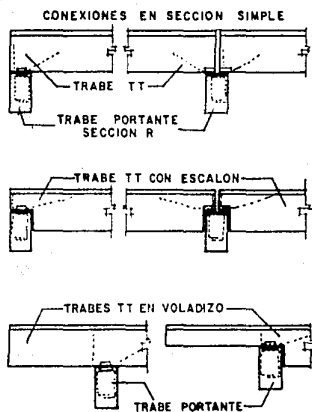


FIG. II.10 Conexiones en sección simple - (generalmente para cubierta) - de trabelosas "TT" con traves portantes de sección rectangular.

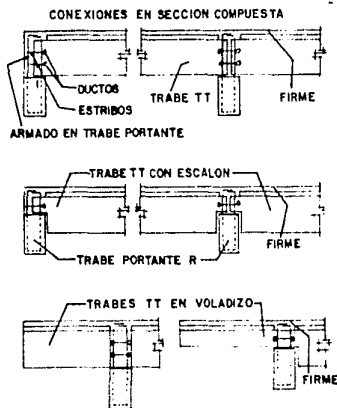


FIG. II.11 Conexiones en sección compuesta - (generalmente para entrepisos) de trabelosa "TT" con traves portantes de sección rectangular.

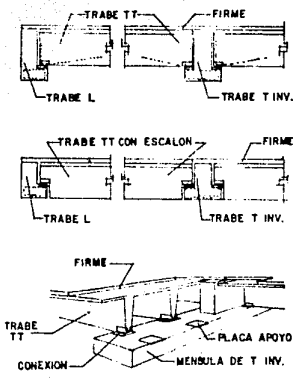
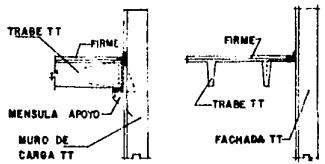


FIG. II.12 Conexiones en sección compuesta de trabelesa "TT" con travesantes tipo "L" y "T" Invertida.

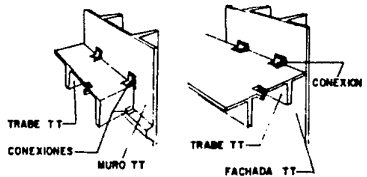
CONEXION TRABE TT - MURO TT



APOYO DE TRABElesa TT EN MURO TT PORTANTE

REMATE LATERAL EN FACHADA TT

FIG. 11. Conexiones y Remates laterales entre muro TT portante y trabelesa TT (generalmente se usa para naves industriales).



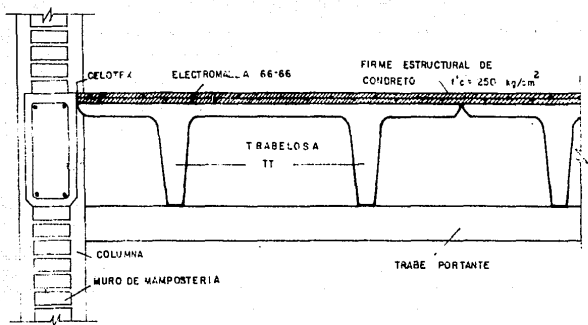


FIG. II.14 REMATE LATERAL DE TRABELOS A "TT" EN ENTREPISO

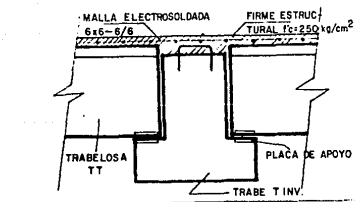
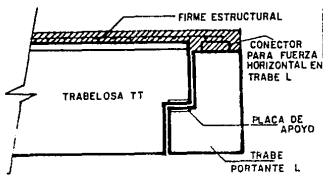


FIG. II.15 Detalle entre losa "TT" de entrepiso y traves seccion "T" invertida y "L".





2.1.2 SECCIÓN DOBLE " T " VARIABLE (TTV)

LOSAS TT DE SECCION VARIABLE ( TTV )

Usada básicamente para cubiertas con una pendiente del centro de la cumbrera a los extremos del 6.25%. Proporciona techos económicos de gran calidad por tratarse de cubiertas de concreto, que necesitan menor mantenimiento, alargan la vida de la estructura, proporciona mejor protección al - - intemperismo y es muy adecuada para centros de trabajo, donde de la supresión del ruido es vital para el desarrollo de la productividad individual.

También es usada en centros donde se guarda equipo delicado como instrumentos electrónicos, medicinas, alimentos, etc., por la garantía de protección que proporciona a este en comparación con otros sistemas de cubierta.

SECCION DOBLE T VARIABLE (TTV)

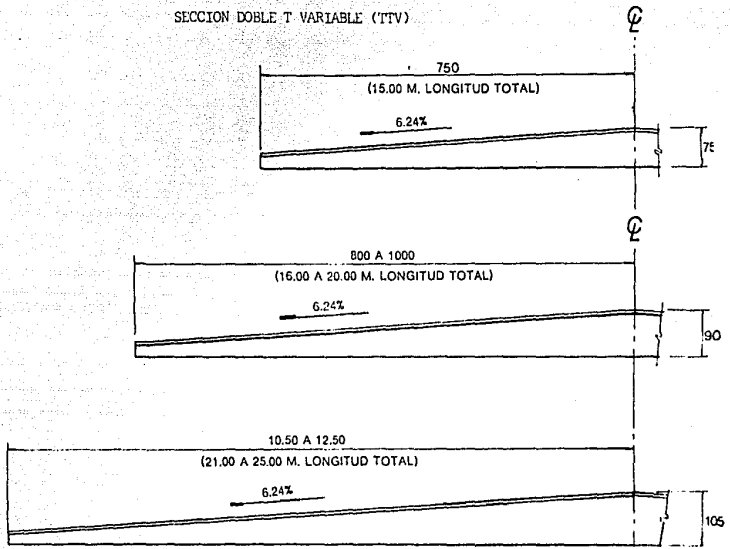
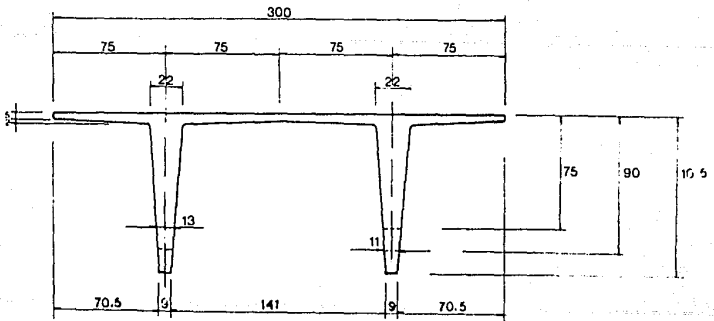


FIG. II.16 Sección al  $t$  y claros más usuales



Las traveses TTV al igual que las TT son elementos estructurales prefabricados y presforzados, las cuales por sus características especiales únicamente pueden ser usadas como sistema de cubiertas para techos y por lo general de bodegas y de naves industriales, ya que, por sí solas en su fabricación adquieren las pendientes necesarias para el desagüe o drenaje. Así, debido a su geometría se evitan los rellenos, enladrillados o firmes que usualmente se necesitarían para que se efectúe el desagüe pluvial en el techo de una construcción.

Las dimensiones indicadas en la fig. II.9, son las más usuales para considerarse en la realización de un proyecto, aunque también pueden fabricarse dichas traveses bajo las siguientes condiciones y características.

TRABE TTV	a		b	h	Ext.	Long. Max.
	en	en ext.				
300/105	22	11.63	9.00	105	26.875	25.00
300/ 90	20	11.05	9.00	90	21.875	21.60
300/ 80	20	12.30	10.33	80	21.875	18.60
300/ 75	20	12.96	11.00	75	21.875	16.80
300/ 70	20	13.62	11.65	70	21.875	15.40
300/ 60	20	14.95	12.98	60	21.875	12.40
300/ 50	20	16.27	14.30	50	21.875	9.00

Siendo:

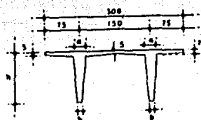


FIG. II.17

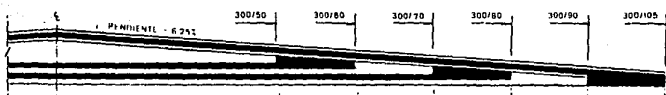
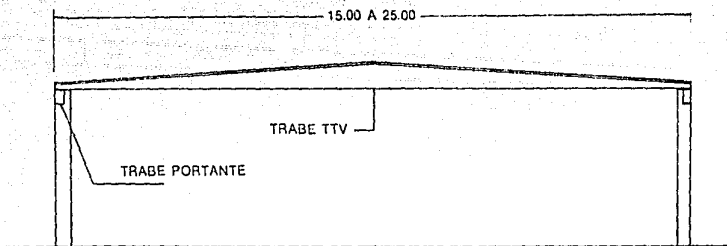


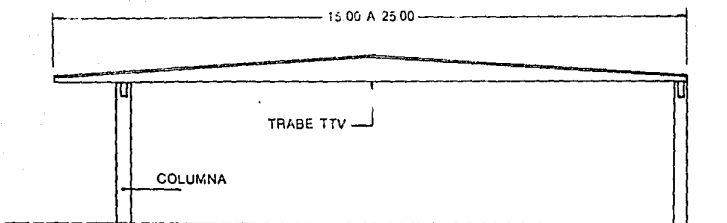
Fig. II.18 Dimensiones posibles de fabricar en las traves TTV según PREMESA.

Las alternativas de cubierta para techo, utilizando las traves -- TTV son basicamente 3.

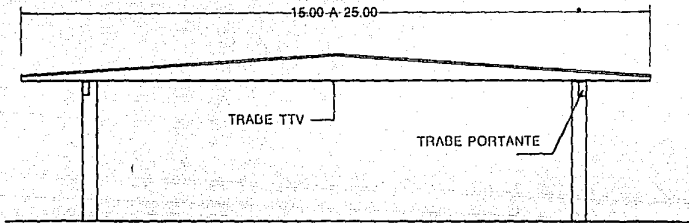
1. Cubriendo todo el claro.



2. Dejando un solo voladizo



3. Con dos voladizos



También es posible actualmente dar otro enfoque más estético a las funciones de cubierta que pudieran tener las traves TTV tales como las figuras que presentamos a continuación. (Fig. II.11 y II.12).

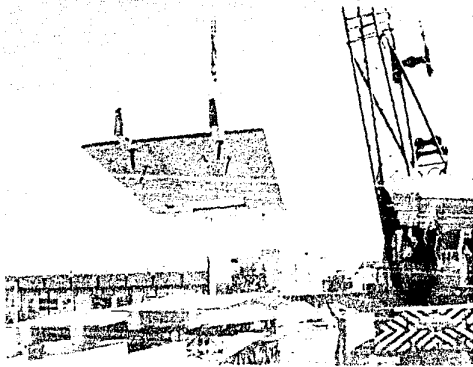


Fig. II.15 Traves TTV en cubiertas especiales

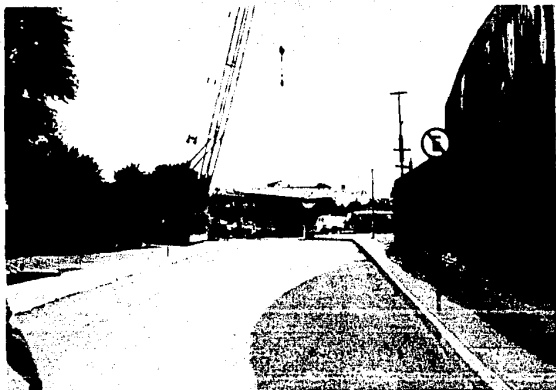


Fig. II.20 Trabes TTV Invertidas en cubiertas de islotes de estacionamiento.

Al igual que las losas TT, descritas en el punto anterior, las trabes TTV son diseñadas en base a las especificaciones del ACI, del PCI y el Reglamento de Construcciones del D.F. y fabricadas en moldes metálicos dándoles así un acabado uniforme y de gran calidad en su textura.

Para la realización del montaje de las piezas es necesario que tanto al equipo de transporte como de montaje tenga accesos al centro del Area por -- cubrir.

Por ser de sección variable, el cálculo de las características geométricas de las TTV es difícil y en base a esto algunas prefabricadoras en sus ca talogos indican a través de tablas y gráficas obtenidas de la estandarización - de las piezas, los detalles generales que pudieran servir a los despachos de -- proyecto y cálculo tales como: volúmen, áreas, momentos de inercia, centroides, módulos de sección y capacidad de los claros, para que estos a su vez determi--

nen las dimensiones de las piezas a fabricar, según las necesidades particulares de cada proyecto.

---

SOBRECARGA UTIL = 80 kg/m<sup>2</sup>

---

TRABE	Longitud	Peso Propio	Apoyo Mínimo	Peso Total
TTV 300/105	25.00m.	295 kg/m <sup>2</sup>	20.0 cm.	22.2 ton.
TTV 300/105	22.50m.	290 kg/m <sup>2</sup>	20.0 cm.	19.6 ton.
TTV 300/ 90	20.00m.	285 kg/m <sup>2</sup>	20.0 cm.	17.1 ton.
TTV 300/ 90	17.50m.	280 kg/m <sup>2</sup>	17.5 cm.	14.7 ton.
TTV 300/ 75	15.00m.	274 kg/m <sup>2</sup>	15.0 cm.	12.4 ton.

---

Las conexiones necesarias y el detalle de apoyos para diferentes estructuraciones se explican gráficamente más adelante.

Debido a que la utilización principal de las TTV's es la de cubierta de almacenes y naves industriales, algunas veces será necesario que el área cubierta disponga de iluminación natural. Para tal efecto se consideraran domos en las mismas travesas a fin de que se obtenga la iluminación deseada, como se puede observar en la Fig. II.13.

# LOSAS TTV

LONGITUD	ANCHO	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA
1.00	0.40	0.00	0.00
2.00	0.40	0.00	0.00
3.00	0.40	0.00	0.00
4.00	0.40	0.00	0.00
5.00	0.40	0.00	0.00
6.00	0.40	0.00	0.00
7.00	0.40	0.00	0.00
8.00	0.40	0.00	0.00
9.00	0.40	0.00	0.00
10.00	0.40	0.00	0.00
11.00	0.40	0.00	0.00
12.00	0.40	0.00	0.00
13.00	0.40	0.00	0.00

VOLUMEN

VOLUMEN EN METROS CUBICOS

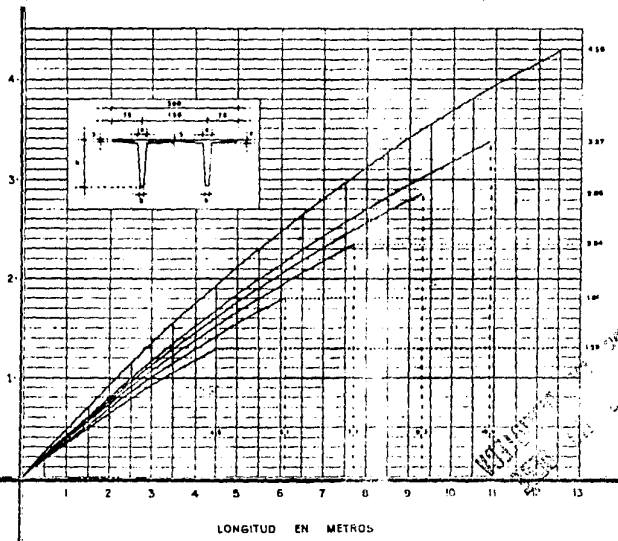


FIG. II. 21



# LOSAS TTV

AREA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
5	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
6	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
7	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
8	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
9	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
10	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
11	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
12	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
13	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

## AREAS

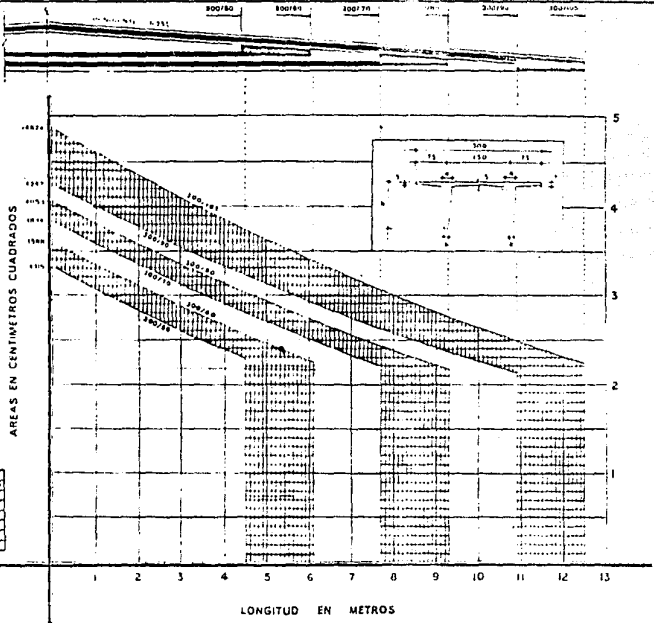


FIG. II.22

LOSAS  
TTV

- 18 -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10
100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10
100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10
100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10	100/10

MOMENTOS  
DE  
INERCI

M. de INERCI EN CENÍMETROS CUAROS

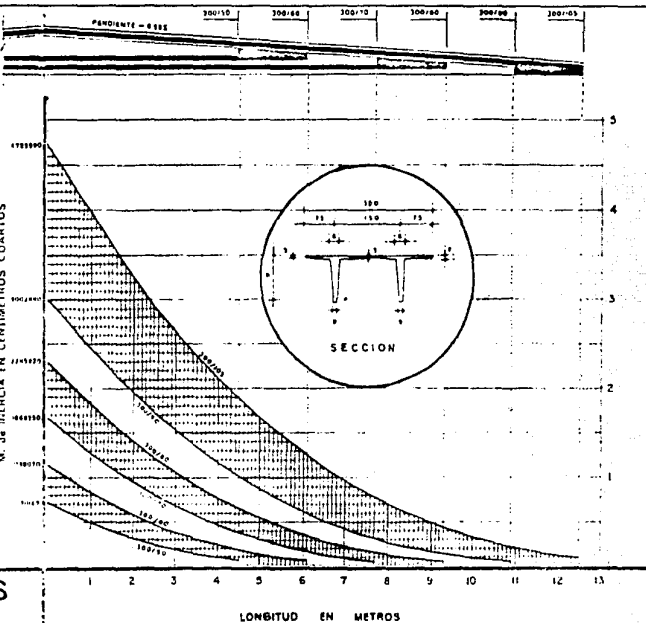


FIG. II. 23

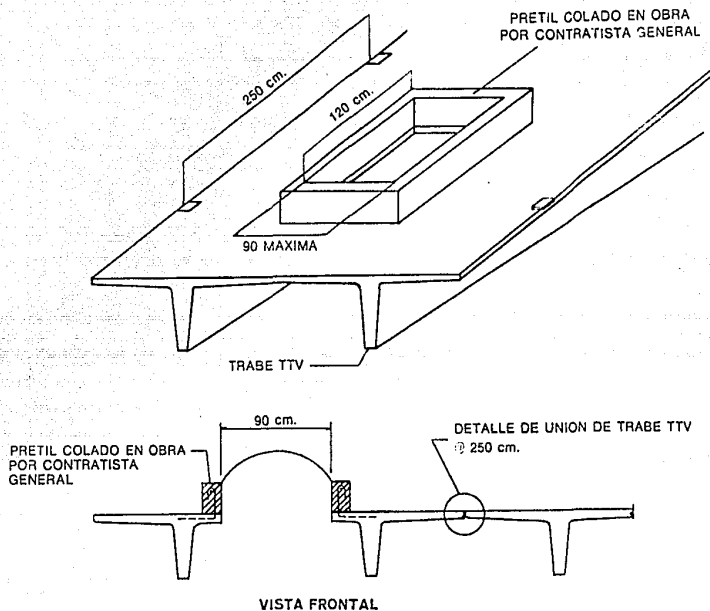


Fig. II.24 Domos y pretilas en traves TTV

Una vez observadas las características geométricas de estas piezas, se puede determinar que únicamente se pueden utilizar para un sistema de azotea, techo o cubierta, siendo inaplicable su uso como muros, fachadas, traves portantes, rigidizantes o como losas de entresiso.

Sin embargo, aún con las restricciones anteriores, las traves TTV pueden ser parte de un sistema mixto o un sistema prefabricado, siendo la única diferencia para considerarlo parte de uno o de otro, el apoyo de éstas, ya sea por medio de marcos (columnas y traves) colados en sitio o prefabricados. Aunque también se pueden lograr estos sistemas con muros de carga bajo la misma clasificación.

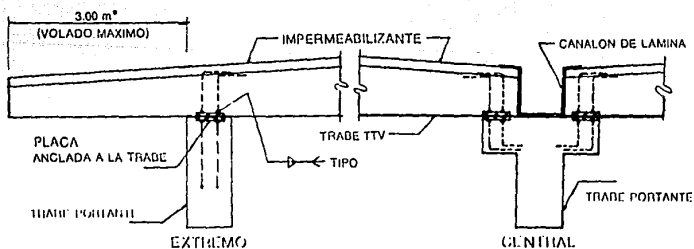
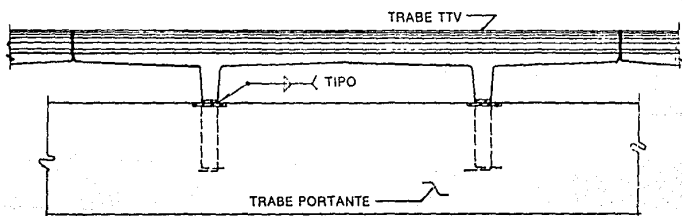
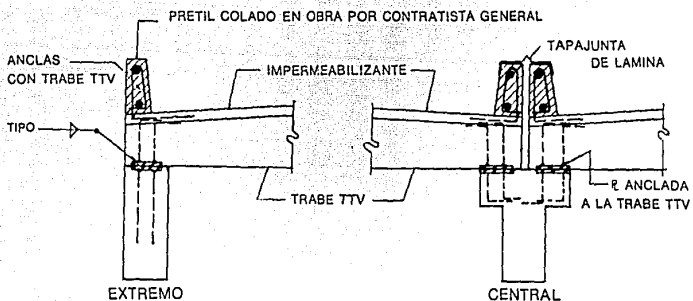


FIG. II.25 Detalle de Conexión de Traves "TTV"

### 2.1.3 SECCION " T "

Desarrollada en un principio por el Profesor de Ingeniería Civil - en la University of California Ing. T.Y. Lin , es una pieza que debido a su -- gran capacidad de compresión en el patín es usada para obtener grandes claros con sobrecargas útiles elevadas así que es posiblemente la pieza que mayor versatilidad tiene con respecto a los usos que como elemento estructural se le -- pueda dar.

Como ejemplo a lo anterior se puede apuntar que la viga o trabe -- " T " como comunmente se le conoce es factible de utilizarse como:

- Losa de entrepiso
- Cubierta para techo
- Sistema de Muro o Fachada
- Trabe Rigidizante
- Trabe para Puentes (Aumentando la sección del Alma)

Esta última aplicación puede hacerse solo en algunas prefabricadoras que tengan su molde metálico con posibilidad de abrirlo y cerrarlo a la medida requerida en su defecto elaborar la sección con cimbra de madera lo cual demeritaría el acabado aparente de la pieza.

Para poder abrir o cerrar las secciones de las trabe " T " es necesario que el molde tenga un "cachete" fijo y el otro móvil a la mesa de presfuerzo a fin de obtener cualquier ancho de alma según requerimientos de proyectos.

FIG. II.26



CACHETES SEPARADOS COMO  
SE INDICA EN LA FIGURA  
ANTERIOR.

La diferencia con las otras prefabricadoras que no pueden mover -- sus anchos de pieza es que el molde es de una sola pieza y no formado por dos cachetes separados como se indica en la figura anterior.

Para sus aplicaciones más usuales, a continuación se exponen las características geométricas obtenidas de la estandarización de la trabe T, to mando en cuenta que se pueden fabricar en diferentes anchos de patín.

SECCION TIPICA NOMINAL " T "  
INDUSTRIAL PREFABRICADORA

B1= variable hasta 300

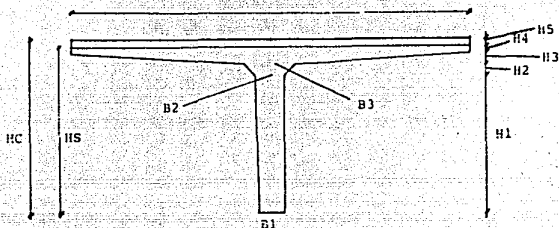


FIG. II.27

PROPIEDADES GEOMETRICAS SECCION " T-300 "

SECCION	PATIN	h	B1	Y1	Y2	A	I	S1	S2	Peso teórico kg/m
SECCION SIMPLE	100	120	20.00	37.186	30.414	532.316	674512	76970.75	20180.75	1212.56
	100	110	20.25	31.312	18.988	4811.059	5310561	65553.00	163196.937	1104.25
	100	100	20.50	24.344	15.456	4247.073	4380162	54881.306	159336.162	1115.35
	100	90	20.75	17.368	12.432	3640.973	3046642	48103.047	131132.75	1055.83
	100	80	21.00	10.392	19.308	3031.182	2181333	38266.512	112746.00	1015.72
	100	70	21.25	3.416	16.424	2421.812	1490966	27228.781	91760.00	964.37
	100	60	21.50	-3.560	13.496	1808.35	956411	20134.719	69835.125	913.87
100	50	21.75	-10.536	11.207	1199.888	453361	14522.837	36271.805	861.74	
SECCION COMPLETA	100	125	20.00	34.569	35.431	532.316	7379844	64359.811	182393.50	1372.56
	100	115	20.25	27.593	27.407	4811.059	6398701	72181.931	179744.562	1264.25
	100	105	20.50	20.617	19.383	4247.073	4870401	63107.693	167931.75	1175.35
	100	95	20.75	13.641	12.359	3640.973	3636104	50116.103	146351.00	1125.83
	100	85	21.00	6.665	13.335	3031.182	2443730	43328.756	130716.267	1075.77
	100	75	21.25	-0.311	10.361	2421.812	1339701	31441.89	10824.317	1024.93
	100	65	21.50	-7.285	14.649	1808.35	7274799	24201.841	82494.378	1273.67
100	55	21.75	-14.261	12.63	1199.888	742046	17193.432	58752.57	1221.74	

Unidades:

Set: espesor, mm

Set: espesor, mm

Patín: ancho, en cm.

h: peralte

Y1: en cm.

Y2: en cm.

A: sección, en cm<sup>2</sup>

I: momento, en cm<sup>4</sup>

S1, S2: radios, en cm.

<b>HS</b> (cm)	<b>H1</b> (cm)	<b>H2</b> (m)	<b>H3</b> (cm)	<b>H4</b> (m)	<b>H5</b> (cm)	<b>B1</b> (cm)	<b>B2</b> (cm)	<b>B3</b> (m)	<b>B4</b> (cm)	<b>HC</b> (cm)
120	99.272	7.62	9.298	3.81	5.00	20.00	22.502	37.742	300.00	125.00
110	89.272	7.62	9.298	3.81	5.00	20.25	22.502	37.742	300.00	115.00
100	79.272	7.62	9.298	3.81	5.00	20.50	22.502	37.742	300.00	105.00
90	69.272	7.62	9.298	3.81	5.00	20.75	22.502	37.742	300.00	95.00
80	59.272	7.62	9.298	3.81	5.00	21.00	22.502	37.742	300.00	85.00
70	49.272	7.62	9.298	3.81	5.00	21.26	22.502	37.742	300.00	75.00
60	39.272	7.62	9.298	3.81	5.00	21.51	22.502	37.742	300.00	65.00
50	29.272	7.62	9.298	3.81	5.00	21.76	22.502	37.742	300.00	55.00



PROFILADES GEOMETRICAS " T-250 "

	TAPO (H/B)	PEO PROFIL KG/H	AREA	INERCIA	Yi	Ys	Si	Sc
SECCION SIN H	250/120	1058.33	4409.691	6233321.	83.88	36.12	74317.375	172572.5
	250/110	1010.13	4208.875	4922923.0	77.643	32.357	63404.613	152143.937
	250/100	961.33	4005.545	3794102.	71.33	28.67	53190.875	132336.75
	250/ 90	911.93	3799.691	2837934.	64.923	25.077	43712.371	113168.375
	250/ 80	861.92	3591.319	2044839.	58.399	21.601	35014.831	94664.687
	250/ 70	811.30	3380.425	1404453.	51.730	18.270	27149.754	76871.5
	250/ 60	760.09	3167.033	905480.312	44.878	15.122	20176.508	59878.184
	250/ 50	708.26	2951.094	535335.187	37.795	12.205	14164.098	43867.770
SECCION CON PUESTA	250/120	1311.87	5466.141	7506680.	91.344	33.656	82180.187	223042.187
	250/110	1263.68	5265.324	5951174.00	84.637	30.363	70314.25	195999.5
	250/100	1214.81	5061.992	4608499.00	77.385	27.165	59208.387	169649.937
	250/ 90	1165.47	4856.141	3468773.00	70.922	24.078	48909.512	144065.625
	250/ 80	1115.46	4647.766	2521196.	63.877	21.123	39469.344	119359.687
	250/ 70	1064.85	4436.871	1753882.	56.675	18.325	30946.098	95711.875
	250/ 60	1013.64	4223.48	1153684.	49.286	15.714	23408.004	73417.062
	250/ 50	961.81	4007.543	795752.187	41.672	13.328	16936.039	51951.125

PROPIEDADES GEOMETRICAS " T-200 "

	PATIN/H/BI	ES. 1000 L P/M	AREA	INERCIA	Yi	Ys	Si	Ss
SECCION N°1	200/120	925.39	3855.783	5637188	79.581	40.419	70835.687	139469.312
	200/110	877.30	3655.412	4460228	73.669	36.331	63564.406	122765.437
	200/100	828.72	3453.143	3447150	67.696	32.304	50325.809	106710.687
	200/ 90	779.31	3247.113	2585779.0	61.669	28.331	41929.687	91271.625
	200/ 80	729.46	3039.182	1870865.	55.546	24.454	33681.449	77505.062
	200/ 70	678.90	2828.733	1291660.	49.306	20.694	26197.02	62415.973
	200/ 60	627.78	2615.762	837992.5	42.912	17.088	19526.117	49340.978
	200/ 50	576.07	2400.272	498833.75	36.315	13.685	13736.355	36450.77
SECCION N°2	200/120	1128.22	4700.937	6915853.	87.297	37.703	79221.875	183431.312
	200/110	1080.14	4500.560	5497054.	80.961	34.039	67897.687	161491.75
	200/100	1031.54	4298.297	4271351.	74.54	30.46	57303.113	140226.375
	200/ 90	982.16	4092.268	3224967.	68.037	26.963	47400.114	119101.75
	200/ 80	932.24	3884.337	2353056.	61.411	23.589	38316.711	99750.062
	200/ 70	881.73	3673.968	1643550.	54.641	20.359	30077.923	80727.25
	200/ 60	831.62	3460.917	1084839.	47.651	17.305	22745.137	62669.91
	200/ 50	780.90	3245.427	654335.312	40.52	14.47	16291.32	45910.293

PROFILADES GEOMETRICAS " T-150 "

	LADO/H/ES	ELSA (CM) E/CM	AREA	INERCIA	Yi	Ys	Si	Ss
SERVICIO COMUNICACION	150/120	613.66	3390.269	4963028.	74.781	48.319	66367.062	109766.6
	150/110	765.68	3190.348	3927166.	69.154	46.846	56783.008	96144.812
	150/100	717.10	2987.906	3036131.	63.5	36.5	47813.418	83183.687
	150/ 90	667.91	2782.945	2281613.	57.867	32.133	39453.332	70613.5
	150/ 80	618.12	2575.483	1654930.	52.561	27.939	31788.604	59132.953
	150/ 70	567.71	2365.462	1147017.	46.238	23.762	24806.969	48270.453
	150/ 60	516.71	2152.94	748359.625	40.307	19.693	18566.32	38002.047
	150/ 50	465.19	1937.898	448912.562	34.224	15.776	13116.809	28445.82
SERVICIO CONCRETA	150/120	965.79	4024.134	6180340.	82.298	42.702	75097.157	144731.437
	150/110	863.23	3621.771	3832840.	70.325	34.675	54501.446	110536.512
	150/100	817.78	3407.411	2886.791	64.352	30.648	44859.616	94191.257
	150/ 90	770.24	3209.328	2127561.	58.073	26.927	36500.215	79012.062
	150/ 80	719.84	2999.326	1493125.	51.788	23.212	28311.582	64325.125
	150/ 70	668.83	2786.805	990857.937	45.355	19.645	21845.668	50438.477
	150/ 60	617.22	2571.763	609764.437	38.729	16.221	15744.527	37474.177
	150/ 50	565.61	2354.731	4494057.	32.238	12.762	10744.148	26474.177

SISTEMAS PREFORZADOS

SISTEMAS PREFORZADOS, S.A.

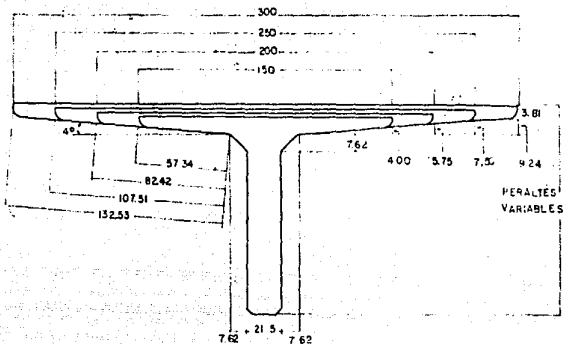


FIG. II.28

Peso propio de las vigas "T" en Kg/m<sup>2</sup> (Sistemas Preforzados) \*

PERALTE	SECCION SIMPLE				SECCION SIMPLE				
	PATIN	300	250	200	150	300	250	200	150
60	300	295	305	330	420	415	425	450	450
70	315	315	330	360	435	435	450	450	450
50	330	335	355	395	450	455	475	515	515
90	350	355	380	430	470	475	500	550	550
100	365	375	400	460	485	495	520	580	580
110	380	395	425	495	500	515	545	615	615
120	395	415	450	525	515	535	570	645	645

Cuando se tienen calculadas las capacidades de carga de las piezas los resultados generalmente se transportan a gráficas para su utilización como ayuda de diseño, en las que se indican, además, expresadas las capacidades por las piezas para determinadas longitudes y peraltes del elemento en la pieza así como un arrazo técnico de la misma.

FIG. II .29 GRAFICAS DE CAPACIDAD DE CARGA-CLARO (LONG. DE PIEZA)  
 PARA VIGAS " T " SIN FIRME (SECCION SIMPLE)

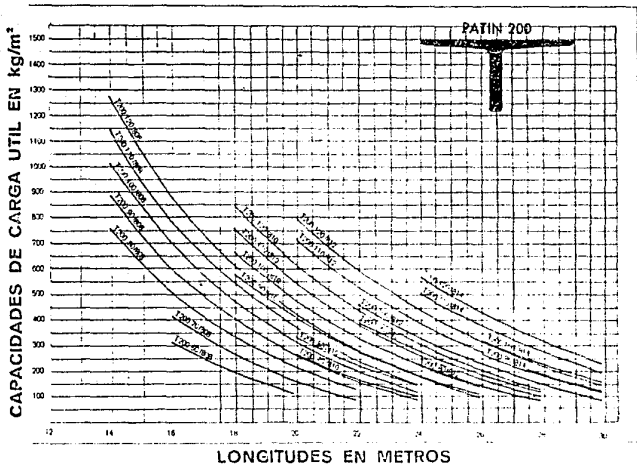
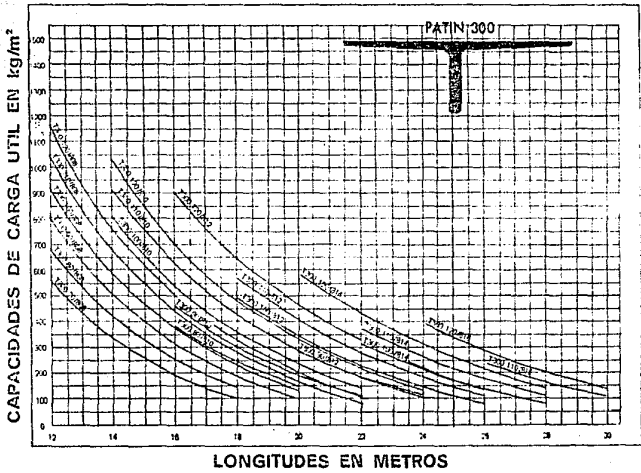
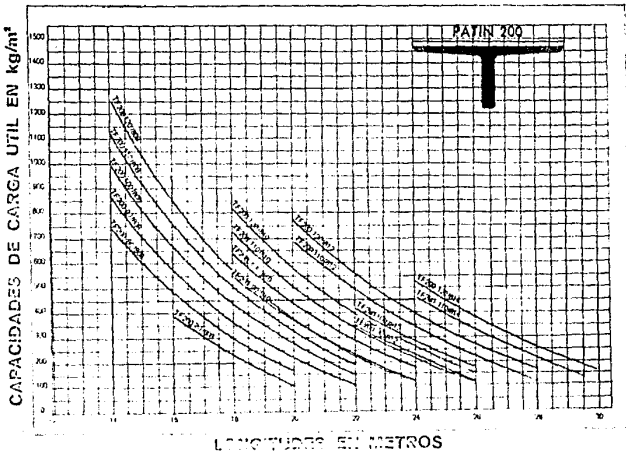
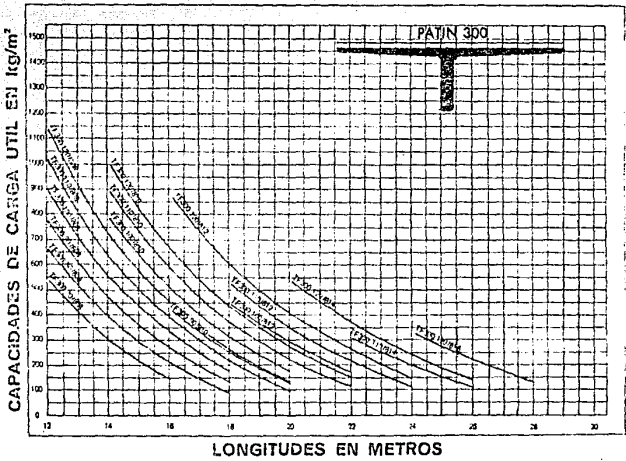


FIG. II.30 GRAFICAS DE CAPACIDAD DE CARGA-CLARO (LONG. DE PIEZA) PARA VIGAS "T" CON FIRME



En las gráficas anteriores se puede apreciar que entre más grande sea el claro, disminuye la capacidad de carga y mayores son el presfuerzo utilizado y el peralte en la pieza; por ejemplo: una viga con la nomenclatura TF 300-120/816 significa:

Viga T de 3.00 m. de ancho por 1.20m. de peralte y con un presfuerzo de 16 torones de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, para la cual existen rangos aplicables de longitudes que van de los 24 a los 30m. contra las capacidades de carga útil que van de los 380 a los 130 kg/m<sup>2</sup> respectivamente. Todo lo anterior se puede observar en la Gráfica de utilización de viga T sin firme con patín de 3.00m. ( Fig. II.

Asimismo también se puede observar que para una viga con menos presfuerzo (TF-300-120/614), los rangos de utilización cambian, obteniéndose claros menores, para las mismas capacidades de carga que la viga anterior, por lo que se deduce que mientras más grande es el presfuerzo, para una misma longitud la capacidad de carga útil aumenta, siempre y cuando la pieza pueda soportar el presfuerzo aplicado, es decir, que por ejemplo una viga T de 300-120 y 23m. de longitud el máximo presfuerzo a que puede estar sometida es de 14 torones de  $\frac{1}{2}$  pulg. de diámetro, siendo peligroso aplicarle más presfuerzo, ya que cada pieza tiene una capacidad de presfuerzo admisible que no debe ser excedida para evitar un comportamiento estructural inadecuado.

Los límites para aplicarle presfuerzo a una pieza se encuentran descritos más adelante en el Capítulo III. En base a los mismos resultados se puede apuntar que aunque una pieza tenga menos presfuerzo sus rangos de utilización son más variados, es decir, una vez tensados los esfuerzos provocados por el presfuerzo contra la capacidad del mismo en la pieza, la viga TF 300-120/814 tiene su rango de longitudes entre los 20 y 28m. para capacidades de carga útil que van de 580 a 130 kg/m<sup>2</sup> respectivamente.

Cabe aclarar que la capacidad de carga obtenida de las Gráficas es útil, es decir, independientemente del peso propio de la viga T y en su caso también del firme estructural.

De esta forma se han descrito los resultados de la estandarización de las vigas T en cuanto a sus utilidades más usuales, siendo estas como losa de entrepiso, cubierta para techo o sistema de muros, esto es, manteniendo constante

el ancho de alma de la pieza, como otras aplicaciones de estas piezas pueden ser: Trabe para puentes, y en algunos casos trabe rigidizante. El diseño de las piezas se hace de acuerdo a las necesidades del proyecto sin caer en la estandarización.

Cabe aclarar que las gráficas de utilización de las vigas "T" son una guía para los proyectistas y calculistas pudiéndose obtener datos más precisos de la estandarización de las piezas la cual se realiza generalmente por computadora y como se puede observar al igual que la sección TT, la viga T puede ser parte tanto de un sistema prefabricado como de un sistema mixto, ya sea como sección simple o como sección compuesta, de ahí que pueda usarse para las utilizaciones ya descritas.

Estando indicadas las principales propiedades y ventajas de las vigas " T ", es necesario también hacer alusión a los contras de la misma: una de las desventajas que tiene la viga T es en la etapa del montaje ya que se requieren sujeciones temporales adicionales para evitar el volcamiento de la pieza sobre su eje longitudinal, mientras se efectúa la unión con soldadura de las placas de conexión entre pieza y estructura, o mientras se realiza el colado del firme estructural si la sección es compuesta.

Asimismo como toda pieza prefabricada y siendo por lo general preforzada, la viga o trabe "T" se diseña en base a las especificaciones del A.C.I., del P.C.I. y del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

En cuanto al transporte de las vigas T al sitio en donde tendrán su posición definitiva, se puede apuntar que el mismo se dificulta, al tener la viga un solo apoyo a todo lo largo de la pieza por lo que se necesita que el transporte se realice con abrazaderas especiales en los extremos de la pieza a transportar, que sujeten y fijen el alma de la viga o vigas " T ", pudiéndose transportar de acuerdo a las características y propiedades de la pieza como lo son: Ancho, Feralte, Peso propio, esto es:





FIG. II.31

que como los peraltes pueden ser variables desde 50 hasta 120cm. y los anchos -- desde 37.75 hasta 300cm., pueden existir muchas combinaciones que permitan el -- transporte de 1, 2 o hasta tres piezas a la vez, sujetandose también a las res-- tricciones de capacidad de carga del trailer.

Como ya mencionamos, en la mayoría de los casos, la forma de estibar -- las piezas en el almacén de la planta prefabricadora determina la forma en la -- que se deberán transportar las piezas. Lo interior se menciona con más detalle en el transcurso del trabajo en el capítulo 5.

Los detalles de conexión de estas piezas son muy similares a los de -- las trabelosas TI con la variante de que las trabes T's solo cuentan con un ner -- vio.

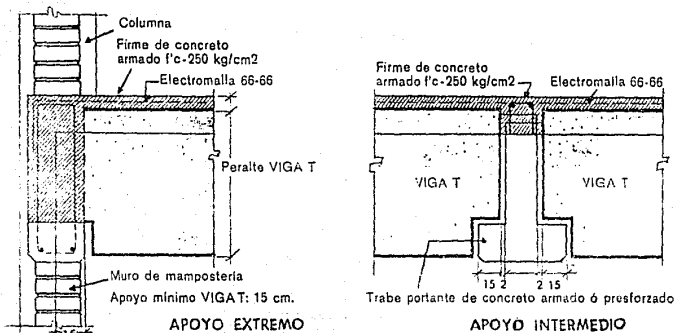


FIG. II.32 CONEXION DE VIGA "T" A TRABES PORTANTES EXTREMAS E INTERMEDIAS

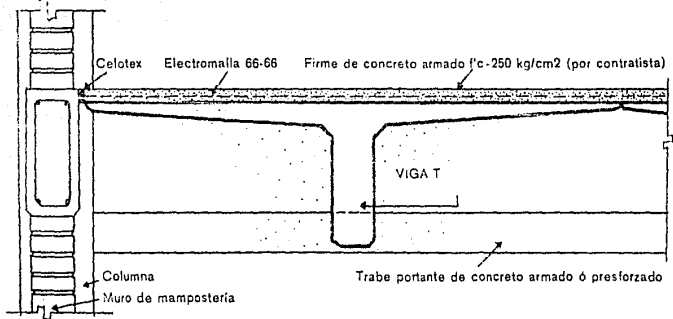
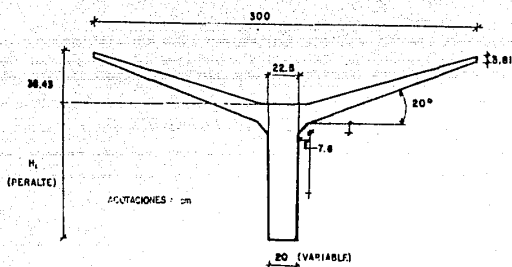


FIG. II.33 REMATE LATERAL DE VIGA "T"

#### 1.4. SECCION "TY"

Es una sección especialmente diseñada para funcionar como sistema de cubierta donde se requiere salvar grandes claros, utilizando la "TY" como trabe portante de láminas estructurales. Esta solución compite con gran efectividad contra soluciones tradicionales en Naves Industriales y Bodegas.

FIG. II.34 SECCION TIPICA NOMINAL "TY" Y PROPIEDADES GEOMETRICAS



PROPIEDADES GEOMETRICAS "TY"

FILZA	PATIN	B1	H1	h2	Area	Y <sub>i</sub>	Y <sub>s</sub>	I	S <sub>i</sub>	S <sub>s</sub>	Kg/m
300	20.000	170	158.43	5052.328	94.478	63.951	9286189	98289.375	145207.537	1217.48	
300	20.252	110	148.43	4851.066	88.190	60.229	7606594	86253.625	126274.871	1104.24	
300	20.504	100	138.43	4647.285	81.837	58.592	6133243	74944.375	108376.937	1115.35	
300	20.756	90	128.43	4440.264	75.466	53.023	4857295	64415.121	91607.562	1065.84	
300	21.008	80	118.43	4232.160	68.980	49.544	3789660	54728.277	76078.750	1015.72	
300	21.260	70	108.43	4026.824	62.237	46.100	2860455	45960.984	61924.797	965.00	
300	21.512	60	98.43	3824.262	55.461	42.078	2118952	38212.785	49303.637	913.67	
300	21.764	50	88.43	3593.181	48.441	39.938	1533421	31122.676	38395.223	851.74	

Por funcionar como trabe portante que cubre grandes claros, esta pieza siempre es presforzada además de ser fabricada en planta con moldes metálicos, - siendo el pretensado la modalidad de presfuerzo utilizando.

La sección TY es muy similar en el alma a una trabe "T" sencilla, hecho - que muchos fabricantes aprovechan, al utilizar el molde de esta última como cimbra de la sección TY. Lo único que se necesita es que el molde de la "T" sencilla tenga las alas abatibles, tal que se puedan subir o bajar, adaptándose a los pedidos por fabricar.

Cada fabricante tiene un solo ancho estándar para este tipo de pieza: - los más común están entre 290 y 300 cm. Los peraltes básicos son tres: 80, 100 y 120 cm., y dependiendo de estos, las longitudes de pieza varían desde 15 hasta 30m. (Aunque en las propiedades geométricas se indican varios peraltes a fin de no limitar el diseño).

Las ventajas primordiales de usar el sistema de Trabe TY - Lámina estructural como cubierta en Naves Industriales son:

- 1) Reducción en los tiempos de construcción.
- 2) Bajos costos de financiamiento, por la rápida recuperación de la inversión.
- 3) No se requiere de mantenimiento en las trabes TY.
- 4) La tercera parte del sistema es de concreto.
- 5) La misma trabe TY sirve como canalón para las bajadas de Agua Pluvial.

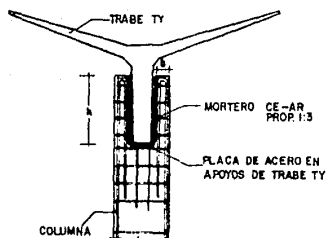
Para el diseño de un sistema de cubierta a base de TY y lámina estructural se deberán tomar en cuenta las siguientes cargas:

Lámina	20 kg/m <sup>2</sup>
Relleno y otros	100 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva	50 kg/m <sup>2</sup>

y apegarse a la siguiente table de utilización:

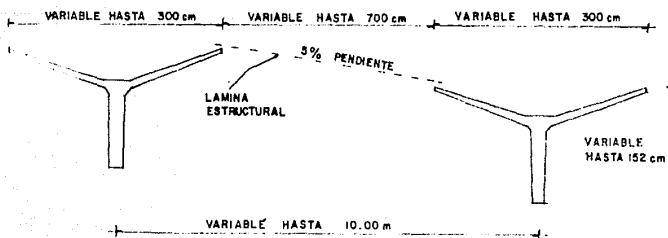
Las traveses TY se apoyan libremente sobre los capiteles de las columnas, es decir, un extremo es articulado, soldándose la placa de apoyo en el capitel con el accesorio ahogado en la trabe TY mediante un ángulo de acero; el otro extremo es apoyo libre, colocándose una placa de relleno entre los accesorios de conexión. El calafateo transversal en apoyos intermedios se realiza mediante un colado en sitio en cada extremo a juntar, colocando al mismo tiempo una tapajuntas de lámina entre los extremos de las TY. En colado en sitio se arma con barbas de varilla -- que se dejan preparadas en las traveses TY.

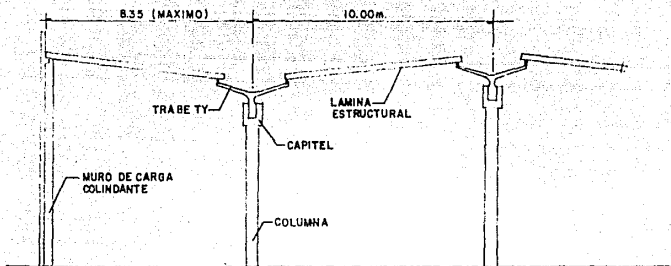
FIG. II .35 CALAFATEO TRANSVERSAL DE TRAVES TY



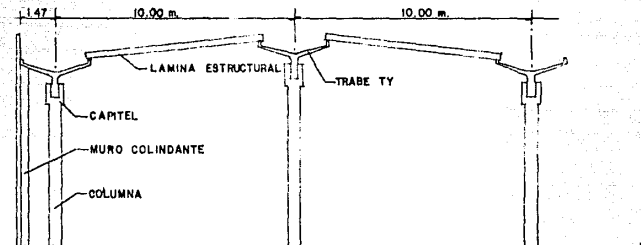
A continuación se presentan en forma gráfica, recomendaciones para estructurar naves industriales o bodegas con el sistema de cubierta trabe TY-lámina Estructural.

FIG. II .36 ESTRUCTURACIONES DE TRAVES TY





CORTE EN COLINDANCIA (1ª ALTERNATIVA)



CORTE EN COLINDANCIA (2ª ALTERNATIVA)

FIG. II.37

La única desventaja considerable en cuanto a esta pieza, es su transporte al sitio de la obra, ya que por sus características geométricas, únicamente pueden enviarse de una en una, incrementándose de esta forma los costos por flete. Generalmente se substituye la plataforma del trailer por un dolly o diablito que se coloca en el extremo de la pieza, mismo que ya tiene soldados los arneses que habrán de sujetar la trabe durante el trayecto.

Al igual que las secciones anteriores, la trabe TY se diseña de acuerdo a las especificaciones del ACI, del PCI y con lo prescrito en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

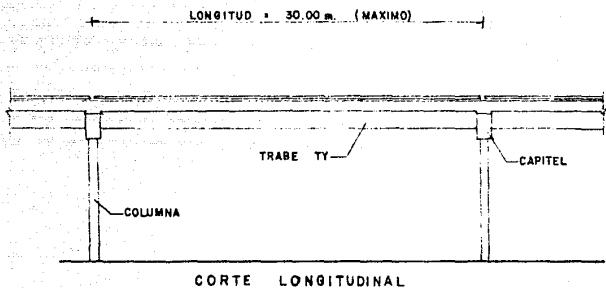
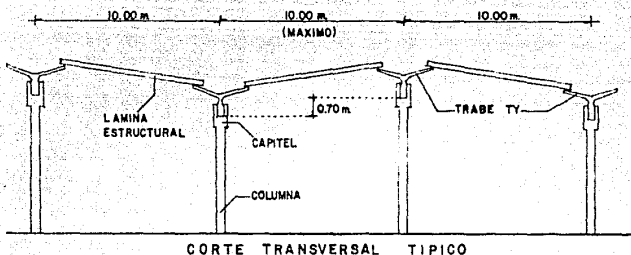
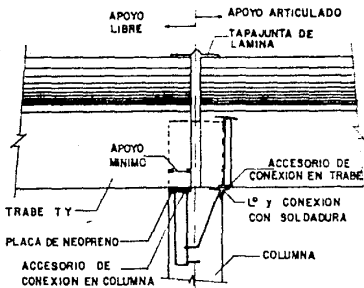


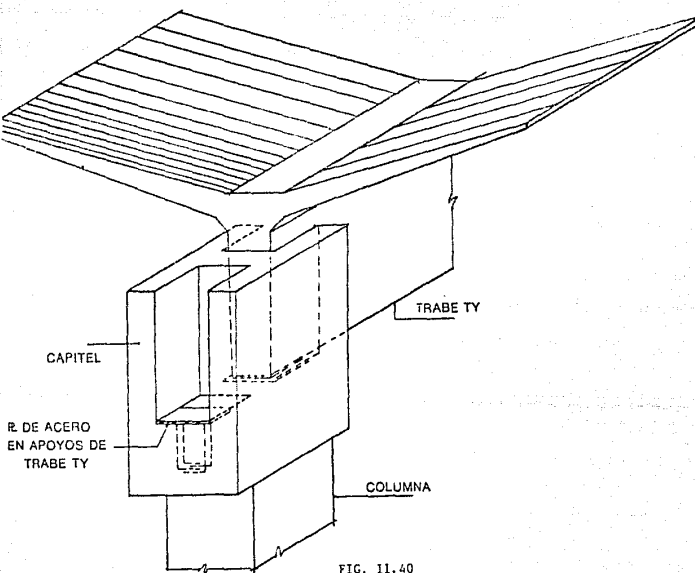
FIG. II.38



VISTA LATERAL FIG. II.39

LONGITUD (M)	REFALTE (CM)	P.P. TON/M	APOYO MINIMO TRABE (CM)	ANCHO MINIMO CAPITEL (b=cm)	ALTURA MAXIMA CAPITEL h=cm.
De 15 a 20	80	1.0	20	15	55
De 20 a 25	100	1.1	25	17.5	75
De 25 a 30	120	1.2	25	20	95

FIG. II DETALLES DE APOYO DE TRABES TY EN CAPITEL





### 2.1.5. VIGUETA Y BOVEDILLA

Es un sistema especialmente diseñado para facilitar la construcción de viviendas a un costo razonable. Esta compuesto de dos elementos que se fabrican en planta: la Vigueta y la Bovedilla. Después de colocados, se les integra un tercer elemento: un firme estructural colado en sitio armado con malla electrosoldada 66/10-10.

Su principal aplicación es para viviendas de uno solo, o pocos niveles. -- (Se recomiendan 3 como máximo) siendo su comportamiento estructural inadecuado para edificios de 4 o más pisos,

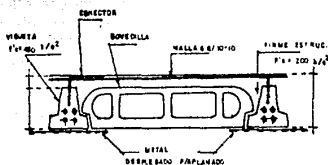


FIG. II.41

Con respecto de un sistema tradicional, el de vigueta y bovedilla presenta las siguientes ventajas:

- Rapidez de construcción
- Ahorro en cimbra
- Reducción en el peso propio del sistema
- Disminución de obra negra (Redunda en limpieza general de la construcción)
- Economía por el bajo costo y la rápida recuperación de la inversión

La característica principal de este sistema, es la substitución de cimbra con elementos que reciben el colado en sitio del firme estructural, mismo que hace trabajar al sistema como una losa monolítica, reduciendo la vibración y las deformaciones.

Las viguetas se fabrican en planta con concreto  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$  pretensándose con aceros de presfuerzo de muy alta resistencia, mismas que funcionan como largueros que transmiten la carga a los apoyos del sistema portante (generalmente muros de carga).

Las bovedillas, (también fabricadas en planta) a su vez se apoyan en las viguetas, integrando de esta forma la característica principal del sistema.

El sistema generalmente se diseña para soportar las siguientes cargas:

Peso Propio  
 Carga muerta = 100  $\text{kg/cm}^2$   
 Carga viva = 250  $\text{kg/cm}^2$

Para estas cargas, se presenta a continuación los claros admisibles, según el espaciamiento a eje de viguetas.

E= Espaciamiento A Eje de Viguetas	PERALTES (cm)				Claros Admisibles (cm)	Vol. de con. colado en sitio /m <sup>2</sup> de losa
	Vigueta	Boved.	Firme	Losa Terminada		
80	14	14	4	18	295 a 475	0.050
70	14	14	4	18	475 a 495	0.050
60	14	14	4	18	495 a 535	0.050
50	14	14	4	18	535 a 600	0.052
60	14	25	5	30	hasta 700	0.075
60	14	30	5	35	hasta 800	0.090

FIG. II. ESPACIAMIENTOS A EJE DE VIGUETAS

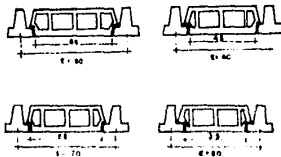


FIG. II.42

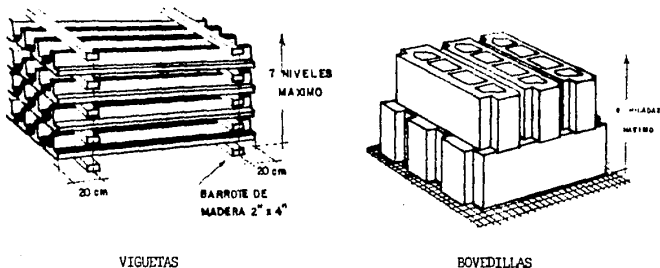
La fabricación de las viguetas es muy similar al de las losas extruídas, - es decir, se utilizan largas mesas de colado, en las cuales se vacía el concreto - con una máquina especial que avanza a lo largo de las mismas, depositando el concreto y dándole forma a las viguetas al mismo tiempo. Al igual que las losas extruídas, la longitud de las unidades se da mediante el corte a la medida de la producción según las medidas especificadas en proyecto, de esta forma el desmoldeo se facilita enormemente.

Una vez que se obtienen las unidades individuales, se almacenan en planta apoyándose en dos puntos, acumulando hasta 7 hiladas de vigueta. Este sistema se aplica tanto en planta como en obra.

Las Bovedillas se fabrican de forma similar al muro de block de cemento -- hueco, utilizando mangueras que producen una bovedilla a la vez. Se pueden obtener de diferentes peraltes según las necesidades de cubrir claros. (hasta 800 cm.).

Para almacenar las bovedillas se procede a colocarlas de 3 en 3 hasta 6 hiladas máximo, funcionando este sistema tanto en planta como en el sitio de la obra.

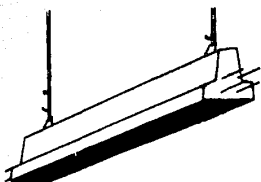
FIG. II.43 ALMACENAMIENTO EN PLANTA O EN OBRA DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS



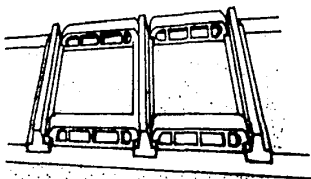
El manejo en planta y en obra de las viguetas se efectúa con accesorios de izaje colocados en los extremos de las piezas; siendo las viguetas un elemento prefabricado relativamente ligero, pueden manejarse con ganchos tipo "V" invertida de acero de refuerzo ordinario, aunque siempre es conveniente utilizar desperdicio de torón como accesorio. A pesar de ser uno de los elementos más ligeros en la prefabricación, el montaje de las viguetas se realiza con equipo especial (grúas hiab-sobre camión, o grúas hidráulicas y/o estructurales de poca capacidad), ya que no se pueden maniobrar con personal de campo; solamente las bovedillas se manejan sin necesitar equipo especial.

El procedimiento para el montaje de las viguetas y bovedillas así como la integración final de la losa, se presenta en la siguiente secuencia.

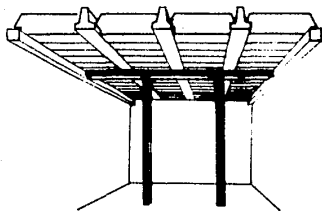
FIG. II.44 SECUENCIA DE MONTAJE Y TERMINADO DE LA LOSA CON SISTEMA DE VIGUETA Y BOVEDILLA



a) Se levantan las viguetas por los ganchos de izaje colocados en -- los extremos.



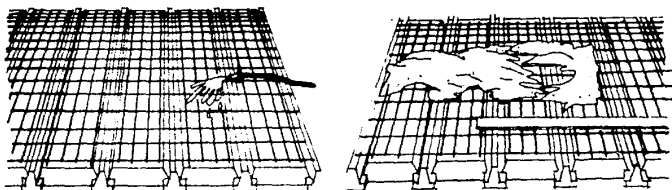
b) Se colocan las viguetas sobre los apoyos, siempre instalado una bovedilla por extremo a manera de -- escantillon.



c) Si el claro a cubrir es mayor que -- 3.20m., se coloca una madrina de ni -- velación en el centro del mismo. -- Después se completa la instalación de las bovedillas.



d) La madrina va al mismo nivel que -- los muros portantes.



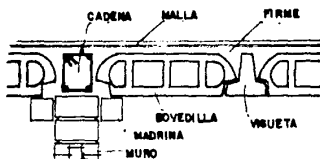
e) Posteriormente se coloca la malla 66/10-10, procurando mojar las viguetas y bovedillas previamente al colado -- del firme.

f) Se cuela el firme estructural, vaciando el concreto del centro hacia los extremos de las viguetas, utilizando tabloncitos para acarrear el concreto sin pisar el terminado de la losa.

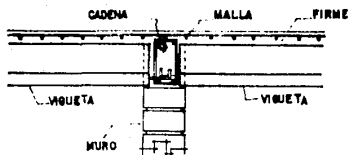
A modo de ilustración, se presentan las formas de apoyar las viguetas y bovedillas a la estructura primaria o sistema portante.

FIG. II.45

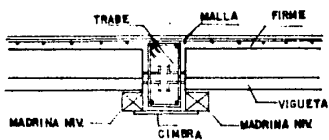
DETALLES DE CONEXION



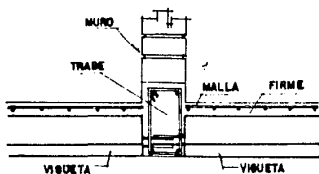
1) Sección Transversal Standard



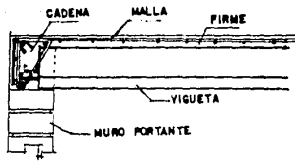
2) Apoyo de las viguetas en Muro Intermedio



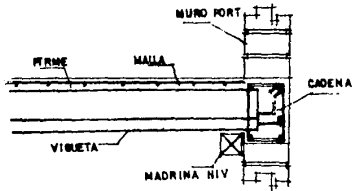
3) Apoyo de viguetas en trabe portante cimbrada y colada en sitio, usando las maderas como frontera lateral.



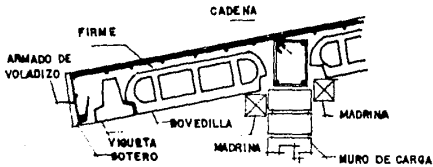
4) Detalle de apoyo de un muro de carga, partiendo de una trabe portante de viguetas.



5) Apoyo de vigüeta en muro extremo

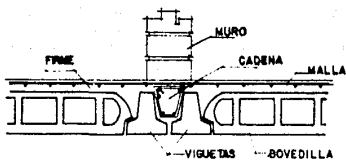


6) Detalle de continuación de muro extremo de carga

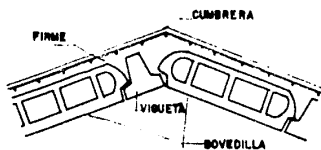


7) Sección transversal de cubierta inclinada a base de Vigüetas y Bovedillas

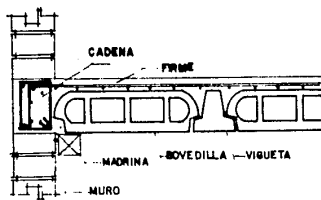




- 8) Detalle de apoyo de muro divisorio, sobre doble vigueta formando conjunto monolítico con la cadena



- 9) Sección transversal de Vigueta y Bovedilla en la cumbre de una cubierta inclinada.



- 10) Unión de Bovedilla con cadena rigidizante (dirección perpendicular al sistema portante) en muro extremo continuo.

## 2.2 LOSAS EXTRUIDAS

Son unidades de concreto planas y huecas y a la vez presforzadas que se utilizan para sistemas de entrepiso y azotea. También tienen otra aplicación como paneles normales o paneles tipo sandwich (con aislamiento), funcionando como elementos que soportan carga o simplemente como elementos de fachada. Se fabrican con procesos comercialmente cesionados, usándose maquinaria y moldes especializados.

Los patentes en cuanto a losas extruidas se refiere, actualmente son:

- Dynaspan
- Flexicore
- Span-deck
- Spancrete
- Spiroll
- Dy-core

En México la losa extruida más conocida es el SPANCRETE. Esta se fabrica en 5 peraltes nominales: 8.00, 10.2, 15.2, 20.3 y 25.4 cm.; se maneja en un ancho estandar de tableta de 100cm. Las longitudes pueden variar según pedido desde 3.00 hasta 15.00m. (máximo claro recomendable). Por tal motivo los usos que se pueden destinar a esta losa pueden ser:

1. Entrepisos y techos
2. Muros (de carga y fachadas)
3. Bardas ornamentales
4. Tapas de cimentación
5. Muros de contención.

Asimismo, este tipo de losa, puede utilizarse como sección simple y como sección compuesta. En esta última el firme estructural es de 5cm. de espesor con concreto  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  (La losa es de  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ ) armado con electromalla 66-66, contribuyendo en la mayoría de los casos a incrementar la capacidad de carga útil de las mismas. El terminado en la parte superior de la losa se define de acuerdo al aspecto anterior, es decir, si la losa va a trabajar como sección simple, el terminado es terso, y si por el contrario, trabaja como compuesta, entonces se necesita un terminado rugoso para recibir el firme estructural.

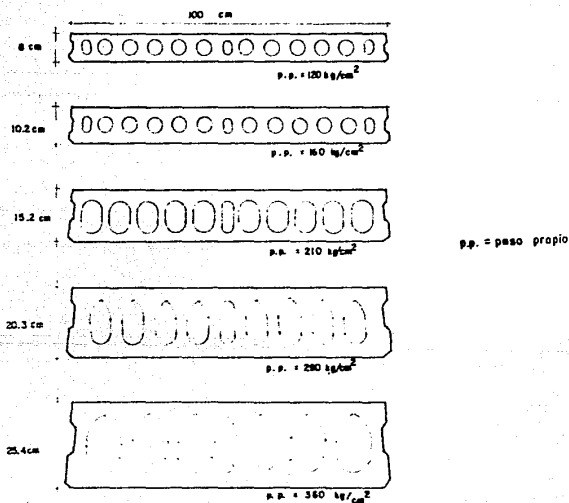
En entrepisos es factible prescindir del uso del firme, cuando el acabado final sea con alfarería, terrazo, mosaico, placas de mármol, o materiales similares. Esto es debido a que las juntas transversales y longitudinales del Spancrete, garantizan un comportamiento similar al de una losa monolítica.

Estos juntas se efectúan con mortero cemento-arena en proporción volumétrica 1:3 ó 1:4, armandose estas zonas por temperatura.

FIG. II. 46 JUNTAS TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL



FIG. II. 47 SPANCRETE.- SECCIONES TÍPICAS NOMINALES



Al ser una losa extruída, el spancrete logra un importante ahorro en el peso propio debido a los huecos longitudinales. El ahorro del peso va desde un - 30' a un 40% con respecto de una losa maciza colada en sitio de espesor similar; - esta ventaja es particularmente importante en proyectos de edificios de varios pi sos, por la economía que representa el reducir la sección de las columnas y la ci mentación, simplemente por aligerar los elementos del sistema de piso.

Las características geométricas de las secciones simple y compuesta son las siguientes:

1) Sección Simple

PERALTE (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	Yi (cm)	Ys (cm)	I (cm <sup>4</sup> )
8	567	4	4	3455
10.2	805	5.1	5.1	8128
15.2	956	7.6	7.6	26000
20.3	1390	10	10.3	61700
25.4	1755	12.4	13	123000

2) Sección Compuesta

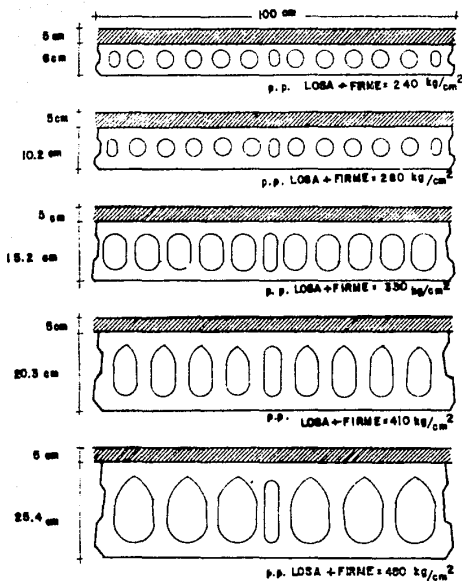


FIG. II.48

PERALTE TOTAL (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	Y <sub>i</sub> (cm)	Y <sub>s</sub> (cm)	I (cm <sup>4</sup> )
13	1067	6.1	6.9	15086
15.2	1305	7.2	8	27617
20.2	1460	9.2	11	63650
25.3	1890	11.7	13.6	121300
30.4	2256	14.1	16.3	210000

## FABRICACION

El proceso de fabricación en planta es un poco diferente respecto de los demás elementos que sirven como sistema de piso, como lo son la trabelosa doble T o la "T" sencilla, ya que se necesita de maquinaria especial que vaya vaciando el concreto en las mesas de producción, al mismo tiempo que realice la extrusión de la losa y compacte el concreto en capas. (esto se realiza una vez que se haya tensado - el acero de presfuerzo).

En forma genérica, el spancrete utiliza una mezcla de concreto muy seca - (Cercana al Revenimiento cero). Para integrar la losa, se deposita la mezcla en 3 capas, con la sucesiva compactación de cada una con apisonadores integrados en la - maquina extrusora. Las dos capas superiores se apisonan alrededor y encima de la - cimbra deslizante que viene con la maquina, dejando ya hechos los huecos en la losa. Un ciclo de spancrete se realiza diariamente en mesas de producción de aproximadamente 150m.

La producción se deja en la cama de colado, sirviendo ésta como fondo de la siguiente producción, repitiendo este proceso hasta tener 5 producciones apiladas (algunas veces se reduce el apilamiento a 3 ó 4 líneas de producción), siendo la producción curada con métodos ambientales durante una semana. Se hace correr - agua a través de los huecos de la losa en la fase inicial de curado. La llave de cortante de las losas se logra gracias a la cimbra deslizante que va en los extremos de la maquina extrusora.

Una vez que el concreto ha alcanzado su resistencia de proyecto y habiendo realizado la transferencia del presfuerzo, se procede a cortar la producción de acuerdo a las medidas especificadas. Cualquier abertura grande, ya sea para dar - paso a castillos, ductos de aire acondicionado o para montecargas deberá efectuarse en planta.

El tensado del Acero de Presfuerzo es el único que es similar al de cualquier otra pieza pretensada, ya que se usan los gatos hidráulicos, siendo controlado este proceso mediante lecturas manométricas en el gato y alargamientos en el cable.

El control de calidad en el tensado es muy importante, ya que siendo el Spancrete una losa plana, no se admiten diferencias en contraflechas en 2 piezas adyacentes mayores de 1cm.; diferencia que, cuando existe, es necesario corregirla antes de efectuar el junteo, induciendo trabajos extras en el sitio de la obra, mismos que podrían evitarse con un adecuado control de calidad.

Con equipos adecuado, es factible instalar un promedio de 1000 m<sup>2</sup> de spancrete por jornada diaria y con solo una cuadrilla de montaje. Por tal motivo puede considerarse que esta cifra es la mínima económica que debe contratarse.

Para la fabricación del spancrete y aunque se realiza con moldes y maquinaria especializada se deberán respetar las siguientes: Tolerancias de fabricación.

1. Longitud:  $\pm 13\text{mm.}$
2. Ancho:  $\pm 6\text{mm.}$
3. Perlato:  $\pm 6\text{mm.}$
4. Posición vertical de perforaciones:  $\pm 6\text{ mm.}$
5. Posición horizontal de perforaciones:  $\pm 6\text{ mm.}$
6. Posición de los torones:  $\pm 3\text{ mm.}$
7. Variación de la contraflecha en relación a la contraflecha de diseño:  $\pm 3\text{ mm. hasta } 300\text{m.}$
8. Contraflecha diferencial entre dos losas del mismo diseño: 6mm. hasta 3.00 m. long. pero nunca mayor a 13mm.
9. Escuadre en los extremos - Alineamientos vertical y horizontal:  $\pm 6\text{mm.}$

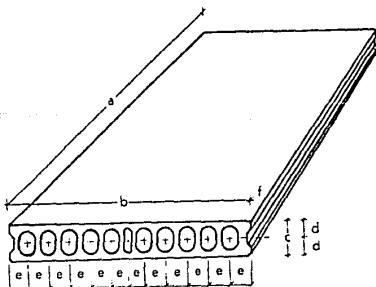


FIG. II.49

El diseño del spancrete y en general el de cualquier losa extruída deberá sujetarse a lo estipulado tanto en el el ACI (American Concrete Institute) como en el PCI (Prestressed Concrete Institute) y en el Reglamento de Construcciones - del Distrito Federal.

Los fabricantes de las losas extruídas deben proporcionar las gráficas de utilización de las mismas, para que sirvan como ayudas de diseño en proyectos, al escogerse una sección preliminar que sea adecuada para cubrir un determinado claro con la carga de diseño especificada, ahorrando tiempo al estructurista en proponer cualesquiera sección, reduciendo los tanteos para obtener la óptima. Estas gráficas presentan una forma similar a las que se muestran en el inciso 2.1.3 de este capítulo para las trabes "T".

También es necesario que para determinar las longitudes reales de las tabletas de spancrete, se tomen en cuenta los apoyos mínimos recomendables en techos y entrepisos.

Peralte en cm.	APOYOS MINIMOS							
	MAPOSTERIA		TRABES CONCR.		EST. METALICA		PREFAB. Y/O PRESFORZADOS	
	Extremo	Intermedio	Extremo	Intern.	Extremo	Intern.	Extremo	Intern.
8	10	5	10	5	7.5	5	7.5	5
10.2	10	5	10	5	7.5	5	7.5	5
15.2	12.5	10	12.5	10	10	7.5	10	7.5
20.3	15	10	15	10	12.5	10	12.5	10
25.4	15	12.5	15	12.5	12.5	10	12.5	10



### 2.3 TRABES PORTANTES Y RIGIDIZANTES

La integración de un sistema de piso se complementa con la consideración de las traveses o vigas portantes y rigidizantes. Pueden ser estas tanto coladas in situ como prefabricadas. Esto último depende de la estandarización que se logra durante la etapa de proyecto, de la forma, número y tipo de traveses a considerar.

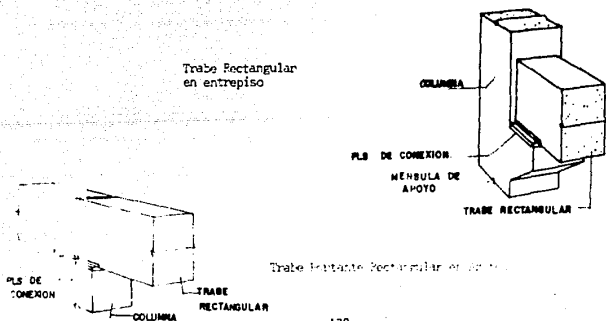
Siendo prefabricadas se les añade una ventaja a las traveses; la posibilidad de introducirles prefuerzo y por lo tanto, lograr un mejor comportamiento estructural del sistema, siempre y cuando se realicen conexiones eficaces, tal que aseguren el monolitismo de la estructura primaria (mucho en ambos sentidos).

Existen varias secciones que pueden ser utilizadas como vigas portantes, de las cuales una también funciona como rigidizante.

- Sección Rectangular -.- Es la más sencilla de las secciones que se fabrican, utilizándose como trabe portante tanto en ejes extremos como ejes intermedios. Es la más versátil de las traveses puesto que también funciona como trabe rigidizante.

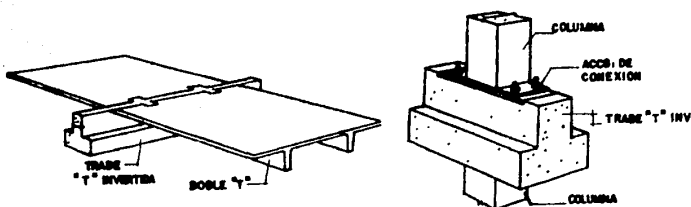
FIG. II.50

TRABES SECCION RECTANGULAR



- Sección " T " invertida .- Es una sección especial, que funciona como trabe portante en ejes intermedios de Edificios debido a su capacidad de recibir carga por ambos lados. Por su geometría, logra una importante reducción en la altura por entrepiso del edificio resultando una disminución de los metros cuadrados de acabados en el mismo. De lo anterior se deduce que es conveniente emplear esta sección en edificios de varios niveles. No es usual emplear esta sección como trabe rigidizante.

FIG. II .51 TRABES PORTANTES SECCION "T" INVERTIDA



Trabelosas TT apoyando en viga portante "T" invertida

Detalle de unión de columnas de 1 nivel con viga T inv. continua

- Sección " L " .- Es el complemento en edificios de la sección anterior, ya que se utiliza como trabe portante en ejes extremos por su característica de recibir carga por un solo lado. En ocasiones se fabrica en el mismo molde que la "T" invertida, simplemente taponeando un lado del molde para obtener la sección L.

Al igual que la anterior, no es usual emplear esta sección como rigidizante. (Ver configuración de esta sección en la fig. III.1 Elementos Estructurales Estandar).

La trabe rigidizante más usual en edificios es la sección "I". Su geometría obedece a un mejor aprovechamiento del Refuerzo de Acero y del concreto en zonas en las que estos materiales realmente trabajan. Suele combinarse la sección I con una sección rectangular en la zona próxima al apoyo con las columnas, por ser el lugar donde se presenta el máximo esfuerzo cortante. De esta forma la trabe rigidizante presenta tres secciones: Sección Rectangular en la zona cercana al apoyo, Sección de Transición en la zona de cambio a sección I y Sección I en el resto de la viga. La eliminación de concreto en zonas que no trabajan repercute en tres aspectos importantes de la estructura:

- 1) Ahorros por menor volúmen de concreto.
- 2) Reducción en el peso de la estructura.
- 3) Reducción en la cimentación necesaria para la estructura.

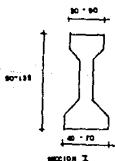
Ver configuración de esta pieza y rangos de aplicación en la fig. III.1 del siguiente capítulo.

Existe otra aplicación para la sección I; cubrir grandes claros para puentes (hasta 42m.). Solamente que para funcionar como tal, las dimensiones de la sección I se incrementan, y en muchas ocasiones por el peso o por el presfuerzo aplicado, estas piezas no pueden fabricarse en planta, recurriendo de esta forma al postensado en obra.

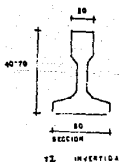
FIG. II .52 SECCIONES I PARA PUENTES

2

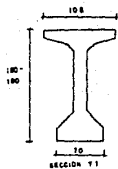
3



Claros de 9 a 30m.



Claros de 7 a 16m.



Claros de 27 a 42m.

Todas estas secciones no imponen dimensiones constantes, quedando a -- juicio del proyectista y del estructurista la geometría final de las mismas, suje-- tándose en el diseño estructural a lo estipulado en el ACI, PCI y con lo presente en el Reglamento de Construcciones del D.F.

De aquí se desprende la versatilidad de las secciones prefabricadas, -- presentándose los rangos aproximados de utilizations en la fig. III.1 del siguien-- te capítulo.

## 2.4 COLUMNAS

Las columnas prefabricadas pueden hacerse en muy diferentes secciones, - pero las más usuales por tenerlas en planta como productos estandar son las columnas de sección cuadrada o de sección rectangular.

Las dimensiones de las columnas cuadradas varían en rangos que van desde 25cm. hasta 60cm. de peralte. No así para las rectangulares, cuyo lado largo en muchas ocasiones llega a ser de 100cm.

Se recomienda que para justificar una inversión especial por moldes, el proyecto sea mayor de 300ml. de columnas por fabricar, ya que por lo general en México no existen formas prestalladas que estandaricen solo cierto tipo de sección. Lo anterior permite gran libertad de diseño en cuanto a la concepción arquitectónica y estructural del elemento, aunque siempre atendiendo a un aspecto sumamente importante: los requerimientos mínimos para manejo tanto en planta como en obra.

De este aspecto se determina la longitud apropiada en la pieza.

Por supuesto que el transporte es un punto crítico en las piezas, pudiendo ser un limitante en cuanto a longitud y a veces en cuanto al ancho (columnas tipo cruz). Sin embargo para columnas de gran longitud (sobre 30 metros) se puede disponer de arneses especialmente diseñados para sujetarlas y poder enviarlas al sitio de la obra. Estos arneses deberán tener un sistema especial de doble pivote para evitar un efecto torsionante durante el envío.

Algunas veces se opta por fabricar la columna por secciones, empalmando las unidades individuales hasta integrar en obra la longitud total de la pieza. De esta forma se puede facilitar el manejo de la columna sin afectar el comportamiento estructural, atendiendo a las consideraciones de diseño para edificios de muchos pisos. Otro método para mantener los esfuerzos por manejo en planta y/o obra por debajo de los permisibles es por la introducción del prefuerzo. Esto permite el transporte de piezas más largas, ya que reduce la tensión de las fuerzas laterales inducidas por el movimiento del trailer durante el envío, así como también contribuye a un mejor comportamiento de la estructura bajo condiciones de servicio.

Una de las características que identifican a estos elementos, es su com-

posición geométrica, misma que además de integrarse con la sección transversal nominal (ya sea rectangular o cuadrada) cuenta con ménsulas de conexión, que funcionan como elementos de unión con la estructura.

Las ménsulas pueden variar en forma, número y tamaño. Identifican al mismo tiempo los niveles que componen al edificio. En cada nivel pueden existir desde 2 hasta 4 ménsulas.

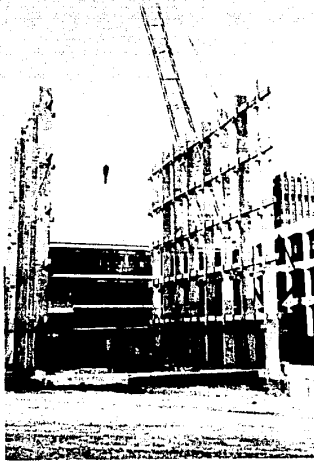
Para su fabricación se coloca la cimbra de las ménsulas hacia ambos lados del fuste de la columna, si el elemento solo se compone de 2 ménsulas. La tercera ménsula de una columna se fabrica por encima de la pieza usando una cimbra tipo cañón, misma que dará forma a la tercera ménsula, colándose ésta al tiempo que se avanza en el colado del fuste de la columna, la fabricación puede efectuarse de cualquiera de los 2 siguientes métodos.

1) Desarrollando un segundo colado para la ménsula faltante. Para esto es necesario dejar preparado en la parte de abajo del fuste de la columna (la que está en contacto con el fondo del molde o cimbra) una placa de conexión, para que posteriormente y una vez que el concreto del primer colado haya alcanzado la resistencia requerida para el manejo en planta (la columna se mueve 180° y se apuntala en la zona de terminado de piezas) se suelde el armado de la cuarta ménsula y se vacie el concreto de la cuarta ménsula, ahora en posición invertida.

2) En grandes proyectos, será más económico el hacer un agujero en el fondo del molde o cimbra, dar la profundidad necesaria para la cuarta ménsula y hacer un fondo falso en esa zona (generalmente con concreto pulido). De esta forma el elemento completo se fabrica en una sola operación, con la consecuente eliminación de la doble maniobra y colado en planta.

Conviene que las columnas ya sean prefabricadas o presforzadas sean utilizadas como elementos que resisten únicamente carga vertical a menos que sean - - - - - construidas como parte del sistema resistente a fuerzas laterales, como se presenta en casos que funcionan como elementos de al final de un muro de corte de concreto, o que por ejemplo las ménsulas en el claro corto del edificio - - - - - sean brazos que se unen con accesorios especiales de conexión. A estas columnas - - - - - se les denomina tipo "CRUZ", son de varios niveles (generalmente hasta cinco o - - - - - seis), y por si solas van formando marcos integrados al tiempo que se van montando.

FIG. 11.53 COLUMNAS TIPO CRUZ



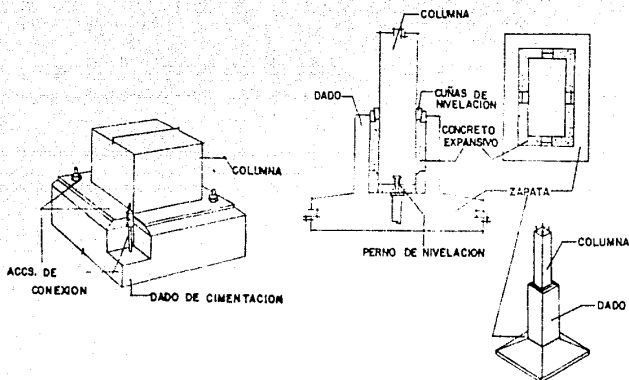
De tal manera deberá proporcionarse a las columnas la propiedad para acomodar los empujes sísmicos en las conexiones tanto en la base como en los empates a la estructura realizados en varios puntos. Más aún, al construir las columnas, no debe pasar inadvertida la contribución de las columnas a la rigidez del edificio, debiendo considerarse en el análisis del sistema resistente a fuerzas laterales dicha contribución, a fin de evitar aprietamientos inesperados o incluso alguna falla.

El uso apropiado de conexiones de placas y pernos en la base de la columna (opuesta al semiempotramiento que se obtiene en las conexiones tipo socket - con concreto expansivo), así como de traveses simplemente apoyadas con placas de neopreno en un extremo de la pieza, permite a los movimientos sísmicos ser acomodados sin gran problema, especialmente en edificios estructurados a base de muros de corte relativamente rígidos.

Por los motivos antes discutidos, la estructuración a base de columnas prefabricadas deberá resolverse adecuadamente, eligiendo las conexiones apropiadas para cada caso. Así se asegura un correcto funcionamiento de las unidades, bajo -

condiciones de servicio.

FIG. II.54 CONEXION COLUMNA-CIMENTACION TIPO RIGIDA (SEMIEMBOTRAMIENTO)



Para ambos tipos de columnas, ya sean presforzadas o nada más prefabricadas, el refuerzo para cortante lateral se realiza con acero ordinario. Si las unidades vienen en grandes cantidades y si se estandariza la producción, es recomendable presforzar estos elementos que simplemente reforzados con acero ordinario.

Aquí aparece el aspecto económico, ya que por utilizar acero de presfuerzo, se obliga la disminución del refuerzo ordinario, siendo ésta de un volumen considerable. Las diferencias entre estos materiales pueden apreciarse en el inciso 1.4 del primer capítulo del presente trabajo.

En términos de producción, se puede agregar que se disminuye la mano de obra en planta, obteniéndose grados altos de eficiencia al tensar largas líneas de presfuerzo, en lugar de habilitar excesivas cantidades de acero de refuerzo ordinario disminuyendo de esta forma los trabajos preliminares.

Las conexiones de las columnas prácticamente se cuelgan del cable tensa



do en paquetes dentro del molde, colocándose de esta forma en su posición definitiva; mientras que las unidades reforzadas ordinariamente requieren de doble operación para fabricar las jaulas y luego colocarlas, resultando un doble manejo de estos accesorios.



FIG. II.55

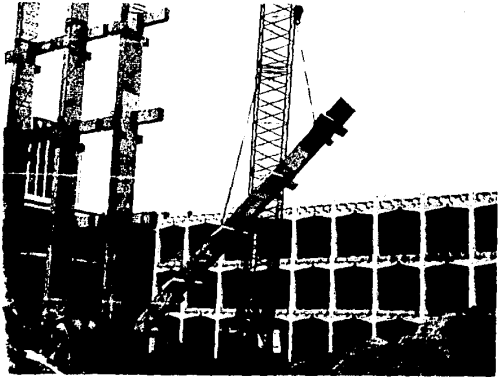


FIG. II.56

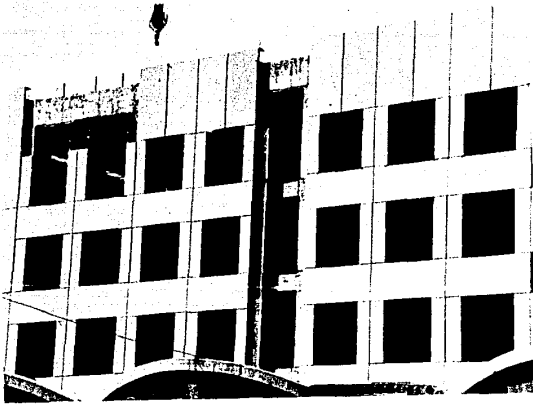
## 2.5 MUROS Y FACHADAS

Las unidades prefabricadas verticales tales como muros o fachadas son elementos modulares que se utilizan para envolver al edificio y expresar el carácter del diseño exterior. Así, estos elementos caen dentro de 3 categorías:

1. Paneles ó fachadas arquitectónicas: Diseñadas para soportar solamente su peso propio y las fuerzas laterales tales como viento ó sismo. Pueden adoptar muchas formas según las necesidades del proyecto.- Pueden ser parapetos, paneles perforados de ventana, paneles horizontales, o paneles - completos de piso a techo.

FIG. II .57

Diferentes Tipos de Elementos de Fachada



2. Muros de Cortante (No portantes).- Son diseñados para transferir las fuerzas laterales (viento ó sismo) de los diafragmas horizontales a la cimentación o a algún otro elemento vertical.

3. Muros de Carga.- Diseñados para soportar cargas verticales de la propia estructuración del edificio. Estos paneles pueden diseñarse también, tal que transmitan fuerzas laterales a la cimentación del edificio.

Con el uso del concreto prefabricado, el proyectista tiene la oportunidad de presentar el potencial estructural total del material y expresa libremente su concepto de diseño exterior para el edificio. La geometría tridimensional -- del concreto prefabricado es limitada solamente por su aplicación y por la creatividad del diseñador. Debido a su fabricación industrializada y la estandarización que resulta de un correcto diseño modelar, los diferentes moldes se hacen posibles para prefabricados de fachada, mismo que no es económicamente factible con concreto colado en sitio.

Los muros y paneles prefabricados tienen varias ventajas que justifican su uso.

1. Rápida Construcción. Las unidades se fabrican en un ciclo diario, almacenándose en la planta mientras se ejecutan otros trabajos en obra, hasta que se completa la estructuración del edificio. El rápido proceso de montaje de estas unidades proporciona ahorros en los costos de -- financiamiento por una temprana conclusión de la obra.

2. Control de calidad. Por hacerse las unidades prefabricadas en moldes de alta precisión, se logran respetar las tolerancias estrictas de fabricación, obteniendo a su vez un acabado uniforme garantizado.

3. Durabilidad. Los concretos de alta densidad y resistencia con que se fabrican los paneles aseguran la esperanza de vida útil de los mismos.

4. Acabados. Una gran variedad de texturas y acabados pueden lograrse en estos elementos.

5. Economía. Resultante del diseño modular y del uso múltiple de los moldes.

6. Resistencia al Fuego. Como es inherente en construcciones de concreto.

7. Bajo mantenimiento. Una apropiada selección en los acabados de grano expuesto acompañado de un diseño de detalles de drenaje adecuados -- eliminan el manchado y rayado a largo plazo de las unidades, producidas por el acumulado de polvos en la superficie debido al aire contaminado asociado al medio ambiente de las ciudades.

Ahora bien, los acabados externos están disponibles en un ancho rango de texturas desde "pulido" hasta grano expuesto profundo.

Los moldes para prefabricados a base de acero, madera o fibra de vidrio poseen una superficie tersa que puede ser deseada por el proyectista. El concreto puede ser color blanco (con arena y cemento blancos), color gris natural o aplicarsele diferentes colores con pigmentos. Sin embargo, una superficie tersa de concreto, es muy absorbente y fácilmente puede mancharse de aceite, smog, hollín, polvo, etc. Para prevenir esto, a la superficie exterior, se le agrega alguna textura o alguna forma escultural, o bien se hace exposición del agregado grueso de la mezcla. Este último tiene una gran resistencia a la absorción, a la abrasión y al manchado, resultantes de climas adversos. Dependiendo del color y del tamaño y forma de los agregados, muchos efectos interesantes son posibles. Las variadas texturas usadas en muros y fachadas prefabricadas se presentan a -- continuación:

a. Revestimiento de Mármol y Granito

Los paneles prefabricados pueden ser revestidos con mármol o con granito durante el colado de los mismos.

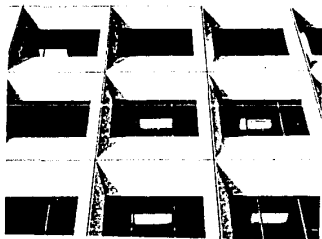
Aunque caros, estos materiales tienen la mejor resistencia a la absorción, abrasión y a las manchas, efectos provocados por estar el elemento a la intemperie, además de ser agregados vistosos.

Las placas de mármol o granito se perforan para introducir anclajes metálicos unidos con pegamento epóxico o con taquetes expansivos.

Si la pieza no tiene aislamiento térmico, una hoja de polietileno que actúe como desligador se coloca encima de la placa de mármol o granito, para después colar con concreto la parte posterior de la fachada. De esta forma los anclajes metálicos quedan embebidos en el concreto. Los insertos de manejo y accesorios de conexión se colocan en la parte posterior que se va a colar.

Si por el contrario, la pieza tiene aislamiento térmico, se elimina la hoja de polietileno, instalado a cambio un corazón de aislamiento entre el concreto y la placa de mármol ó granito. Los anclajes metálicos deben ser lo bastante largos como para traspasar el aislamiento y alcanzar el desarrollo adecuado dentro del concreto. En este caso el corazón de aislamiento actúa como desligador, que compensan la diferencia en cambios volumétricos del concreto y la placa de piedra causados por las variaciones de temperatura, contracción del concreto y flujo plástico. Como dato, las placas de mármol y granito tienen espesores entre 25 y 38mm.

Fig. II.58 Fachadas con Placas de Revestimiento de Mármol ó Granito



b. Acabado Sandblast

Las unidades de concreto prefabricado pueden ser ligeramente sandblasteadas. El espesor del sandblast es usualmente solo para exponer las partículas de arena y una porción del Agregado grueso. Para lograr espesores mayores, se aplica un ligero retardante de la mezcla junto con el sandblast.

El sandblasteo produce una superficie ligeramente grabada que expone los agregados y difiere la reflexión de la luz.

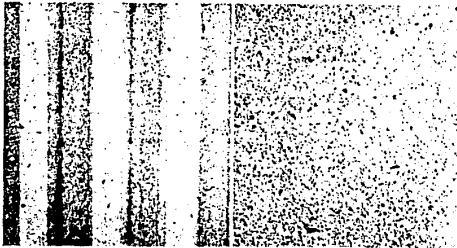


FIG. II.59

c. Acabado de agregado expuesto.

Se obtiene con el uso de aditivos retardantes de la mezcla. Posteriormente puede aplicarse aire comprimido o sandblasteo a las unidades pero esto no es muy usual. El método más común es el siguiente: Si la superficie a ser expuesta

está en contacto directo con el molde, el retardante de la mezcla así como la -- pasta de cemento.

De esta forma se logra la exposición de los agregados. Puede evitarse -- el cepillado, si el lavado se aplica con churros de agua a alta presión.

Por otra parte, en superficies de agregado expuesto que en la fabricación no estén en contacto con el molde, el retardante se aplica rociándolo en la pieza una vez que se haya colado la misma.

Los retardantes están disponibles en grados ligeros, medianos o pesados, formulados para dar varios espesores de grabado. Los retardantes evitan el endurecimiento de la mezcla en la superficie. Si el elemento se deja sin ser lavado, eventualmente el cemento tonará firmemente su lugar y ya no podrá evitarse el endurecimiento de la mezcla. El tiempo en que se deberá efectuar el lavado comprende entre 48 y 72 horas después de haber aplicado el retardante en el molde y 24 - horas si se aplicó directamente.

Si el agregado a ser expuesto es muy caro (por ejemplo: grano de mármol), y si el molde es horizontal, es usual que, encima del retardante se coloque un emplástado de mortero cemento blanco-arena junto con el agregado caro, hasta lograr el espesor de proyecto para el agregado expuesto, siendo la parte posterior del - elemento colada con concreto normal. Sin embargo, si el molde o parte del mismo es vertical, entonces si tendrá que elaborar el concreto con los agregados expuestos que se especifiquen aunque estos sean más caros que los normales.

FIG. II. 60 FACHADA DE GRANO DE MÁRMOL EXPUESTO



#### d. Acabado Martelinado

Una superficie martelinada o "fracturada" puede obtenerse colocando cables o cadenas en la cama de colado. Después de que se levanta la unidad del molde, el cable o cadena se jala, dejando una impresión a todo lo largo, fracturándose la pieza entre las crestas, quedando un efecto de "costillas". Otro modo es el de simplemente astillar las partes salientes con martillazos para lograr que la parte frontal se fracture.

Cuando en la fachada se especifican largas costillas con acabado martelinado, pueden realizarse con el uso de cincel y martillo, procurando golpear en una sola dirección, tal que se obtenga el mismo efecto de sombra en toda la pieza.

También es usual aplicar retardantes en la superficie tensa antes de colar; posteriormente se sandblastea la fachada hasta lograr el acabado "fracturado".

FIG. II.61 FACHADA CON EL EFECTO DE COSTILLA MARTELINADA

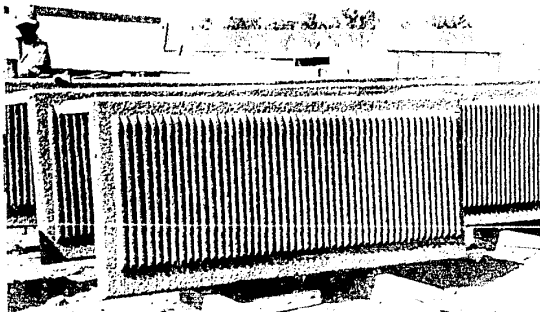
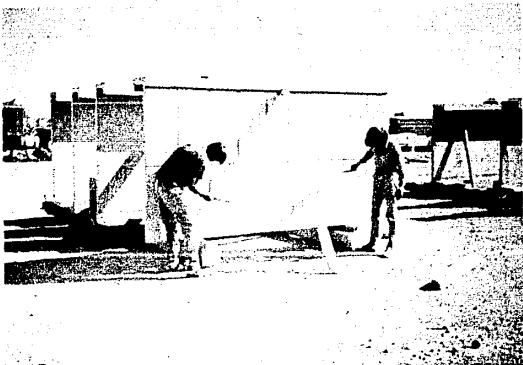




FIG. II .62

PRECOLADO DE FACHADA APLICANDOSELE EL EFECTO DE ACABADO MARTELINADO SOBRE UNA PASTA A BASE DE GRANO DE MARMOL OCRE.



Existen un sin fin de texturas aplicables a este tipo, elementos además de las ya descritas. Estas pueden ser:

- Superficies esculpidas.- Usando moldes con caprichosas forma ya sean de madera o fibra de vidrio, reforzados con nervaduras de metal o inclusive de madera.

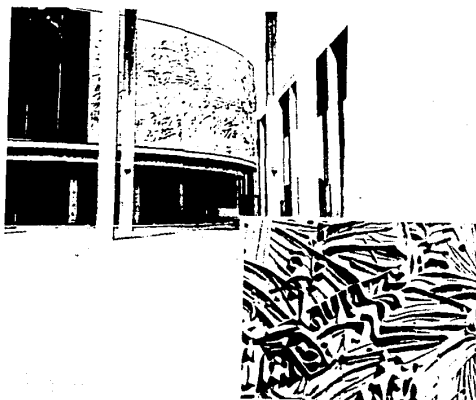


FIG. II.63

- Grabado con Acido.- Aplicando Acido Muriático diluido en agua (1 parte de ácido por 2 ó 3 partes de agua) en las fachadas se obtiene un grabado muy fino que solamente quita el recubrimiento externo. Es necesario limpiar con agua a presión la superficie ya afectada. Generalmente se obtiene un acabado de arena expuesta con el uso de este método.

- Superficies con ladrillo o con travertino
- etc.

Antes de escoger el tipo de fachada y la textura (acabado exterior) de las mismas será necesario que el proyectista haga ciertas consideraciones de diseño.

Primero, deberá visitar varias fábricas que produzcan muros y/o fachadas precoladas. Haciendo esto el proyectista llega a familiarizarse con el procedimiento de producción, incluyendo la fabricación de moldes; los problemas para realizar el colado de las piezas y obtener las diferentes texturas; los métodos de manejo en planta y en obra; y finalmente la forma de efectuar las conexiones de los paneles con la estructura. Todo lo anterior es muy importante a fin de que se comprenda la adecuada utilización de cada material.

En la elaboración de los croquis de trabajo, el proyectista debe trabajar conjuntamente con el fabricante asimismo el diseño estructural de estas piezas deberá realizarse entre el calculista y el arquitecto. Por otra parte, el fabricante proporciona tanto los cálculos necesarios para asegurar que el panel sea manejado adecuadamente desde su fabricación hasta el transporte e inclusive el montaje, como los croquis referentes a estos aspectos. Se debe obtener la completa aprobación del proyectista o del cliente antes de mandar a fabricar los moldes. En grandes proyectos, una muestra tipo de muro o fachada se fabrica a fin de garantizar la aprobación del cliente ó del proyectista tanto por el diseño como por la textura exterior del elemento.

En el diseño de muros y paneles los siguientes aspectos deben ser considerados:

- Diseño y fabricación de moldes
- Colocación de concreto
- Desmoldeos de las piezas
- Manejo de las unidades durante el resane y el almacenamiento
- Transporte al sitio de la obra
- Montaje
- Conexión con la estructura, incluyendo contraventeo temporal

En la revisión de las unidades por el fabricante tanto para los insertos o ganchos de izaje como para el refuerzo de acero se deberán tomar en cuenta las siguientes etapas del proceso.

- 1) Desmoldeo
- 2) Manejo en planta
- 3) Transporte
- 4) Montaje
- 5) Conexiones
- 6) Aplicación de la carga

Esto es porque a menudo los esfuerzos en el muro o panel durante las primeras cuatro etapas exceden a los que son causados por la aplicación de la carga. Así, el refuerzo y los accesorios de izaje deberán funcionar correctamente para cada una de ellas. El doble uso que se le pueda dar a los insertos, influye en la reducción del costo de la unidad.

#### DISEÑO DE MOLDES

Para secciones simples, o cuando se utilice muchas veces la cimbra, entonces se justifican los moldes metálicos. Al contrario, si se fabrican secciones complejas, entonces se usan formas de madera, fibra de vidrio o concreto.

La mayoría de los elementos verticales se fabrican en formas de concreto o de fibra de vidrio.

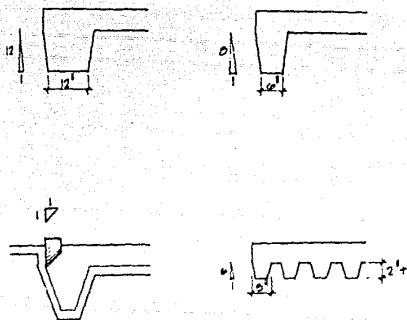
Cuando alguna pieza lo requiere, la forma puede integrarse en partes, ensamblando y desamblando estas para cada colado. La consideración primordial es el concepto de diseño y como completar este de la manera más eficiente. El diseño final deberá considerar el máximo reuso de las cimbras, guardando el número de secciones diferentes al mínimo (es decir, tratar de llegar a la estandarización); también deberá preverse una fácil remoción de las unidades, así como evitar despostilladeras en los cantos o en los cambios de dirección de las unidades que pudieran disminuir la calidad de las mismas.

Estos elementos generalmente se fabrican en posición horizontal con la parte que será expuesta hacia abajo. De esta forma, las partes verticales del elemento deben ser esviadas (con pendiente positiva) para un fácil desmoldeo.

Si el panel es pretensado, deberá tomarse en cuenta el acortamiento elástico del concreto durante el detensado.

La magnitud de la pendiente en el molde está sujeta al ancho de la parte vertical del miembro.

FIG. II. 64 PENDIENTES MINIMAS RECOMENDABLES



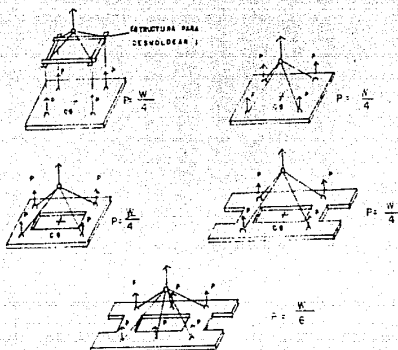
Debido a que el concreto se acorta durante el curado o durante otras etapas que causen cambios de volumen, se generan esfuerzos adicionales en las esquinas de las piezas al contacto con los moldes, pudiendo presentarse alguna deformación, así como agrietamientos y despostilladeras en las piezas. De esta forma todas las esquinas interiores deberán tener chaflán o curvatura con una dimensión o radio mínimo de 1 cm.

Un método excelente para hacer moldes de secciones complejas es el de vaciar concreto alrededor de una pieza modelo del muro o panel deseado.

#### DESMOLDEO Y MANEJO DE LAS PIEZAS

Para finalizar un diseño de panel o muro, debe considerarse un eficiente manejo de las unidades desde su remoción de las formas hasta el montaje en el sitio de la obra. Dependiendo de la posición en la que se fabrican las piezas, la secuencia de manejo, se estudia, siendo revisadas estructuralmente para cada etapa, colocando los insertos de izaje en forma adecuada. En cada uno de estos pasos se mantiene el equilibrio y balance con respecto al centro de gravedad de la unidad, a fin de que bajo ninguna circunstancia se presenten esfuerzos que puedan ocasionar agrietamientos. Por tal motivo cada sección se diseña con el momento de inercia grueso, sin tomar en cuenta la contribución del refuerzo de acero y así mantenerse dentro del rango de no agrietamiento (es decir, que los esfuerzos actuantes nunca sobrepasan el módulo de ruptura del concreto  $f'_c$ ). Siempre que sea posible, deberá procurarse usar cuatro puntos de apoyo para el izaje si es que la unidad se fabricó horizontalmente. Algunas veces, el tamaño, el peso o la configuración de la pieza son tales que, más de cuatro puntos de apoyo se hacen necesarios. Para el desmoldeo los puntos de apoyo deben estar balanceados con idéntica carga para cada garcho o inserto; de otra forma el panel se flexionará o rotará, deformando el molde y presentándose un posible agrietamiento o despostilladura en la pieza así como una distorsión en el molde.

FIG. II.65 DIFERENTES FORMAS PARA DESMOLTO DE PANELES



Cualquier abertura o proyección en las piezas deben ser tales que la sección de concreto pueda usarse como apoyo para transferir el peso de la pieza - a través de los ganchos de izaje. De esta forma la sección de concreto debe ser suficientemente grande tal que los esfuerzos inducidos por el manejo de -- las piezas se mantengan por debajo de los límites permisibles.

FIG. II.66 MANEJO DE PIEZAS CON ABERTURAS O PROYECCIONES

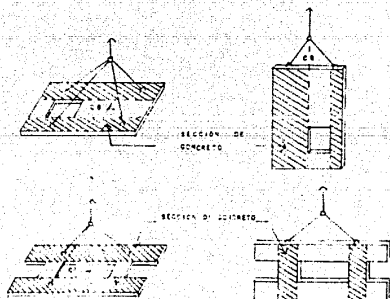
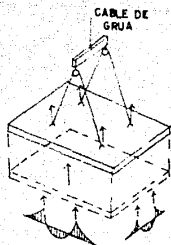
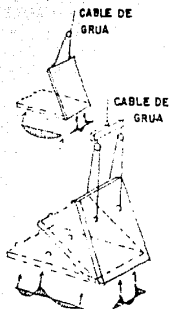


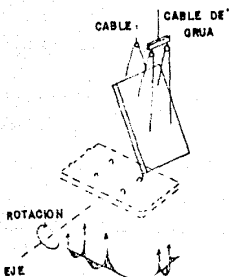
FIG. II.67 Algunas de las posiciones durante el proceso completo de manejo de mu-  
ros y paneles se presentan a continuación:



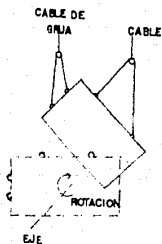
a) Remoción de Panel de un Molde Horizontal



b) Remoción por un Extremo de una posición Horizontal

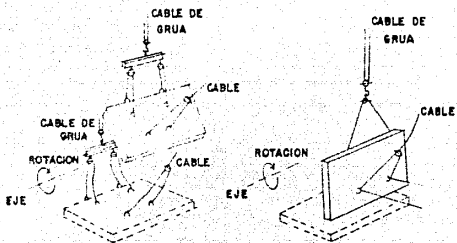


c) Rotación de Panel



d) Rotación del Panel





e) Extracción del Panel

f) Rotación del Panel

Para finalizar con este inciso, se presentan algunas piezas prefabricadas que funcionan como fachadas arquitectónicas:

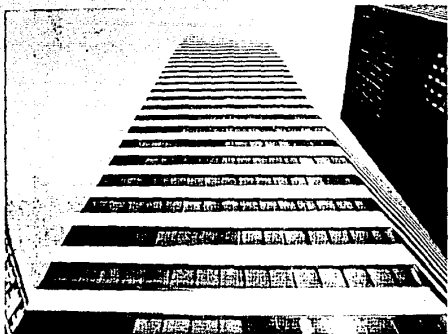
#### Paneles Horizontales

Son elementos de gran longitud y de poco espesor que cubren claros de columna a columna, abarcando los planos de techo y piso de cualquier nivel.

Estos paneles encierran el sistema de piso, y llenan el espacio entre el piso terminado y el lecho bajo del ventanaje o entre la altura del parapeto, como se puede apreciar en las fachadas abiertas de las estructuras de estacionamiento de automóviles. Los paneles horizontales generalmente se diseñan para soportar su peso propio aunque a veces pueden transmitir la carga tributaria del sistema de piso a los elementos de soporte.

Para cualquier estructura que no sea de estacionamiento, el espacio entre unidades se tapa con cancelería y vidriería, siendo muy variado el uso que se le vaya a destinar: Edificios de Oficinas, Residenciales, Condominios, Departamentos y Hoteles. Los paneles horizontales se apoyan en sus extremos, sobre ménsulas de columnas, vigas extremas o en la misma losa de piso. Un aspecto del diseño estructural de estas piezas y que a menudo pasa desapercibido es la tolerancia de arqueado (coba) debido a la diferencia de temperaturas entre las superficies interiores y exteriores del panel. El movimiento resultante debe ser tomado por las ventanas y otros materiales intermedios de relleno. Por el contrario; si se utilizan conectores laterales intermedios, deben ser capaces de desarrollar las fuerzas inducidas por la restricción del gradiente térmico.

FIG. II.68 FACHADA A BASE DE PANELES HORIZONTALES



#### PANELES PERFORADOS (DE VENTANA)

Estas unidades pueden ser usadas como elementos que soportan carga o también elementos que no lo son. Sus aplicaciones como elementos de carga se limitan a edificios de 4 pisos o de 15 metros de altura aprox. Sin embargo, los sistemas de grandes paneles en edificios para vivienda, han empleado estos elementos como paneles o muros de cortante en zonas sísmicas de Europa. En su mayoría, los paneles de ventana han sido usados principalmente como fachadas arquitectónicas en rascacielos, siendo la propia estructura la que proporciona la resistencia vertical y lateral. Dependiendo del cliente se colocará o no en planta la ventanería en los huecos que se dejan preparados con una junta de neopreno para recibir dicha ventanería. Problemas con cambios de acabados, han provocado que preferiblemente la ventanería se coloque en obra, y no en la planta del fabricante. A menudo estas piezas cumplen una doble función, que es la de provocar sombras, reduciendo de esta forma

el calor y el deslumbramiento del sol.

El tamaño de estas piezas está limitado por restricciones de transporte y montaje, aunque también los paneles múltiples de este tipo con anchos de 2.40 a 3.60 metros están sujetos a consideraciones sísmicas, para evitar el arrastre de los conectores del lecho superior e inferior. Por esta razón, en zonas sísmicas, la tendencia es hacia unidades individuales.

Por ser usualmente perforadas, estas unidades raramente se presfuerzan debido a la dificultad de obtener presfuerzo concéntrico y la consecuente eliminación del arqueado (quien decir que el presfuerzo generalmente es excéntrico del eje neutro de la unidad, pudiéndose provocar un pandeo en la misma).

FIG. II.69 FACHADA DE PANELES PERFORADOS INDIVIDUALES



## PANELES SOLIDOS

Son de espesor reducido y pueden diseñarse como elementos arquitectónicos o como muros de carga y/o cortante. Su geometría les permite aceptar ---presfuerzo, pudiéndose fabricar en forma estandarizada y en moldes sencillos, como lo son el de la sección "T" sencilla o el de la doble "T". Estas piezas pueden interconectarse horizontal y verticalmente cuando se usan para transmitir cargas verticales y laterales hacia otro elemento o hacia la cimentación.

Cuando los paneles se utilizan como elementos arquitectónicos de fachada, las juntas entre los elementos se dejan abiertos con el subsiguiente calafateo realizado en obra. Pueden ocuparse para encerrar un muro entero, o colocándose espaciadamente entre áreas de cancelería y ventanería. Normalmente estos paneles se colocan verticalmente con altura de uno o dos pisos, siendo el ancho de 2.40m. el módulo más común, ya que de esta forma las unidades pueden transportarse sin permisos especiales.

Dos aspectos en el diseño de paneles sólidos como elementos arquitectónicos de fachada merecen atención adicional; primero, el espesor de estos es reducido comparado con la longitud de los mismos, causando que generalmente sea más económico almacenar y transportar las unidades de canto, evitándose así los refuerzos adicionales o el presfuerzo requerido, solamente para controlar los esfuerzos asociados con almacenamiento y transporte en forma horizontal; el otro aspecto es el de que las conexiones superiores deben diseñarse para restringir al panel tanto en la dirección longitudinal como en la dirección lateral (movimiento de fuera hacia adentro, o desplome).

Sin embargo estas conexiones deberán ser capaces de tomar el desplazamiento del edificio bajo severas condiciones sísmicas.

FIG. 11.70 EJEMPLOS DE PANELES SOLIDOS

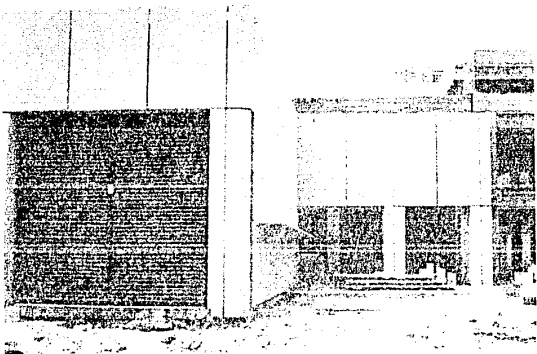
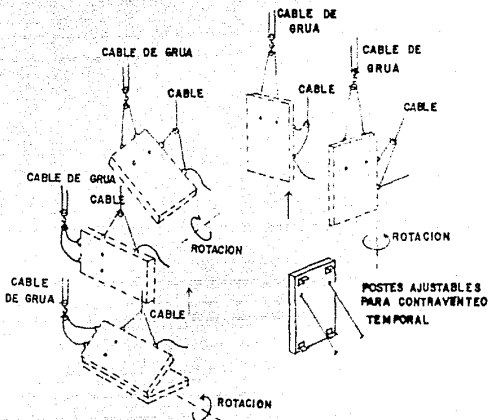


FIG. II.71 RESUMEN ESQUEMATICO DE MANEJO



En comparación con paneles de ventana o perforados, los paneles sólidos son fácilmente presforzables, debido a su capacidad de asimilar el presfuerzo sin tener que desviar los tendones. Estos paneles pueden ser planos y lisos, nervurados en toda su cara exterior, o fabricados de secciones estructurales tipo, como las dobles "T".

Una ventaja de presforzar es que se obtiene una forma más económica de reforzar comparada con la que se obtiene del acero ordinario. Asimismo el presfuerzo ayuda a mantener los esfuerzos durante el manejo de las unidades por debajo de los permisibles. También debido al presfuerzo se incrementa la capacidad última por flexión del muro, siendo que en la mayoría de las aplicaciones el diseño por flexión gobierna sobre el diseño por capacidad de carga axial del elemento. (Ver. Fig. II en donde se muestra un panel sólido que funciona como muro de carga).

## PAÑELES TIPO SANDWICH

En lugares de climas extremos se hace necesario aislar térmicamente durante el día y conservar la energía durante la noche. De esta forma los paneles tipo sandwich ofrecen la solución ideal para la edificación, proporcionando se con estos una superficie durable por ambos lados. El acabado puede ser pulido en ambas caras, o de agregado expuesto, sanblasteando o esculpido en la cara externa. Hemos visto que el concreto ofrece resistencia al intemperismo, fuego deterioros, y es fácil de mantener. Asimismo por ser prefabricados, los paneles tipo sandwich el tiempo total de construcción puede ser reducido, resultando en importantes ahorros para el propietario. Para dar una idea de las ventajas de este tipo de estructuración, el valor de la transmisión térmica - - - (Valor "U") para un muro de concreto normal de 15cm. de espesor es de 2.38, -- (siendo "U" el equivalente del recíproco de la resistencia al flujo del calor), mientras que en un panel tipo sandwich de 12cm. de espesor interno de concreto, 4cm. de espesor del aislamiento térmico (con poliuretano) y 5cm. de espesor externo de concreto el valor "U" es de 0.10 (1).

Para el conce pto arquitectónico, no existe variación alguna con respecto de los elementos verticales que no tienen aislamiento térmico, es decir, se puede considerar que se obtiene el mismo acabado, textura y color para ambos tipos de paneles además de que los moldes son exactamente los mismos.

Estos paneles pueden diseñarse como elementos que solo soportan su peso propio o como elementos que transmiten carga pudiendo ser de sección estructural simple o compuesta.

Se usa la sección estructural simple cuando las temperaturas en cada lado del muro son diferentes, integrándose de la siguiente forma: El espesor externo varía entre 4 y 6 cm. siendo no estructural; este espesor se soporta del interno que es el estructural con ganchos flexibles, obteniéndose un espesor externo libre de reaccionar a la temperatura o a cualquier otro cambio

(1) NOTA: Para mayor referencia, consultar páginas 53 a 78 del "PLANT CAST -- PRECAST AND REINFORCED CONCRETE A DESIGN GUIDE" publicado por el P.C.I. Segunda Edición.



volumétrico, protegiéndose de esta forma la placa de aislamiento de poliuretano.

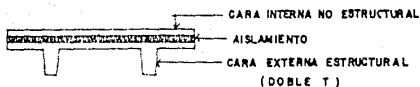
Cuando los paneles tipo sandwich se fabrican de secciones estructurales estandard (sección T, Sección doble T), el espesor externo es el estructural.

Un panel tipo sandwich de sección compuesta es aquel en el que tanto el espesor interno como el externo son estructurales actuando como una unidad para resistir fuerzas transversales.

Estos espesores se conectan ya sea con diafragma de concreto o con accesorios de acero que atraviesan la placa de aislamiento.

FIG. II .72 DIFERENTES PANELES TIPO SANDWICH

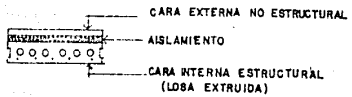
Panel Sandwich doble T



Panel Sandwich Nervurado



### Panel Sandwich de Losa Extruida



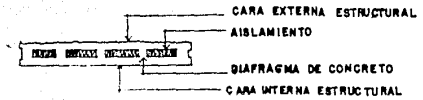
### Panel Sandwich Presforzado (Macizo)



### Panel Sandwich Macizo



### Panel Sandwich Sección Compuesta



El tipo de aislamiento usado, esta sujeto el valor de la transmisión térmica deseado (Valor V), al espesor del muro y al tipo de panel. El poliestireno tiene un valor de resistencia al flujo térmico (R) de 4.00/pulgada de espesor; el poliuretano de 6.25/pulgada de espesor y la lamina de fibra de vidrio de 4.00/pulgada de espesor.

En forma general:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{\text{aire ext.}} + R_{\text{concreto externo}} + R_{\text{asilm.}} + R_{\text{concreto int.}} + R_{\text{aire int.}}}$$

De esta forma, para reducir el espesor requerido de muro o panel, el poliuretano podría resultar ser el mejor aislamiento.

## 2.6 PILOTES

Quando las descargas verticales de un edificio o de un puente o en general de cualquier estructura, provocan que las capacidades y presiones admisibles del terreno se sobrepasen, utilizando cimentaciones superficiales de dimensiones adecuadas, entonces la opción es usar un sistema de cimentación profunda con pilotes o pilas según sea el caso.

Esto significa que la capa resistente del terreno no se encuentra cerca no a la superficie, por lo que existen tres soluciones con el uso de los pilotes

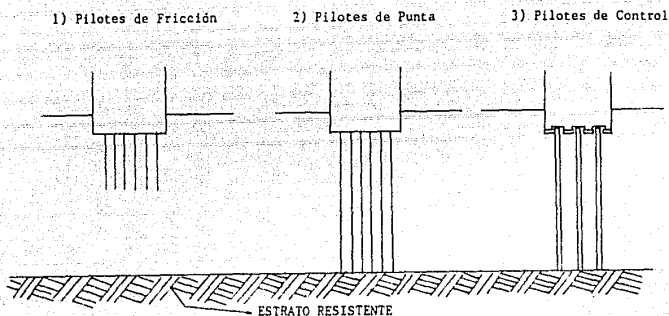
- 1) Pilotes de Fricción
- 2) Pilotes de Punta
- 3) Pilotes de Control

En los primeros se debe tener una gran superficie de contacto, a lo largo del pilote, misma que puede desarrollar una fuerza de fricción capaz de soportar las descargas aplicadas. Una de las características más importantes de estos pilotes es que siguen la consolidación natural del terreno por lo que la estructura con el paso de los años conserva el mismo nivel que las construcciones aledañas. Al diseñar estos pilotes se debe procurar que las condiciones del terreno no vayan a sufrir modificaciones a futuro, esto es que se pierdan las características friccionadas que sirvieron como premisas para el diseño. Es común que estos pilotes se utilicen en suelos limocarenosos, limoarcillosos o arcillocrenosos, y cuyos estratos abarquen una gran profundidad (20-30m).

En los segundos, la capacidad de trabajo esta dada por el apoyo del pilote con el estrato resistente. En estos pilotes es necesario prever el comportamiento del suelo a futuro en cuanto a los asentamientos debido a la consolidación del mismo. Este efecto llega a provocar fricción negativa a lo largo del pilote, disminuyendo su capacidad de trabajo. Por lo tanto para obtener la capacidad real de trabajo. Por lo tanto para obtener la capacidad real de trabajo tendrá que restarse la contribución de la fricción negativa de la capacidad admisible por punta del pilote. Este hecho se puede apreciar en algunos monumentos históricos, tales como el Monumento a la Revolución o el Angel de la Independencia.

En el tercer tipo de pilotes (Pilotes de Control), se aprovecha la fricción negativa que se transmite, ya que por lo general estos pilotes van asociados a una losa de cimentación la cual al provocar asentamientos, hace que el terreno se "cuelgue" al pilote, dividiéndose de esta forma la descarga vertical en dos elementos de cimentación. Cabe aclarar que los pilotes de control al igual que los de punta se apoyan en el estrato resistente, con la diferencia de que la capacidad de trabajo en los de control no se ve disminuida por la fricción negativa. De hecho los pilotes de control pueden absorber los asentamientos del terreno con solo desplazar los acunamientos en las cabezas de los mismos, obteniéndose de esta forma nivelaciones precisas que permitan a la estructura mantener la misma diferencia de alturas con respecto a construcciones cercanas. Esta última circunstancia hace a los pilotes de control el sistema óptimo para cimentaciones.

FIG. II.73



La diferencia entre las pilas y los pilotes, es que las primeras se cue-  
lan en sitio y generalmente se apoyan en el estrato resistente. No así los pilo-  
tes, que son prefabricados y en su mayoría pretensados, dividiendo su dosificación  
en los tres tipos ya descritos (una subclasificación de estos serían los pilotes -  
telescopicos y los pilotes electromecánicos).

La ventaja que ofrece el presfuerzo es que al ser inducidos esfuerzos de compresión en el pilote, contrarrestan los esfuerzos de tensión que resultan del manejo, o los que se provocan durante el envío, izado e hincado de los elementos.

A continuación, se describen algunas de las ventajas que se pueden obtener al usar pilotes presfuerzados.

- Alta capacidad de Carga.- Gracias a esta característica, se puede optimizar el número de pilotes a usar en una cimentación, economizando desde un principio el costo de una obra.

- Durabilidad .- El concreto fabricado en planta, de alta densidad y calidad, mantenido permanentemente bajo esfuerzos, es relativamente libre de la -- contracción del concreto, otras pérdidas y además es impermeable.

- Fácil de manejo.- Los pocos puntos de apoyo para izaje y transporte de un pilote (debido a su gran capacidad de carga), permiten un fácil manejo del mismo, por lo que las maniobras se simplifican, al utilizar equipos ligeros para efectuarlas.

- Resistencia al Hincado.- Su habilidad para resistir el hincado permite el uso de pesados martillos para hincar en suelos densos, además de estar desarrollando la carga adecuada en el suelo. Por otra parte el comportamiento del pilote como columna larga presfuerzada es excelente ya que permite grandes cargas axiales aún cuando se estén provocando excentricidades, fuerzas laterales o momentos. Esto es que cuando el momento resistente es crítico, la capacidad del pilote puede ser incrementado al aumentar el presfuerzo efectivo de diseño hasta el máximo recomendable.

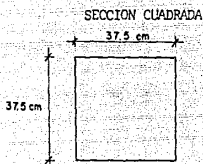
- Resistencia al Izado.- Por estar presfuerzado el pilote, fácilmente resiste los esfuerzos de tensión que se presentan en el izado.

- Control de Calidad.- Gracias al personal especializado que existe en planta y a una supervisión estricta, se asegura que tanto materiales como trabajo ejecutado sean de alta calidad, obteniéndose concretos de muy alta resistencia - - (f'c 350 kg/cm<sup>2</sup>).

La disponibilidad que existe en el mercado de pilotes permite ofrecer -- las siguientes secciones:

- 1) Sección Cuadrada
- 2) Sección Octagonal
- 3) Sección Circular
- 4) Sección Triangular
- 5) Sección "H" (o pilote Tensa-1)
- 6) Sección I (o pilote Tecno-Simplex)

Haciendo un comparativo para pilotes con perímetro a fricción = 150 cm. -- obtenemos de las secciones anteriores lo siguiente:



- 1) Area Sección: 1406 cm<sup>2</sup>
- 2) Peso: 337.5 kg/m
- 3) Refuerzo: 6 torones 1/2" Ø
- 4) Equipo para Hincado: Pesado
- 5) Capacidad de Carga: 192 ton. de punta.

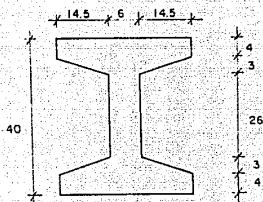
SECCION CIRCULAR



- 1) Area Sección: 1790.8 cm<sup>2</sup>
- 2) Peso : 430 kg/m
- 3) Profuerzo: 11T 7/16" Ø
- 4) Equipo para Hincado: Pesado
- 5) Capacidad de Carga: 242 ton. de Punta

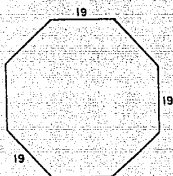


SECCION "H" (TENSA-1)



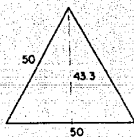
- 1) Area Sección: 560 cm<sup>2</sup>
- 2) Peso: 134.5 kg/m
- 3) Presfuerzo: 6 alambres 8mm. Ø
- 4) Equipo para Hincado: ligero
- 5) Capacidad de Carga de Punta: 77 TON.

SECCION OCTAGONAL



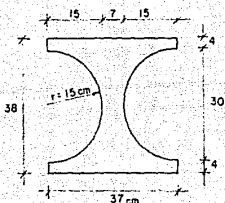
- 1) Area Sección: 1697.8 cm<sup>2</sup>
- 2) Peso: 407.5 kg/m
- 3) Presfuerzo: 11 torones 7/16"Ø
- 4) Equipo para Hincado: Pesado
- 5) Capacidad de Carga de Punta: 228 ton.

SECCION TRIANGULAR



- 1) Area Sección: 1082.5 cm<sup>2</sup>
- 2) Peso: 260 kg/m
- 3) Presfuerzo: 4 T 1/2
- 4) Equipo para Hincado: Mediano
- 5) Capacidad de Carga de Punta: 150 ton.

SECCION I (TECNO-SIMPLEX)



- 1) Area Sección: 699 cm<sup>2</sup>
- 2) Peso: 168 kg/m
- 3) Presfuerzo: 6 alambres 8mm. Ø
- 4) Equipo para Hincado: Ligero
- 5) Capacidad de Carga de Punta: 98 ton.

Las capacidades de carga de punta están dadas por la fórmula - - - - -

$$N = \frac{AC}{2} (0.73 f'c - 0.59 fpe), \text{ para un } f'c = 420 \text{ kg/cm}^2, \text{ donde: } - - - - -$$

$f'c$  varía entre 400 y 500 kg/cm<sup>2</sup> (En kg/cm<sup>2</sup>)

$AC$  es el área de la sección en contacto con el estrato resistente. (En cm<sup>2</sup>)

$fpe$  es el esfuerzo de presfuerzo efectivo aplicado a la sección (En kg/cm<sup>2</sup>)

$N$  capacidad de carga en kg.

Ejemplo: Para la sección rectangular se tiene

Datos:  $AC = 1406 \text{ cm}^2$

$f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$

Presfuerzo: 6 torones de 1/2"Ø;  $a = 0.9871 \text{ cm}^2$  (área de acero de un torón de 1/2")

$fpe = 19027.5 \text{ kg/cm}^2$  (Grado 270).

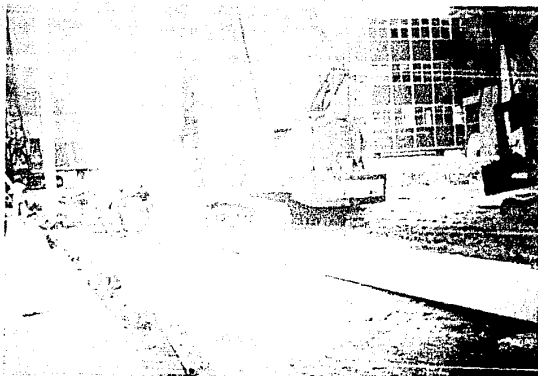
Se considera que el presfuerzo efectivo asume una distribución uniforme de cables, resultando esto en un presfuerzo axial, uniforme y sin excentricidades. Así mismo para secciones cuya área sea  $\leq 1000 \text{ cm}^2$  el presfuerzo efectivo de cada cable es del orden del 60% del esfuerzo de presfuerzo último ( $fpu$ ).

Para secciones con área  $> 1000 \text{ cm}^2$  se considera un 70%.

$$fpe = \frac{6 \text{ torones} \times 19027.5 \text{ kg/cm}^2 \times 0.9871 \text{ cm}^2}{1406 \text{ cm}^2} \times 0.7 = 56.11 \text{ kg/cm}^2$$

FIG. II.74

PROCEDIMIENTO DE HINCADO DE PILOTES DE FRICCION DE SECCION CUADRADA.



Entonces:

$$N = \frac{Ac}{2} (0.73 f'c - 0.59 fpe)$$

$$N = \frac{1406}{2} [ 0.73 (420) - 0.59 (56.11) ]$$

$$N = 192,257 \text{ kg.} \approx 132 \text{ Ton.}$$

Como puede deducirse de la tabla comparativa, existen pilotes que convienen usarlos como pilotes de punta o de control (sección cuadrada, octagonal y circular) y los otros como pilotes de fricción (sección triangular, "H" e "I").

## 2.7 DURMIENTES DE CONCRETO

### 2.7.1 INTRODUCCION

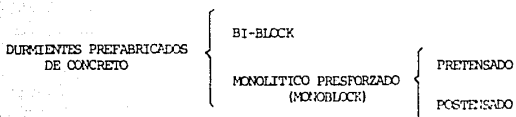
Debido a la escasez de madera en México por la tala inmoderada de bosques y ante la perspectiva de importar ya sea las maderas especializadas para fabricar piezas, o el durmiente de madera ya terminado, se instituyó en el país tanto para el programa de renovación de vías férreas como para la construcción de nuevas vías, el uso de durmientes prefabricados de concreto.

El durmiente de concreto ofrece las siguientes ventajas respecto del durmiente de madera.

- Los recursos que se necesitan para fabricarlos son fáciles de conseguir. Esto es que el cemento, grava, arena, acero de presfuerzo y/o refuerzo pueden ser suministrados por proveedores nacionales.
- La vida útil del durmiente rebasa los 30 años debido a su alta resistencia a los agentes de intemperismo (lluvia, viento, erosión, desgaste, etc.) y a la gran calidad que se logra al producirlos en una planta especializada.
- Su mantenimiento se reduce a la limpieza en las zonas de anclaje con el riel y la reubicación en la vía, mientras que para el durmiente de madera además es necesario curarlo en forma frecuente con aceite quemado para evitar que la madera se pudra, seque o incendie.
- El concreto con el que se fabrica es de muy alta calidad y resistencia, siendo el f'c variable entre 500 y 600 kg/cm<sup>2</sup> y sus revenimientos entre 0 y 2cm. según el diseño y la planta que los produzca.
- Resisten en su versión monoblock, una vía férrea electrificada en donde se corren velocidades de hasta 140 km/hr. (para Carra Cooper E-72).
- En el aspecto económico su costo es apenas un 25% mayor que un durmiente de madera, pero se evita la fuga de divisas, se obtiene mayor vida útil y menos mantenimiento.
- Su variedad en el mercado permite la obtención del durmiente óptimo para los diferentes sistemas de transporte ferroviario.

Ahora bien, los durmientes prefabricados de concreto se clasifican según la carga que van a soportar misma que se determina de acuerdo a la vía férrea en la que se va a circular. Cabe aclarar que el sistema ferroviario mexicano utiliza para sus servicios máquinas sumamente pesadas.

En base a lo anterior podemos obtener la siguiente clasificación:



El durmiente Bi-block es utilizado generalmente para vías con máquinas ligeras corriendo a velocidades cercanas a 80 km/hr. como lo es el Sistema de Transporte Colectivo "METRO" de la Ciudad de México o para vías férreas cuyas máquinas pesadas no excedan velocidades promedio de 50 km/hr. Cabe aclarar que existe un durmiente bi-block que ofrece la resistencia necesaria para soportar la carga Cooper E-72 pero como se diseña con acero de refuerzo ordinario resulta una sección sumamente reforzada y consecuentemente excedida en costo.

Actualmente el Sistema Ferroviario Mexicano a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y de Ferrocarriles Nacionales de México está promoviendo el uso de Durmientes Monolíticos Presforzados gracias a las características que estos presentan: (fig. 1)

- 1) Pueden utilizarse para vías férreas de alta velocidad con máquinas pesadas.
- 2) Pueden adecuarse a cualquier carga y velocidad de operación según las necesidades de la vía.

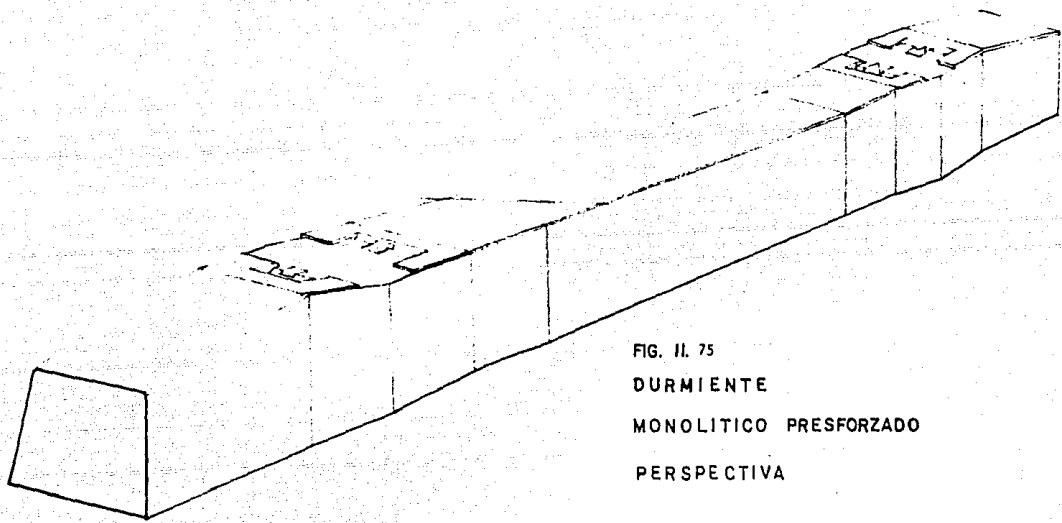


FIG. II. 75  
DURMIENTE  
MONOLITICO PRESFORZADO  
PERSPECTIVA

La guerra de 1940 a 1945 debía dar a este asunto un impulso definitivo. El tradicional durmiente de madera escaseaba por falta de materias primas y las administrativas ferroviarias que se habían contentado casi siempre con fomentar, aunque tímidamente, las iniciativas privadas, sintieron ante la urgencia del problema, la necesidad imperiosa de encontrarle una solución.

Esta búsqueda, ya facilitada por la experiencia adquirida, iba además a aprovechar el progreso técnico considerable alcanzado en el campo del concreto: perfeccionamiento de métodos científicos de determinación, dosificaciones, aplicación de la vibración, permitiendo la utilización de concretos de alta calidad y, también; el nacimiento de un nuevo proceso de construcción, el concreto presforzado, utilizando mejor las características de este material.

Todas estas circunstancias aceleraron las investigaciones y suscitaron, en la mayor parte de los países del continente y en Gran Bretaña, la aparición de diversos sistemas de durmientes de concreto.

Su función primordial en la vía es soportar los dos rieles que la forman los cuales son sujetos al durmiente por medio de los diversos tiros de fijación que se conocen, que pueden ser: clavo simple, clavo elástico, terno, etc., a su vez el durmiente transmite los esfuerzos dinámicos que las cargas de los trenes originan sobre el riel, al balasto y a los terraplenes de la vía.

En resumen se puede decir que las características principales que debe reunir un durmiente, son las siguientes:

- Máxima vida útil
- Resistir los esfuerzos dinámicos producidos por el tráfico de trenes.
- Proporcionar correcta sujeción al riel con el menor costo de conservación.



Anteriormente para la fabricación de durmientes se seleccionaban maderas tipo coníferas y latifoliadas entre otras, dando preferencia al pino, porque es la especie que más abunda y se elabora más fácilmente. Sus propiedades físicas y mecánicas varían de acuerdo con la región. Por lo que respecta a las latifoliadas, su variedad que es de más de 100 especies, permite seleccionarlas en tal forma que se obtienen durmientes de magnífica calidad tanto de encino como de maderas duras y semiduras tropicales.

La vida útil de un durmiente de madera para ferrocarriles en nuestro país es variable, pues depende de la zona del país y de la propia conservación de la superestructura de la vía. Se ha aceptado que en la zona norte es de 20 a 25 años y en la zona sur, de clima tropical, es de 10 a 15 años. La causas principales que originan la destrucción de un durmiente de madera son:

- Pudrición
- Falla por desgaste mecánico
- Por haberse rajado la madera

Para conocer cuales eran los durmientes cuyo estado físico exigían su reposición, se realizaba un recuento en toda la red de ferrocarriles, incluyendo -- vías principales, vías secundarias y patios, revisando cada uno de los durmientes que estuviesen colocados en dichas vías, considerando un promedio de 2,000 piezas por kilómetro de vía, lo que equivale a 50,000,000 de piezas instaladas en 25,000 km. de vías.

Una vez conocido el recuento de referencia para vías secundarias se procedía a sustituir las piezas defectuosas, eliminando los grupos de durmientes que no fueran útiles, sin hacer un cambio uniforme, sino renovando alternadamente dichas piezas a fin de evitar en lo posible se alterara el nivel de la vía.

Las piezas que se colocasen se debían espaciar y calzar convenientemente, dando el escantillón correcto, colocando las placas bien escuadradas y ajustando los clavos, anclas y tornillos y complementando todos los accesorios que faltaran.

En los cambios de la vía principal se sustituyen los juegos de durmientes de cambio que estuviesen en peor estado, renovándolos totalmente y aprovechando las piezas útiles de cada juego en los cambios de las vías secundarias.

En nuestro país debido a las vedas establecidas desde hace años en algunos de los estados de mayor producción de durmientes, los ferrocarriles han confrontado el problema de no contar con suficientes durmientes para cubrir sus necesidades, por lo cual, al empezar el año de 1973, solo para los Ferrocarriles Nacionales de México había un déficit de 8,000,000 de durmientes, el cual se redujo en el lapso de 1973-1977, ya que al terminar 1977, existía un diferido de 4,800,000 durmientes aproximadamente.

### B A L A S T O

-----

El balasto es el material que se coloca sobre el lecho de la vía, o sea - entre la superficie de los terraplenes y la plataforma que forman los durmientes y los rieles. Su función principal es sostener la nivelación y el alineamiento de la vía y además, drenar las precipitaciones pluviales a las cunetas, a las alcantarillas y puentes que integran el sistema de drenaje de la vía.

La colocación correcta de la capa de balasto, proporciona un soporte firme y uniforme a los durmientes, distribuyéndose por igual a la presión de las cargas dinámicas y el empuje de los trenes. Del mismo modo, el balasto constituye - junto con los durmientes un lecho elástico para el apoyo de los rieles, contrarestando además, el desplazamiento longitudinal de los durmientes al proporcionar a éstos, una base firme debido a las aristas vivas del material. El balasto debe tener un espesor suficiente para repartir las cargas de manera uniforme a las terracerías, dependiendo el espesor de la capa de balasto, de la velocidad, peso y frecuencia de los trenes que transitan por la vía.

En la República Mexicana, el espesor de balasto varía de 10cm. a 30cm. -- utilizándose diversos tipos de material tales como: piedra triturada (caliza, balasto), grava de río, escoria de fundición. En promedio se colocan 1,250 metros cúbicos de balasto por kilómetro de vía.

Para descargar balasto se prepara la cama de la vía, ampliando el terraplen o corte si es necesario para recibir el material, aprovechando hasta donde sea posible el material existente.

Siendo el balasto la base de un buen drenaje de la vía y consecuentemente el soporte de la nivelación y alineamiento de los durmientes y rieles, se recomienda eliminar todo el material que esté contaminado arriba del lecho de los durmientes antes de distribuir el balasto nuevo para completar la sección reglamentaria.

Cuando se ejecutan trabajos de rebalastado a veces es preferible elevar el nivel de la rasante de la vía sobre el balasto viejo si se ha conservado limpio o si es susceptible a limpiarse con biellos. A continuación se procede al calzado de la vía que puede ejecutarse con máquinas especiales o bien con herramientas manuales, levantando la vía de acuerdo con la densidad de tráfico que registre la línea o ramal de que se trate.

En los Ferrocarriles Nacionales de México se realizan periódicamente estudios de los espesores de balasto existentes y de los volúmenes faltantes, para programar los trabajos de reposición del material contaminado que ya no cumple con las especificaciones respectivas, como parte de las obras de rehabilitación o de conservación, con el fin de obtener vías perfectamente niveladas.

## R I E L E S

El riel es una barra recta perfilada de acero laminado que se utiliza en dos hilos paralelos para sustentar y guiar el equipo ferroviario. Su sección actualizada es la de una "T" invertida a cuyo diseño se ha llegado a través de años de experiencia mundial y tomando en cuenta todos los factores dinámicos que afectan a la vía, como son: El cubecce y balanceo de las locomotoras y equipo. El diseño de los rieles se ha generado como consecuencia de las fallas encontradas en los diseños anteriores, al aumento de las cargas por eje de las locomotoras y a las velocidades de los trenes que en algunos países han llegado a superar los 300 kilómetros por hora.

La denominación del riel se obtiene a partir del diseño de su sección y peso por unidad de longitud, ya que un riel de 80 lbs., ASCE, quiere decir que pesa 80 libras por yarda y que fué diseñado por la American Society Civil Engineers.

Las partes principales del riel son: hongos, peralte, alma y base o patín. Los rieles están unidos entre sí por medio de planchuelas, tornillos, tuercas y roldanas y se fijan a los durmientes según el tipo de vía, es decir, clavo en la vía estandar que se complementa con anclas para evitar el deslizamiento de los rieles y tirafondo o perno y demás fijaciones en vía elástica con riel soldado.

Los rieles de las vías principales son objeto de inspecciones frecuentes para observar aquellas señales que indiquen fallas que pongan en peligro el tráfico de trenes relevándose las piezas defectuosas.

Las inspecciones por lo regular son visuales, sin embargo, periódicamente se revisan los rieles por un carro detector de fallas internas que los localiza por medio de una corriente electromagnética, evitando de este modo que los rieles puedan romperse al paso de los trenes. Respecto al desgaste exterior del hongo de los rieles, éstos se conservan intercambiárvolos de las curvas donde es mayor el frenado, a las tangentes y viceversa. Consecuentemente un riel debidamente conservado puede cumplir su vida útil que se estima entre 250 millones y 300 millones de toneladas brutas, según las experiencias internacionales. Sin embargo, los rieles se dañan frecuentemente, por ejemplo, en las fuertes pendientes por patinamiento de las locomotoras al arranque o frenaje de los trenes, en las curvas, por el desgaste lateral del riel exterior o bien por aplanamiento y deformación del riel interior, por efecto de las fuerzas centrípetas y centrífugas que actúan en los vehículos en movimiento.

Uno de los problemas más importantes que se confrontan con los rieles es debido al desgaste en los hongos en la zona de las juntas donde se colocan las planchuelas, debido al impacto de las cargas rodantes. Este problema se agudiza en vías donde se mantiene debidamente la plataforma que los soporta o sean los durmientes y balasto, sin embargo, ramurándose y biselándose el riel oportunamente y por último recurriendo al revestimiento con soldadura en la superficie de las cabezas de los rieles, se logra incrementar su vida útil. A veces se recurre

al corte de las puntas dañadas (aproximadamente 30 cm, de largo) para continuar - utilizando el riel en vías de menor importancia y de menor tráfico. Una buena so- lución es cortar las puntas defectuosas y soldar los rieles en tramos de 2, 4 o - más rieles para eliminar un fuerte porcentaje de juntas.

Por lo anterior, al programarse un cambio de riel se toman en cuenta los siguientes justificantes:

a) Necesidad de instalar riel de mayor calibre al existente en una línea, el cual se requiere para soportar locomotoras de mayor peso así como ma- yores cargas por eje del equipo que se usa.

b) Que el riel se haya desgastado al grado que su estado físico no preste seguridad al tráfico de trenes pesados,

c) Que el riel se encuentre quemado, corrugado, doblado, desalineado, - - aconchado, mellado, o con cualquier daño por el servicio, que lo haga ina- decuado para el tráfico a las velocidades deseadas, o bien, que debido a sus condiciones físicas, resulte antieconómico mantenerlo en su localiza- ción actual.

d) Que el riel tenga numerosas fallas que represente un peligro potencial para la operación de trenes.

e) Que los hongos de los rieles en la zona de las juntas se encuentren -- agrietados y desgastados hasta el punto que el mantenimiento que se pro- porcione a las juntas (Revestimiento, ranurado, biselado) no sea el apro- piado.

f) Que debido a una o más de las anomalías antes citadas, obligue a - establecer restricciones permanentes a las velocidades oficiales, afecta- do negativamente la operación de trenes y aumentando los costos de explo- tación.

LONGITUD DE LA RED DE FERROCARRIL MUNDIAL EN  
1982 - 1983

---

EUROPA:	LÍNEA FERROCARRIL (KM)
Albania	228
Austria	6,409
Bélgica	3,920
Bulgaria	4,273
Chipre	
Checoslovaquia	13,142
Dinamarca	2,461
Eire	1,987
Finlandia	6,090
Francia	34,108
Alemania del Este	14,231
Alemania del Oeste	31,340
Grecia	2,479
Hungría	7,823
Islandia	
Italia	16,146
Luxemburgo	270
Malta	
Holanda	2,850
Noruega	4,242
Polonia	24,348
Portugal	3,611
Rumania	11,125
España	13,572
Suecia	12,366
Suiza	5,060
Turquía	8,360
Reino Unido	17,568
URSS	171,412
Yugoslavia	9,389

AMERICA:	LINEA FERROCARRIL ( '000 KM)
Argentina	40.0
Bahamas	
Belice	
Bolivia	3.8
Brasil	30.1
Canadá	85.0
Chile	8.2
Colombia	3.7
Costa Rica	0.7
Cuba	14.8
República Dominicana	1.0
Ecuador	1.0
El Salvador	0.6
Granada	
Guadalupe	
Guatemala	0.8
Haití	
Honduras	1.0
Jamaica	0.3
Martinica	
México	25.0
Antillas Holandesas	
Nicaragua	0.2
Panamá	0.6
Paraguay	0.4
Perú	2.7
Puerto Rico	0.1
Surinam	0.1
Trinidad y Tobago	
Uruguay	3.0
Estados Unidos de América	600.0
Venezuela	0.1

LEJANO ORIENTE Y OCEANIA	LINEA FERROCARRIL ('000 KM)
Afganistán	
Australia	41.8
Bangladesh	29.0
Bután	
Birmania	3.2
China	50.0
Fidji	0.7
Polinesia Francesa	
Guam	
Hong Kong	0.1
India	61.2
Indonesia	6.4
Japón	32.5
Kampuchea	1.6
Corea del Norte	4.4
Corea del Sur	6.0
Laos	
Macao	
Malasia	1.7
Nepal	0.1
Nueva Caledonia	
Nueva Zelanda	4.4
Pakistan	12.5
Papua Nueva Guinea	
Filipinas	1.0
Samoa	
Singapur	0.1
Islas Salomón	
Sri Lanka	1.5
Taiwan	3.0
Tailandia	3.8
Vietnam	3.2



MEDIO ORIENTE Y  
AFRICA:

LINEA FERROCARRIL  
( '000 KM)

Argelia	3.9
Angola	3.8
Bahrein	3.0
Benin	0.6
Botswana	0.7
Burundi	
Camerún	1.2
Cabo Verde	
República Central Africana	
Chad	
Comoros	
Congo	0.5
Djibouti	0.1
Egipto	4.3
Guinea Ecuatorial	
Etiopía	0.8
Gabon	0.3
Ghana	0.9
Guinea	0.7
Guinea-Bissau	
Irán	4.5
Irak	2.0
Israel	0.6
Costa Marfil	1.2
Jordania	
Kenia	2.7
Kuwait	
Libano	0.4
Lesoto	
Liberia	0.1
Libia	
Madagascar	0.9

MEDIO ORIENTE Y  
AFRICA:

LINEA FERROCARRIL  
( '000 KM)

Malawi	0.8
Maldivas	
Mali	0.6
Mauritania	0.7
Mauricio	
Marruecos	1.8
Mozambique	3.8
Niger	
Nigeria	3.5
Oman	
Katar	
Reunión	
Ruanda	
Arabia Saudita	0.6
Senegal	1.0
Sierra Leona	0.1
Somalia	
Africa del Sur	23.6
Sudán	4.8
Suazilandia	0.3
Siria	2.9
Tanzania	2.6
Togo	0.5
Túnez	2.2
Uganda	1.3
Emiratos Arabes Unidos	
Alto Volta	1.7
Yemen	
Yemen del Sur	
Zaire	5.2
Zambia	12.0
Zimbawe	3.4

VARIACION DE LA LONGITUD DE LA RED DE FERROCARRIL EN AMERICA LATINA , 1970 - 1981 (KM)

PAIS	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
ARGENTINA	39,905	39,787	39,779	36,996	34,393	34,350	34,077	34,172
BOLIVIA	3,284	3,269	3,269	3,373	3,473	3,473	3,328	3,628
BRAZIL	30,445	29,788	29,277	28,756	28,972	29,061	28,671	28,310
CHILE	6,475 <sup>a</sup>	6,606	6,378	6,372	6,366	6,365	6,302	6,300
COLOMBIA	3,436	3,431	3,403	3,403	2,884	3,403	3,403	3,403
CUBA	5,286	5,342	5,342	4,214	4,382	4,382	4,382	4,382
ECUADOR	--	1,008	990	990	965	965	965	965
EL SALVADOR	620	161	602	602	602	602	602	602
GUATEMALA	--	775	775	775	775	927	927	927
HONDURAS	--	--	--	205	205	205	205	205
MEXICO	19,868	19,960	19,441	19,999	20,000	20,031	20,058	19,953
NICARAGUA	318	320	320	345	345	345	345	345
PARAGUAY <sup>1</sup>	441	441	441	441	441	441	441	441
PERU	2,242	1,875	1,875	1,875	1,875	1,882	2,099	2,159
URUGUAY	2,975	2,975	2,988	2,998	2,988	3,005	3,005	3,005
VENEZUELA <sup>2</sup>	226	226	264	284	264	268	268	268
AMERICA LATINA <sup>3</sup>	115,521	115,964	115,144	111,618	108,940	109,705	109,496	109,183

1. Solamente la vía férrea " CARLOS A. LOPEZ "

2. Excluyendo los 145 km. de vía de la Compañía "Orinoco Mining"

3. No incluye a Costa-Rica, República Dominicana, Haití y Panamá.

### 2.7.3 MODELOS CARACTERISTICOS DE DURMIENTES DE CONCRETO

Todas estas investigaciones, ensayos y experiencias dieron origen a tres tipos de durmientes de concreto,

- . que responden cada uno a una concepción original y característica,
- . tendiendo los tres a vincular resistencia y flexibilidad,
- . y habiendo llegado a buenos resultados.

Ellos son:

- 1) El durmiente monolítico de Concreto Presforzado consistente en una viga de hormigón cuya precompresión está asegurada, sea por un cierto número de alambres tendidos, que transmiten sus esfuerzos por adherencia, o sea por la puesta en tensión de barras ancladas en sus extremos; este tipo fué aplicado con algunas variantes en muchos países, tales como - Gran Bretaña, Alemania, Francia y últimamente Bélgica.

FIG. 2

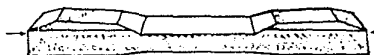
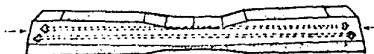
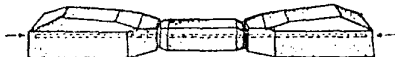


FIG. 3



- 2) EL DURMIENTE BELGA FRANKI-BACON, cuya gran flexibilidad se obtiene de una manera original por asociación del presfuerzo y de los elementos intercalados de bajo módulo de elasticidad, colocados entre los dos bloques y el travesaño de concreto armado que lo constituyen.

FIG. 4



- 3) EL DURMIENTE FRANCÉS R.S., en el cual la elasticidad ha sido conseguida vinculando dos bloques extremos de concreto armado mediante un perfil de acero duro que desempeña el papel de travesaño y de elemento flexible y asegurado al mismo tiempo la fijación del riel.

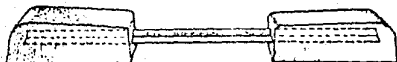


FIG. 5

A continuación se examinan las realizaciones llevadas a cabo en distintos países europeos. Se describen en forma más detallada los tres tipos de durmientes citados en mérito a su comportamiento.

Existen actualmente en este país dos tipos de durmientes de concreto fabricados en serie.

- . el durmiente mixto de acero y concreto derivado del sistema Vagneux es el durmiente perfeccionado por M. Sonneville, ingeniero de la S.N.C.F. (abreviado, durmiente R.S.);
- . el durmiente presforzado S.N.C.F. - Vallette-Weinbert (abreviado, - durmiente V.W.)

La situación general se presenta en la forma siguiente: sobre un consumo anual de 4,500,000 unidades, la S.N.C.F. encarga por año alrededor de 620,000 durmientes de concreto, de los cuales 500,000 son del tipo R.S. y 120,000 del tipo V.W.

#### El Durmiente R.S.

El durmiente Vagneux, está constituido esencialmente por dos bloques de hormigón armado de 72X29X22cm., vinculados por un travesaño metálico (fig. La armadura de los bloques consisten en una capa superior y otra inferior, completada por un zunchado; las barras utilizadas tienen un diámetro de 8 y 5mm. Su objeto es solidarizar los bloques con el travesaño y de zunchar el concreto alrededor de este último. Un durmiente R.S. escantillón de vía de 1435mm. pesa alrededor de 180 kg. repartidos en 22 kg. de acero y unos 75 litros de concreto.

La experiencia adquirida en 20 años de servicio del durmiente Vagneux, ha sido completamente aprovechada, incorporándole una serie de mejoras.

El travesaño es de acero de calidad para riel, obtenido la más de las veces por relaminación de rieles de uso; esta le confiere la ventaja de una reducida oxidación y de una elevación del límite de elasticidad con relación al acero dulce, utilizado anteriormente.

Por otra parte, su sección se asemeja a una "Y" de brazos curvos, elegida por sus óptimas condiciones de resistencia y elasticidad, evitándose además la acumulación de agua que tenía lugar en las alas de la vigueta del durmiente Vagneux.

Por último, este perfil tiene un espesor reforzado de 8mm. en vez de los 3.5mm. anteriores.

La fabricación del durmiente R.S. tiene la ventaja de ser muy simple. El concreto de granulometría continua 0/40mm. y de 350 kg. de cemento por m<sup>3</sup>, se vierte en los moldes donde previamente se han colocado las armaduras y el travesaño metálico.

Después de la vibración se desmolda inmediatamente, dando vuelta el molde, y éste puede en seguida volver a emplearse. El durmiente se deposita durante 24 horas en los tinglados de fabricación; en seguida es apilado y rociado durante su endurecimiento.

También puede utilizarse otra alternativa en esta etapa del proceso, enviando los durmientes a una cámara de curado a vapor, a fin de acelerar la resistencia del elemento. La S.N.C.F. emprendió la construcción de un gran número de fábricas de producción limitada, repartidas geográficamente según los planes de renovación de vías; actualmente existen 6 con una capacidad total de producción de 1,500,000 durmientes por año.

Los primeros durmientes R.S. están actualmente en servicio después de más de 14 años y la observación de su comportamiento ha dado resultados concluyentes; además de su perfecto estado, han permitido, según los informes de los regionales de la S.N.C.F., una reducción muy sensible en los gastos de conservación de los tramos de vía en los que fueron colocados.

Parece que la forma discontinua del durmiente confiere una estabilidad particular a la vía; al estar compuesto de 2 bloques separados por un simple travesaño, presenta de esta manera 4 caras que constituyen otros tantos apoyos transversales sobre el balasto.

El éxito del durmiente R.S. en Francia ha sobrepasado ampliamente sus fronteras; además de Bélgica y de Holanda (de los que trataremos más adelante), empresas ferroviarias de otros países han decidido equipar parte de sus redes con durmiente; así en 1977 más de 150,000 durmientes R.S. fueron colocados en Argelia, y otros 600,000 se fabricaron en España y 50,000 en Italia.

Por ese mismo año los ferrocarriles federales suizos encargaron a título de ensaye 7,000 durmientes. Este país ya los ha utilizado con rieles soldados, de gran longitud, correspondientes a su línea más rápida (125 km/h) de la red entre Ginebra y Lausana.

Señalaremos, por último, la utilización de estos durmientes en Dinamarca y Africa del Sur.

Es interesante hacer notar que en todos estos países, los durmientes - - R.S. son fabricados en el lugar por la industria local, aún cuando no se trate -- más que de la ejecución de unos millares para ensaye.

La simplicidad de su proceso de fabricación permite adaptarlo a las condiciones locales, utilizando para las producciones reducidas, las instalaciones - existentes para otros elementos prefabricados de concreto.

El durmiente R.S. se fabrica igualmente para escantillon de vía angosta (lm. 6'3"6"), empleándose en gran escala en Túnez y las colonias francesas.



## EL DURMIENTE S.N.C.F.-V.W.

Dados los esfuerzos dinámicos repetidos a los cuales está sometido un -  
durmiente ferroviario, es natural que se haya pensado en el concreto presforzado  
para utilizar racionalmente todos los recursos de este nuevo método constructivo.  
A la par de otros países, el de Freyssinet no podía dejar de emprender y proseguir  
el perfeccionamiento del durmiente de concreto presforzado.

Al igual que en el caso del concreto armado, durante el período compren-  
dido entre ambas guerras, este perfeccionamiento se efectuó por etapas que seña-  
lamos brevemente.

- \* El durmiente S.T.U.P., cuya precompresión se obtiene mediante alambres  
dispuestos en forma de "8"; se compone de 2 medios durmientes separados,  
durante el moldeo, por una junta, y la puesta en tensión se realiza --  
después del endurecimiento del concreto por separación de ambos trozos;
- \* El durmiente S.C.O.P. La precompresión se obtiene por la adherencia -  
de alambres rectos puestos en tensión y aflojados después del endure-  
cimiento del concreto.

Se prosiguieron las investigaciones dando origen al durmiente S.N.C.F.-  
Valette-Weinberg.

He aquí sus características de un peso de 150 kg. y de una longitud de  
2.30m. tiene sección trapecial, cuya base mayor es de 25cm. y la menor es de unos  
20cm., variando un poco con el peralte; éste es de 147 mm., en correspondencia --  
con los rieles, disminuyendo a 95 mm. en la parte media. La armadura está forma-  
da por 16 alambres de acero de presfuerzo de 5mm., cuya resistencia a la ruptura  
es de 140 kg/mm<sup>2</sup> y su límite elástico, de 105 kg/mm<sup>2</sup>.



FIG. 7 DURMIENTE DE CONCRETO PRESFORZADO

Los durmientes S.N.C.F.-V.W. se fabrica alineados sobre mesas de presfuerzo, cuya longitud permite ejecutar 10 unidades simultáneamente.

Los alambres se cortan de una longitud doble a la de la línea de 10 durmientes; se repliegan sobre sí mismos a la mitad de su longitud para formar bucles, que en número de 8 constituyen la armadura principal de presfuerzo, ejecutándose el tensado de los alambres por sólo los extremos de las mesas.

Cerca de los extremos de cada durmiente, los alambres se unen de a dos mediante un zunchado en su extremidad (B) y por armaduras transversales en forma de U (C) que las atraviesan y constituyen el anclaje en el concreto; 4 varillas de acero ordinario (D) completan la armadura del durmiente.

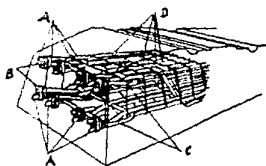


FIG. 8 DETALLE DEL ARMADO DEL DURMIENTE V.W.

La colocación del concreto en los 10 moldes se efectúa por vibración en la mesa; inmediatamente se someten los durmientes a un curado a vapor de 70° durante 8 horas, al cabo de las cuales se aflojan los alambres y se los corta en los espacios entre durmientes. Algunas horas después, los durmientes se transcortan a los patios de almacenamiento.

En lo que concierne a la fijación del riel al concreto, se ha recurrido al mismo método empleado antes de la guerra para el durmiente tipo Vagnoux y que dió resultados satisfactorios (fig. 9). Consiste en embutir en el concreto la guarnición Thiollier (a) en que se atornilla el perno rosado (b), cuya extremidad lleva la tuerca (c), que ajusta la grapa (d) proliamente dicha.

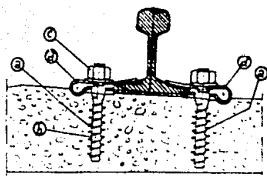


FIG. 9 FIJACION ELASTICA DEL RIEL SOBRE EL DURMIENTE V.W.

El durmiente S.N.C.F.-V.W. también presentó imperfecciones con el uso; de vez en vez en los casos en que el durmiente debe soportar choques importantes, debido a defectos de juntas o de superficie del riel, aparecían en su cara superior fisuras paralelas al riel, debajo del mismo o en sus proximidades.

La explicación de estas fisuras, propuestas por la S.N.C.F. y deducida además de las investigaciones, es la siguiente: el durmiente de concreto presforzado, fué calculado considerando únicamente el momento producido, en cada uno de sus extremos, por el riel con su carga concentrada y por las reacciones que transmite el balasto a la cara inferior del concreto; por esto el esfuerzo de presfuerzo originado en el durmiente tenía una gran excentricidad, destinada a resistir lo más económicamente posible este momento flexionante.

Ahora bien, como consecuencia de las investigaciones realizadas, se ha comprobado que en el instante del crecimiento brusco de la carga se producen momentos de signo contrario, debido a las fuerzas de inercia y casi tan elevados como el momento originado por la carga. Este doble esfuerzo, al cual está sometido el durmiente, se agrava por fenómenos vibratorios que se suran y son el resultado, principalmente, del estado de la superficie del riel y de la velocidad de los trenes; se crea así en el durmiente, al pasaje de cada rueda, un gran número de deformaciones alternadas de alta frecuencia y de considerable aceleración que provocan la fisuración por fenómenos de fatiga. Esta comprobación condujo recientemente a modificar el durmiente S.N.C.F.-V.W. aumentando el esfuerzo de presfuerzo de 32 a un poco más de 40 t. y reduciendo muy sensiblemente la excentricidad de este esfuerzo. Este último modelo actualmente se fabrica a razón de 120,000 unidades por año; todo permite suponer que en esta forma se ha superado el período de perfeccionamiento de esta técnica.

Antes de finalizar lo relativo a durmientes franceses, se examinarán dos puntos en el capítulo 4 del presente trabajo y que interesan tanto al durmiente --biblock como al presforzado.

También en este país coincidió la última guerra con los comienzos del desarrollo definitivo del durmiente de concreto. En efecto, hace aproximadamente cuarenta años los ferrocarriles alemanes comenzaron las primeras realizaciones en este campo. Sus estudios y ensayos se orientaron hacia el problema del durmiente de concreto presforzado. Este período de desarrollo y mejoramiento permitió la elaboración progresiva de sus modelos y los autorizó en 1949 a pasar a la etapa de la producción en masa.

En base a sus favorables experiencias, la cantidad de durmientes de concreto presforzado aumentó a partir de ese momento en forma continua hasta alcanzar a fines de 1953 la cifra de 2,100,000 durmientes colocados en 1,400 km. de vía. La opinión de las autoridades del "Deutsche Bundesbahn" (D.B.B.) sobre su comportamiento es a tal punto favorable, que para 1954 se previó sobre un total de 3.2 mill. durmientes, reservar aproximadamente un tercio, es decir, 1,000,000 para los de concreto presforzado.

Por otra parte, es interesante hacer notar que los durmientes de concreto se colocan casi exclusivamente en vías principales (fig. 11) de tráfico pesado y muy intenso y para las vías en curva en aquellos casos en que el radio no sea inferior a 300m.

Entre los diversos tipos de durmientes, todos ellos cubiertos por patentes a nombre de la firma Dyckerhoff & Widmann, el que se utiliza más comúnmente y que se destina a líneas principales de tráfico pesado y en vías de curvatura es el modelo B53.

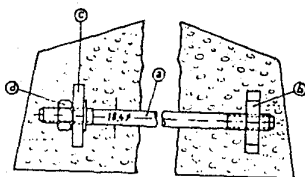


FIG. 10. DETALLES DEL ARMADO DEL DURMIENTE

B 53

Pesa aproximadamente 230 kg. y tiene 2.30m. de longitud. Su sección es trapecial con bases de 140mm. y 170mm., un peralte de 195mm. debajo de los rieles y de 120mm. en su parte media. El presfuerzo (sistema Karig), queda asegurado mediante dos barras de acero de calidad St 55/85 de 18.6mm. de diámetro que absorben un esfuerzo de 13 t. cada una, que corresponde a una tensión en el acero del orden de 40 kg/mm<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta los fenómenos de contracción y fluencia, el esfuerzo de presfuerzo transmitido al concreto alcanza por lo menos 24 t.

Desde el punto de vista de la aislación eléctrica, los ferrocarriles alemanes aseguran que, teniendo en cuenta las exigencias de la señalación, se obtiene con estos durmientes una aislación óhmica suficiente.

Aparte del durmiente B53, los establecimientos Dyckerhoff & Widmann han perfeccionado en colaboración con los D.B.B. otros tipos de durmientes de concreto presforzado más livianos, destinados principalmente a vías secundarias y a empalmes. Se descuenta también el poder emplearlos en tramos rectos o de poca curvatura (radios superiores a 800m.) de vías principales. Como diferencia principal con respecto al durmiente B53, todos estos nuevos modelos no llevan más que una sola barra de precompresión.

En un principio, se construyeron en tres piezas (tipo B15): dos bloques extremos y una pieza intermedia, vinculados entre sí por efecto del postensado. Actualmente se fabrican en una sola pieza, armada con una barra de 20.5mm. sometida a un esfuerzo de presfuerzo de 16t.; su peso de aproximadamente 200 kg. (tipos B16 y B17).

Su precio es aproximadamente del 15 al 20% inferior al de los durmientes B53.

#### FABRICACION

Al igual que en Francia, la fabricación de estos durmientes se reparte geográficamente sobre su territorio entre varias plantas de importancia variable, y en las que la producción individual oscila entre 100,000 y 400,000 unidades anuales

La fabricación propiamente dicha consta de las operaciones clásicas: - colocación en los moldes ya engrasados de los armados y de los demás accesorios -- que deben quedar embutidos en el durmiente; colado del concreto y compactación del mismo en una mesa vibratoria, desmoldeo inmediato, endurecimiento acelerado por - circulación a través de una cámara de vapor en la que los durmientes son sometidos a una temperatura de alrededor de 60° en una atmósfera saturada. Conviene insistir en la ventaja que significa el desmoldeo inmediato; esto ha sido posible obtener por el hecho que el esfuerzo de presfuerzo no se transmite por adherencia de - los alambres extendidos antes de la fabricación, sino por postensado de las barras que se transmite por anclaje de los extremos al concreto ya endurecido.

El presfuerzo se efectúa de la manera siguiente (fig. 10): las armaduras (a) tienen sus dos extremos roscados a los que se atornillan, en uno de ellos una simple placa de anclaje (b) ahogada en el concreto y que sirve como base de apoyo, y en el otro extremo una tuerca (d) que apoya sobre una arandela deslizante (c), y que es accesible luego de colado el durmiente.

Esta operación se efectúa en tres etapas: una ligera tensión antes que los durmientes salgan del local de fabricación, a efectos de permitir el manejo sin riesgos hasta su estiba; una primera precompresión hasta la carga nominal luego de un mes de almacenamiento, seguida por una segunda a la cual se agregan diez semanas, que compensa las pérdidas instantáneas y que reduce enormemente las diferidas. Hacemos notar que el gato hidráulico de presfuerzo permite el control simultáneo de la deformación del acero y de la magnitud del esfuerzo aplicado; esto es mediante dispositivos de lectura simultánea de alargamiento y presión aplicada (cinta métrica y manómetros).

#### Durmientes de Concreto Presforzado para Vías de Tranvías

El éxito notable del durmiente ferroviario de concreto presforzado incitó naturalmente a algunas sociedades de explotación de líneas vecinales a orientarse en el mismo sentido. Resulta interesante citar el ejemplo de la red tranviaria de la ciudad de Munich que, a título de ensayo, colocó primeramente en sus vías un lote de 5,000 durmientes. Se trataba de durmientes en concreto presforzado de sección trapezoidal uniforme de 2.20m. de longitud y 140 kg. de peso. El presfuerzo se asegura en base a la adherencia de 10 alambres ovalados; además están reforzados por estribos de acero ordinario. Los resultados de este ensayo, fueron muy satisfactorios. Si bien los costos iniciales de instalación de estos durmientes sobrepasan al de los durmientes de madera, resultaron más económicos, vista la vida útil que se obtuvo en el experimento.

#### 2.7.3.3 BELGICA

##### DURMIENTE FRANKI-BACON

Este durmiente inventado por el Ing. A Bacon y perfeccionado y fabricado por la S.A. des Pieux Franki consta de dos bloques (a) y de un travesaño (b) de concreto reforzado entre los cuales se colocan elementos intercalares (c) de un módulo de elasticidad inferior al del concreto (fig. 12). Las cinco piezas -- (bloques, travesaño y elementos intercalares) se vinculan mediante la precompresión que se consigue por un cable (d) de 8 alambres de acero de alto límite de elasticidad (calidad normal utilizada para el concreto presforzado) y de 5mm. de diámetro. Este cable está anclado en los extremos del durmiente y transmite al concreto un esfuerzo de 15 toneladas.

La característica original del durmiente Franki Bacon obtenido por asociación del alambre tendido y los elementos intercalares de bajo módulo de elasticidad, colocados entre los bloques y el travesaño, le permite reunir dos cualidades aparentemente contradictorias: la estabilidad en estado estático, en el cual se comporta como un durmiente monolítico, y la deformabilidad en servicio, en el que evidencia una marcada flexibilidad.

Esta deformidad perfectamente elástica le es conferida por el presfuerzo y por los intercalares que forman juntos la flexión. El valor del presfuerzo y la dimensión de los intercalares han sido calculados por vía experimental con vistas a conferir al durmiente Franki-Bacon una deformabilidad óptima, alrededor del doble de la correspondiente a un durmiente de madera.

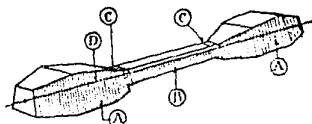


FIG. 12 PERSPECTIVA DEL DURMIENTE FRANKI-BACON



Desde este punto de vista, el comportamiento del durmiente Franki-Bagon fué puesto en evidencia por medio de una máquina de ensayos creada por los Laboratorios de Ingeniería Civil de la Universidad de Lieja. El durmiente se fija rígidamente por un extremo, mientras el otro es sometido mediante una excéntrica a esfuerzos alternados en forma de provocar oscilaciones cuya amplitud sea del orden de 15mm. Se obtiene así un verdadero castigo del durmiente.

Su mayor o menor resistencia a este ensayo, constituye la prueba de su deformabilidad. El durmiente Franki-Bagon no presentó ningún signo de fatiga después de 25,000,000 de flexiones alternadas.

La fabricación del durmiente Franki-Bagon ha sido cuidadosamente estudiada desde todo punto de vista.

El sistema de fabricación resulta simplificado ya que el durmiente se descompone en tres elementos, cuyo menor peso facilita su elaboración en serie.

Para fabricar los bloques se emplea la vibración combinada con compresión superficial por medio de aire comprimido.

El desmoldeo se efectúa inmediatamente después de realizada la vibración de manera que el número de moldes se reduce a un mínimo y el costo de la instalación para la fabricación de los durmientes Franki-Bagon es relativamente bajo. Después de 3 días de endurecimiento, los durmientes se amaran mediante la procompresión y se transportan de la planta de fabricación al patio de almacenamiento.

De acuerdo a las instrucciones de su constructor, el concreto es del tipo de granulometría discontinua, estudiando según el método de Faury, y se compone de grava triturada, arena del Rhin y cemento portland de alta resistencia, en proporción de 450 kg/m<sup>3</sup>. La calidad del concreto se controla sistemáticamente por ensayos de resistencia a la compresión.

Esta resistencia es del orden de los 400 kg/cm<sup>2</sup> a las 24 hrs., sobrepasando frecuentemente los 600 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

## DUMBIENTE DUYCK

Este modelo de durmiente en concreto presforzado es construido por los establecimientos Duyck, de Harelbeke. De un peso de alrededor de 225 kg., su longitud es de 2.30m. y su sección trapezoidal con un peralte de 17cm en correspondencia con los rieles y 12cm. en su parte media. La armadura está compuesta por 22 alambres corrugados de 5mm. de diámetro tensados a 95 kg/mm<sup>2</sup> y dispuestos simétricamente respecto de su sección transversal; el esfuerzo de presfuerzo transmitido al concreto es del orden de 43 toneladas.

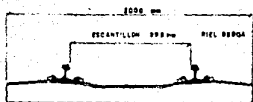
Este durmiente se fabrica de la manera clásica, es decir, en líneas sobre mesas de gran longitud. Después de 4 días de endurecimiento la resistencia del hormigón a la compresión alcanza 400 kg/cm<sup>2</sup> y los alambres pueden ser cortados; el durmiente completa luego su endurecimiento en la playa de almacenamiento. El proceso de corte puede reducirse en forma importante, mediante el suministro de un curado a vapor, transmitiéndose este, a través de tuberías especiales que mediante válvulas distribuidas a lo largo de la línea, proporcionan el vapor adecuadamente y a temperaturas superiores a los 70° C. De esta forma el corte de los alambres de presfuerzo se puede efectuar a las 14 horas de haberse terminado el colado de la producción correspondiente.

### 2.7.3.4 C A N A D A - I N G L A T E R P A

El proceso anterior es el que utiliza la firma COSTAIN CONCRETE CO. de patente inglesa, a través de las plantas que actualmente tienen distribuidas en varios continentes, entre los cuales podemos señalar: CANADA, IRAK y ESCOCIA.

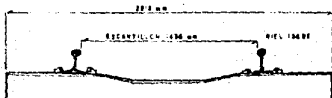
Solo la planta canadiense ubicada en Edmonton, Alberta, es capaz de producir 390,000 durmientes por año, distribuyendo esta producción entre los 6 modelos típicos de diseño propio, los cuales cumplen con las especificaciones particulares de Diseño (existe un modelo que satisface los requerimientos que impone el manual AREA para vías férreas).

A continuación presentaremos gráficamente las diferencias que existen entre los modelos que fabrica dicha planta (fig. 13).

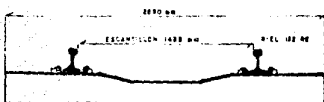


PESO:

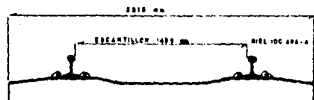
190 kg. Este es un diseño desarrollado para vías férreas de Asia que adaptan a un escantillón de vía de 998mm.



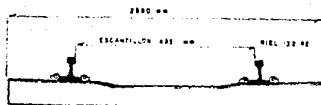
285 kg. Este es el durmiente que actualmente se usa en las vías férreas canadienses (CN Rail), el cual fué precedido por un durmiente de diseño inglés. En este se han suministrado más de 2 millones de piezas.



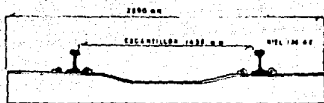
360 kg. Este durmiente es manufacturado para escuelas de gran carga y para instalaciones de brucha.



284 kg. Este durmiente ha sido utilizado por el sistema de Tren Ligero de Calgary, Canada con la diferencia de que la parte del riel es vertical y el escantillón puede ajustarse en  $\pm 6$ mm.



CC297 334kg. Estos durmientes se desarrollan para cumplir especificaciones de Norte América, mismos que han sido instalados en las vías de SANTA FE, CHESSIE, QUEBEC y LABRADOR.  
CC244 328kg.



353 kg. Este durmiente con propiedades similares al modelo CC 297, satisface por completo los últimos requerimientos del Manual AREA (American Rail Engineering As.) al cual pueden adaptarse varios sistemas de sujeción.

FIG. II.76

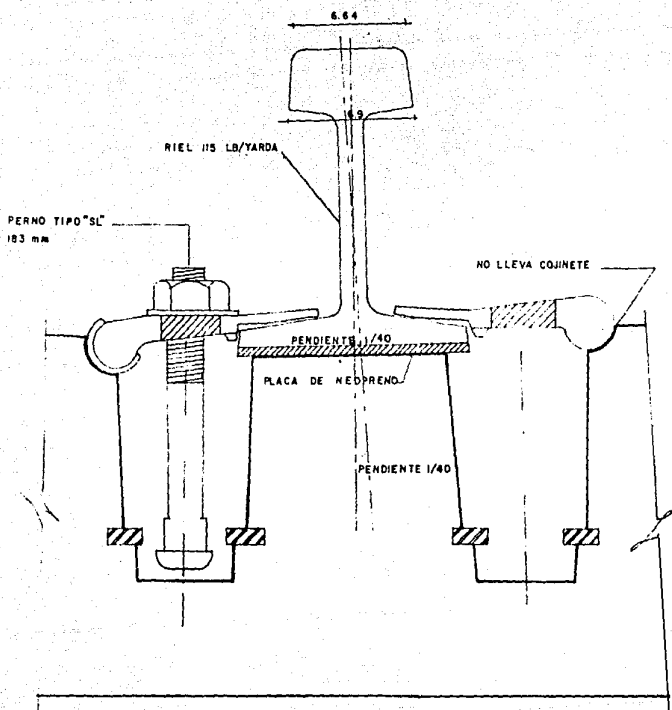


FIG. 11. 77

DETALLE DE FIJACION DEL RIEL

### 2.7.3.5 MEXICO

Para Ferrocarriles Nacionales de México, se fabrican durmientes monolíticos de dos dimensiones diferentes. Uno para vías primarias y el otro para ramales o vías secundarias. Ambos se diseñan para la carga Cooper E-60 pero con factores de impacto y velocidad diferentes, tal que deben resistir sin agrietarse un momento flexionante positivo en el asiento del riel de 250 ton. cm. (durmiente tipo "B") y 175 ton. cm. (durmiente tipo "A") respectivamente. Es obvio que el durmiente "B" para resistir un mayor momento flexionante debe tener mayores dimensiones y por lo tanto mayor peso que el durmiente "A".

De esta forma las especificaciones que Ferrocarriles Nacionales de México tiene para el diseño de estos durmientes se pueden sintetizar así:

- 1) Ambos durmientes deben acoplarse a un molde 115 lb/yd., con fijación elástica FN, perno de anclaje SL y cojinete semicilíndrico. (fig. 14, 18, 19, 20).
- 2) La modalidad de presfuerzo utilizada para estos durmientes es la del postensado. Sin embargo actualmente se está analizando la alternativa pretensada ya que ofrece una mayor productividad y una sección más eficiente, ya que el presfuerzo se transmite por adherencia a todo lo largo del durmiente, mientras que el durmiente postensado la transferencia se realiza solamente en los extremos del elemento.

#### 3) MATERIALES

3.1 El cemento deberá ser portland tipo III de alta y rápida resistencia, de acuerdo a las normas A.S.T.M.

3.2 El agregado fino, deberá ser natural o producto de trituración de biendo de estar exento de arcillas, limos y materia orgánica.

3.3 El agregado grueso, será de 38mm. de tamaño máximo, producto de trituración de piedra con una densidad superior a 2.6, con alta resistencia a la compresión y exento de arcilla, limos y materia orgánica.

3.4 El agua que se emplee en la elaboración del concreto deberá ser limpia, exenta de sales solubles y contaminantes, comparable con la potable.

#### 4. CONCRETO.

4.1 El concreto deberá de tener revenimiento 0 y una resistencia mínima a la compresión de 600 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y a la tensión por flexión - de 65 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, de acuerdo a la prueba de cubo de 20cm. x 20 cm. x 20cm. y de 10cm. x 15cm. x 70 cm. respectivamente.

4.2 El curado de concreto, deberá efectuarse mediante vapor húmedo a -- presión ambiental que permita acelerar la resistencia del concreto antes de aplicar la carga de preesfuerzo que no será menor de 450 kg/cm<sup>2</sup> en -- prueba de cubo de 20cm. x 20cm. x 20cm.

4.3 La mezcla deberá de ser plástica y manejable para que al vibrarse - y compactarse no queden vacíos ni porosidades.

#### 5. MORTERO Y LECHADA

5.1 El mortero para sellar los ductos de anclaje de postensado, deberá de tener una resistencia mínima a la compresión de 300 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 - días, de acuerdo a la prueba de cubo de 5cm. x 5cm. x 5cm.

5.2 La lechada de inyección utilizada en el durmiente de concreto pos- tensado deberá tener una fluidez adecuada para evitar la formación de -- burbujas y una resistencia mínima a la compresión de 250 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días en cilindros de 5cm. x 10cm. y a la tensión por flexión de 65 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días en prismas de 4cm. x 4cm. x 16cm.

#### 6. ACERO DE PREEFUERZO PARA EL POSTENSADO

6.1 El acero usado deberá tener un límite de fluencia mínimo de 14,000 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la ruptura no menor de 16,000 kg/cm<sup>2</sup>, con un alargamiento mínimo en tensión de 6%, observando en los durmientes mode- lo "A" que la carga mínima de preesfuerzo inicial no será menor de 30 ton. y para modelo "B" la carga mínima de preesfuerzo inicial no será menor - de 35 ton.

## 7. DIMENSIONES

7.1 El largo nominal del durmiente de concreto tipo "A" y tipo "B", será de 2,400mm.

7.2 El ancho mínimo del durmiente de concreto tipo "A" y tipo "B", será de 150mm.

7.3 La altura mínima del durmiente de concreto tipo "A" y tipo "B" será de 150mm.

7.4 El durmiente de concreto será fabricado para una vía con escanti--llón de 1,435mm.

7.5 El peso máximo del durmiente de concreto tipo "A", deberá ser de 250 kg y 280 kg. el tipo "B".

7.6 La distancia entre ejes de asiento de riel será de 1,511mm. para el tipo "A" y el tipo "B".

7.7 Las dimensiones para radio externo e interno de cubetas, deberán de ser de 18.0mm. y 15.0mm. respectivamente para el tipo "A" y el tipo "B".

7.8 La distancia entre ejes de cubetas de apoyo para fijación elástica externas e internas, deberán de ser de 1,785mm. y 1,239mm. respectivamente tanto para el tipo "A" y tipo "B".

7.9 La distancia entre ejes de cubetas de apoyo para fijación elástica de una misma cabeza del durmiente será de 274.0mm. para el tipo "A" y el tipo "B".

## 8. TOLERANCIAS DE FABRICACION

8.1 En el largo nominal del durmiente de concreto tipo "A" y tipo "B", serán + 10mm. 6 - 3mm.

8.2 En el ancho nominal del durmiente de concreto tipo "A" y tipo "B", será de  $\pm$  5mm.



8.3 En la altura del durmiente de concreto tipo "A" y tipo "B", será de  $\pm 5\text{mm}$ .

8.4 Entre ejes de cubetas de apoyo de la fijación elástica  $\pm 2\text{mm}$ .

8.5 Entre ejes de cubetas de apoyo de la fijación elástica en un mismo lado del durmiente  $\pm 1.0\text{mm}$ .

8.6 En el radio de las cubetas deberá ser  $\pm 1.0\text{mm}$ .

8.7 En el largo de las cubetas de los asientos del cojinete  $+ 2\text{mm}$ .  $6 - 1\text{mm}$ .

8.8 En dimensiones transversales de las chimeneas para el perno de anclaje  $+ 1\text{mm}$ .  $6 - 2\text{mm}$ .

8.9 El asiento del riel deberá tener una inclinación de 1 en 40  $\pm 5$  - hacia el centro del durmiente.

8.10 El asiento del riel deberá ser una superficie plana y lisa con una tolerancia de  $\pm 1.0\text{mm}$ .

8.11 Los anclajes de postensado no saldrán fuera de los extremos del durmiente y se cubrirán con mortero.

8.12 Para la colocación del acero de preesfuerzo deberá ser de  $\pm 1.5\text{mm}$ .

8.13 Entre ejes de asiento de riel, deberá ser  $\pm 2\text{mm}$ . en el tipo "A" y en el tipo "B".

## 9. ACABADO

9.1 Las superficies superior y laterales del durmiente, deberán presentar un aspecto liso y uniforme con mínimo de porosidades. Las aristas de las caras superiores del durmiente deberán estar perfiladas y exentas de salientes o despostilladuras.

9.2 El durmiente deberá llevar aplicada una mano de impermeabilizante en sus caras extremas.

10. PRUEBAS DE ACEPTACION PARA EL DURMIENTE TIPO "A" Y TIPO "B".

10.1 Ferrocarriles Nacionales de México para efecto de pruebas físicas de aceptación del durmiente, de un lote previamente seleccionado no menor de 10 escogerá 4 piezas, las cuales serán sometidas a examen para determinar si cumplen con los requisitos especificados, por lo que se refiere a materiales, dimensiones, tolerancias y acabados, de ser así, se tomarán dos de las cuatro para ser sometidas a las siguientes pruebas.

10.2 Para la prueba de Carga Vertical en el Asiento de Riel se ejecutará en uno de ellos que se designará como asiento A. Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura I, una carga aumentando a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, se aplicará hasta que la carga (P) produzca un momento negativo en el asiento del riel de 95 ton-cm. para el durmiente tipo "A" y 125 ton-cm. para el durmiente tipo "B". Esta carga se mantendrá por no menos de 3 minutos, durante los cuales se hará una inspección para determinar si ocurre agrietamiento. De manera semejante el durmiente será apoyado y cargado como se ve en la figura II para producir un momento positivo del asiento de riel de nominado A de 175 ton-cm. para durmiente tipo "A" y 250 ton-cm. para durmiente tipo "B". Se harán observaciones a ojo desnudo, si no aparece ningún agrietamiento los requisitos de cada parte de esta prueba se habrán cumplido. Esta prueba deberá de repetirse en el otro asiento del riel y se denominará como asiento B.

10.3 Prueba de Momento de Flexión Negativo en el centro de durmiente. Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura III, se aplicará una carga aumentando a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, hasta producir un momento negativo de 160 ton-cm. para durmiente tipo "A" y 190 ton-cm. para durmiente tipo "B". Esta carga se mantendrá por no menos de 3 minutos, durante los cuales se hará una inspección para determinar si ocurre agrietamiento, se harán observaciones a ojo desnudo, si no aparece ningún agrietamiento los requisitos de esta

prueba se habrán cumplido.

10.4 Prueba de Momento de Flexión Positivo en el centro del durmiente. Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura IV, se aplicará una carga aumentando a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto hasta producir un momento positivo de 80 ton-cm. para durmiente Tipo "A" y 115 ton-cm. para durmiente tipo "B", esta carga se mantendrá por no menos de 3 minutos, durante los cuales se hará una inspección para determinar si ocurre agrietamiento, se harán observaciones a ojo desnudo, si no aparece ningún agrietamiento, los requisitos de esta prueba se habrán cumplido.

10.5 Prueba de Desarrollo de Adherencia, Anclaje y Postensado y Carga Última. Se efectuará en asiento de riel "A" y "B". El durmiente se -- probará como sigue: con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura II, con una carga aumentando a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto se aplicará hasta que:

a) Si el agrietamiento inicial ocurre a o sobre 1.1P, se aplicará una -- carga total de 1.5P. La carga P será la determinada en la prueba de carga vertical en asiento de riel para momento positivo.

b) Si el agrietamiento inicial ocurre bajo 1.1P, será aplicada una carga total de 1.75P.

Si el durmiente puede soportar esta carga por un período no menor de 5 - minutos, los requisitos de esta prueba se habrán cumplido.

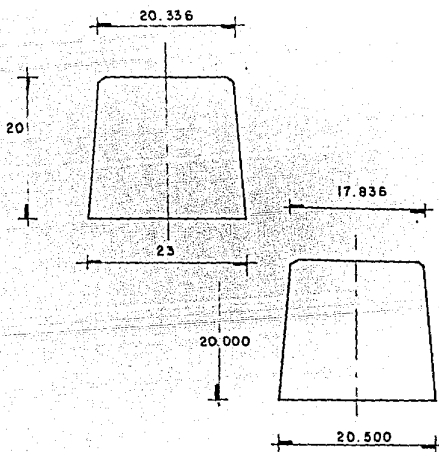
10.6 Prueba de Anclaje de la Fijación para determinar la habilidad para resistir la tensión que le transmite el perno y la capacidad del durmiente para soportar los esfuerzos flexionantes negativos bajo el patín del riel, esta prueba se efectuará en cada anclaje de acuerdo como se muestra en la figura V, aplicando una carga axial de 5.45 ton. y sosteniéndola -- por no menos de 3 minutos durante los cuales se efectuará una inspección a ojo desnudo para determinar si hay alguna falla en el anclaje o cualquier agrietamiento en el concreto. Si ocurren tales fallas los requisitos de esta prueba no se habrán cumplido.

Como ya se explicó al principio de este inciso, siendo una de las ventajas de los durmientes de concreto, la variedad existente en el mercado, es posible cubrir la demanda actual de estos elementos computando todos los modelos que existen, ya que cada fabricante ofrece su versión, ya sea a través de una patente extranjera o por diseño propio, siempre cumpliendo con las especificaciones marcadas por las distintas dependencias que consumen dichos productos.

Para diseñar un durmiente monolítico de concreto presforzado es conveniente transportar a un programa de computadora, todas las condiciones de prueba a las que estará sujeto dicho durmiente, y así por medio de tanteos e iteraciones en el programa puede llegarse a obtener la sección óptima.

Ejemplo de esto, son las versiones pretensadas que para el durmiente tipo A y B de Ferrocarriles Nacionales de México se obtuvieron a través de un programa, y cuyas dimensiones generales se presentan a continuación:

FIG. II.78 DURMIENTES MONOLÍTICOS PRESFORZADOS TIPO A Y B VERSION PRETENSADA.



VOLUMEN:

Peso: 260 kg.

Presfuerzo: 13 al. 7mm. Ø

Concreto:  $f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$

VOLUMEN:

Peso: 235.6 kg.

Presfuerzo: 10 al. 7mm. Ø

Concreto:  $f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$

Ferrocarriles Nacionales de México (F.N.M.) no es la única dependencia -- que requiere el uso de durmientes de concreto. Actualmente, y gracias a la cons-- trucción de nuevas vías, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través de su Dirección General de Vías Férreas ha puesto en marcha un programa para la adqui-- sición de durmientes monolíticos de concreto presforzado que cubra su demanda, en un principio para la vía férrea electrificada "México-Querétaro", cuya caracterís-- tica primordial es el uso de máquinas pesadas corriendo a velocidades de hasta 140 K.P.H.

Como puede deducirse, las especificaciones de diseño y prueba para los -- durmientes de este tipo de vía son más estrictas que las propuestas por F.N.M., -- siendo las principales modificaciones:

1) Los durmientes deberán satisfacer la carga Cooper E-72 del Manual Area debiendose utilizar un factor de distribución de 0.51 para un espaciamiento de durmientes de 60cm. centro a centro y un factor de impacto y velocidad de 2.50, por lo que la carga mínima de diseño por eje será de 41.7 ton. y de 20.8 ton. por riel (incluidos los efectos antes mencionados).

2) La modalidad de presfuerzo utilizada podrá ser el Postensado o el Pre-- tensado de acuerdo a la versión que proponga el fabricante.

### 3) MATERIALES

3.1 El agregado grueso será de 38mm de diámetro, con un contenido de material triturado superior al cincuenta por ciento (50%) del total -- utilizado.

3.2 El agua que se emplee en la elaboración del concreto deberá estar limpia, exenta de sales solubles y contaminantes o sustancias perjudi-- ciales y su contenido de iones de cloruro no será mayor de 400 P.P.M.

3.3 Con previa autorización de la secretaría, se podrán emplear aditi-- vos y puzolanas para el concreto, que estén exentos de cloruros, que -- cumplan con los requisitos indicados en las cláusulas 8.8 y 8.10 del -- Tomo VIII de las Normas de Construcción de la SCT

#### 4) CONCRETO

4.1 La resistencia mínima a la compresión a los 28 días en probetas cilíndricas será de 490 kg/cm<sup>2</sup> o de 612 kg/cm<sup>2</sup> en probetas cúbicas. La resistencia mínima a la compresión en probetas cilíndricas será de -- 350 kg/cm<sup>2</sup> para efectuar el tensado en durmientes presforzados.

#### 5) DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

5.1 La longitud nominal de durmientes de concreto no será menor a 226cm. ni más de 290 cm. La tolerancia de construcción en la longitud de proyecto será de + 13mm. ó - 3mm.

5.2 El ancho mínimo del durmiente será de 20cm. en su parte inferior y - de 15cm. en su parte superior. El ancho máximo no excederá de 33cm

5.3 La altura mínima en cualquier sección será de 15cm y la máxima de - 25cm. La tolerancia de construcción será de + 6mm. ó - 3mm

5.4 Los durmientes serán construidos para un escantillón de vía de 1.435 metros. Las tolerancias de construcción serán las siguientes:

5.4.1 Entre ejes de las cubetas de apoyo de las muelles elásticas - + 1.6mm.

5.4.2 Entre ejes de las cubetas de apoyo de las muelles elásticas - en una misma cabeza del durmiente + 0.5mm.

5.4.3 Radio de las cubetas + 0.5mm. y - 0mm.

5.5 El asiento del riel será una superficie plana y lisa con una tolerancia de + 0.8mm.

5.6 El recubrimiento mínimo libre para barras de presfuerzo y para varillas de refuerzo será de 2 0cm., o un diámetro de la varilla para diámetros mayores al No. 6.

5.7. La tolerancia para la colocación del acero de refuerzo será de  $\pm 3$  mm. y en caso de acero de presfuerzo será de  $\pm 1.5$  mm.

## 6. PRUEBAS DE ACEPTACION DEL PROYECTO

- 6.1.1 Prueba de Carga Vertical en Asiento del Riel. Se ejecutará en un asiento de riel que se designará como asiento A. Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura I, una carga aumentada a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto, se aplicará hasta que la carga (P) produzca un momento negativo en el asiento del riel de 132.5 toneladas-centímetro. Esta carga se mantendrá por no menos de 3 minutos, durante los cuales se hará una inspección para determinar si ocurre agrietamiento. De manera semejante el durmiente será apoyado y cargado como se ve en la figura II para producir un momento positivo del asiento de riel (A) de 253.5 toneladas-centímetro. Una lupa de 5 potencias, iluminada se usará para localizar grietas. Si no ocurre ningún agrietamiento los requisitos de cada parte de esta prueba se habrán cumplido.
- 6.1.2 Prueba de Momento de Flexión Negativo. Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura III, se aplicará una carga aumentada a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto hasta producir un momento negativo de 253.5 toneladas-centímetro. Esta carga se mantendrá por no menos de 3 minutos, durante los cuales se hará una inspección para determinar si ocurre agrietamiento. Una lupa iluminada de 5 potencias se usará para localizar las grietas. Si no ocurre agrietamiento los requisitos de esta prueba se habrán cumplido. Para el diseño de un durmiente de ancho variable de mayor a menor del exterior al centro, el momento podrá reducirse en un 10% pero no será menor de 173 toneladas-centímetro.
- 6.1.3 Prueba de Momento de Flexión Positivo. Con el durmiente apoyado y cargado como se muestra en la figura IV, se aplicará una carga aumentada a un promedio no mayor de 2.2 toneladas por minuto hasta producir un momento positivo de 103.7 toneladas-centímetro. Esta carga se mantendrá por no menos de 3 minutos, durante los cuales se hará una inspección para determinar si ocurre agrietamiento. Una lupa iluminada de 5 potencias se usará para localizar las grietas. Si no ocurre agrietamiento, los requisitos de esta prueba se habrán cumplido. Para el diseño de un durmiente

de ancho variable de mayor a menor del exterior al centro, el momento se incrementará en un 10%.

6.1.4 Prueba de Carga Vertical en Asiento de Riel. Se ejecutará en el otro asiento de riel que se denominará asiento B. La prueba será de acuerdo con lo establecido en 6.1.1.

6.2 Para el durmiente " 2 "

6.2.1 Prueba de Fijación de Inserto. Se efectuará en los cuatro insertos.

A. Insertos de tipo con rosca.

Para determinar la habilidad de insertos de rosca, para resistir la tensión del tornillo y la habilidad del asiento de riel de concreto para soportar cualquier carga diferencial vertical entre el riel y el durmiente de concreto, la siguiente prueba se efectuará en cada inserto como se muestra en la figura V. Una carga axial de 5.45 toneladas será aplicada a cada inserto separadamente y sostenida por no menos de 3 minutos, durante los cuales se efectuará una inspección para determinar si hay algún deslizamiento del inserto o cualquier agrietamiento en el concreto. Si ocurren tales fallas, los requisitos de esta prueba no se habrán cumplido. Una vez terminada las pruebas anteriores satisfactoriamente, la siguiente prueba se efectuará en cada inserto de sujeción del riel para determinar su habilidad para resistir un momento de torsión alrededor del eje longitudinal del inserto. Un tornillo de alta resistencia y del diámetro apropiado para el inserto que se va a probar, que tenga un largo de rosca de 2.86 cm., se atornillará en el inserto y se aplicará un momento torsionante de 34.6 kg-m. El momento torsionante se mantendrá por no menos de 3 minutos. Si el inserto resiste el momento torsionante sin rotación, agrietamiento del concreto o deformación permanente, el inserto habrá pasado la prueba.

B. Otros Insertos de Sujeción.

Otros insertos de sujeción se sujetarán a las mismas pruebas descritas anteriormente.



## 7. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA CONSTRUCCION

Durante la construcción de los durmientes se deben efectuar pruebas de control de calidad para asegurar un producto uniforme, de alta calidad.

7.1 Las siguientes pruebas de control de calidad de la construcción de durmientes se efectuarán antes de la entrega, en un durmiente elegido al azar de cada 200 durmientes o fracción producidos cada día:

7.1.1 La distancia del centro de vía a los asientos de riel se verificará, usando una plantilla con la configuración del asiento del riel y la localización de los insertos, verificándose cumplan lo establecido en el punto cinco (5) dimensiones y tolerancias.

7.1.2 Prueba de Carga Vertical del Asiento del Riel. Se realizará según lo establecido en el punto 6.1.1

7.1.3 Prueba de Fijación de Inserto. Se realizará en un inserto por durmiente, según lo establecido en el punto 6.2.1

7.1.4 Prueba de Desarrollo de Adhesión, Anclaje de Presfuerzo y de Carga Ultima. Se realizará según lo establecido en el punto 10.5.

7.2 En caso de cualquier durmiente probado falle en las pruebas del punto 7.1 a dos durmientes adicionales del mismo lote de 200 durmientes se les realizarán dichas pruebas. En caso de cualquiera de estos durmientes falle, el cien por ciento del lote será rechazado; si los dos durmientes pasan las pruebas, el lote será aceptado. Los durmientes de los lotes rechazados serán marcados con pintura en un lugar visible y quedan en propiedad del Contratista.

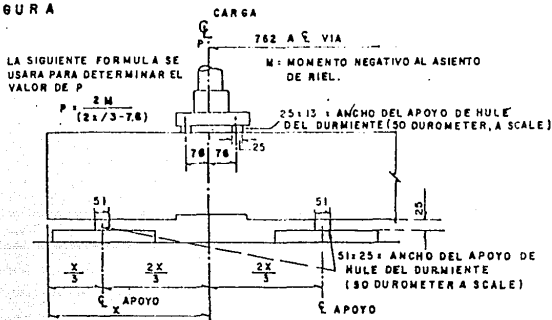
DURMIENTE CARACTERISTICAS	MONOBLOCK FFOC TIPO "A"	MONOBLOCK FFOC TIPO "B"	MONOBLOCK SCT - COOPER E-72
MODALIDAD PRESFUERZO	PRETENSADO	PRETENSADO	PRETENSADO
Peso (kg)	235.6	266.5	299.9
f'c Concreto (kg/cm <sup>2</sup> )	500.0	500.0	500.0
Longitud (cm)	240.0	240.0	250.0
Ancho Inferior Asiento Riel (cm)	20.5	23.0	28.0
Ancho Superior Asiento Riel (cm)	17.5	20.0	22.0
Peralte en Asiento Riel (cm)	22.524	22.524	23.524
Ancho Inferior al $Q_L$ (cm)	20.5	23.0	23.0
Ancho Superior al $Q_L$ (cm)	17.836	20.336	19.25
Peralte al $Q_L$ (cm)	20.0	20.0	21.0
Momento Positivo Asiento Riel (t.cm)	175	250	253.5
Momento Negativo Asiento Riel (t.cm)	95	125	132.5
Momento Flexión Positivo $Q_L$ (T.cm)	80	115	103.7
Momento Flexión Negativo $Q_L$ (T.cm)	160	190	253.5
P = Carga Actuante Asiento Riel (kg)	11725.3	16750.4	18594.2

CARGAS Y  
MOMENTOS DE  
DISEÑO

DIFERENCIAS ENTRE DURMIENTES DE CONCRETO SEGUN LA VIA Y ESPECIFICACION RESPECTIVA, DE CONSUMO NACIONAL Y PARA MANTENIMIENTO Y CONSERVACION DE VIAS FERREAS.

## DURMIENTES DE CONCRETO REFORZADO Y/O PRESFORZADO

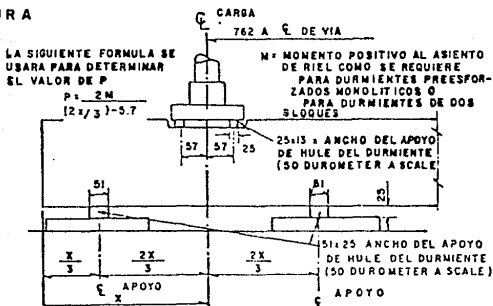
FIGURA



-ACOTACIONES EN MILIMETROS

PRUEBA DE MOMENTO NEGATIVO DE ASIENTO DE RIEL

FIGURA

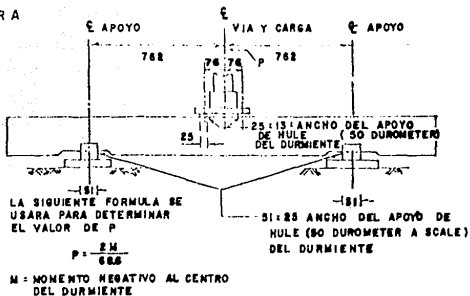


ACOTACIONES EN MILIMETROS

PRUEBA DE MOMENTO POSITIVO DE ASIENTO DE RIEL

DURMIENTES. DE CONCRETO REFORZADO y/o PRESFORZADO

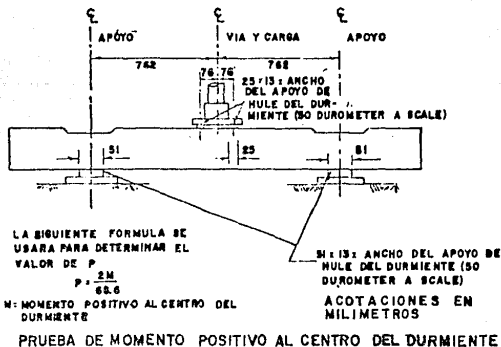
FIGURA



ACOTACIONES EN MILIMETROS

PRUEBA DE MOMENTO NEGATIVO AL CENTRO DEL DURMIENTE

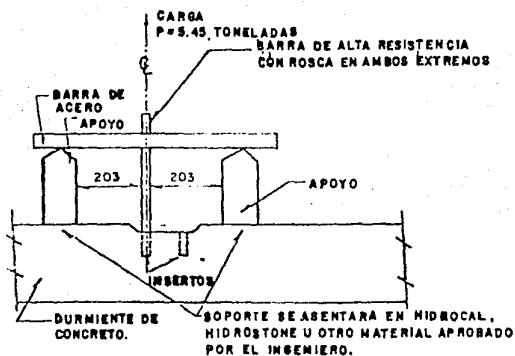
FIGURA



PRUEBA DE MOMENTO POSITIVO AL CENTRO DEL DURMIENTE

## DURMIENTES DE CONCRETO REFORZADO Y/O PRESFORZADO

FIGURA



## PRUEBA DE TIRON DE INSERTO

ACOTACIONES EN MILIMETROS

## 2.7.4 SISTEMAS DE FIJACION

### 2.7.4.1 Sistema Francés

La fijación elástica del riel sobre el durmiente se asegura por:

1o. Una grapa "R.N." (fig. 16) constituida por una lámina de acero al cromo-manganeso; esta lámina se repliega formando la rama superior (a) que aprieta el riel contra el durmiente y la inferior (b) que actúa como apoyo transversal del patín del riel.

Esta grapa se fija por el perno de cabeza de martillo del durmiente bi-block R.S. o por el perno roscado del durmiente presforzado V.N. (fig. 20 ).

La curva de la grapa apoya en una cavidad dispuesta convenientemente en el concreto. No obstante, en las vías en curva de radio inferior a 500m. esta cavidad se agranda para poder colocar en ella un cojinete de caucho (fig. 17) destinado a servir de apoyo contra los esfuerzos laterales transmitidos al concreto por la grapa. En México es común utilizar el cojinete semicilíndrico (fig. 19) a base de neopreno de dureza SHORE 70+5 cuyo radio de curvatura corresponda con la cavidad llamada cubeta dispuesta en el durmiente.

2o. Una plantilla (s) de caucho acanalado interpuesta entre el riel y el concreto, que reemplaza a la de madera utilizada antes de la guerra con los durmientes Vagneux y Orión; las acanaladuras tienen por objeto hacer trabajar uniformemente a toda la plantilla.

Los durmientes franceses de concreto y particularmente el R.S. fueron concebidos para este sistema de fijación del riel. En efecto, el carácter doblemente elástico de esta unión y la gran adherencia entre caucho y metal, conectan en forma flexible e íntima riel y durmiente, sin que el pasaje de los trenes pueda originar juego alguno.

El riel no puede por consiguiente desplazarse sobre el durmiente y el conjunto de la vía adquiere así una gran estabilidad.

Estas características y principalmente el amortiguamiento de las vibraciones, obtenido con el caucho y/o neopreno, ventaja particularmente apreciable para el concreto armado, contribuyen en forma efectiva a la buena conservación de

los durmientes y a su resistencia al tráfico más pesado y rápido. Explican por otra parte la audaz concepción de la S.N.F.C., que no ha vacilado en soldar --- grandes longitudes de rieles.

#### . La Aislación Eléctrica

Para poder emplear durmientes de concreto en líneas equipadas con circuitos de vía para señalización o en líneas a tracción eléctrica, donde se desea - prevenir contra los efectos de las corrientes telúricas de retorno, es necesario efectuar la aislación eléctrica de los rieles, con respecto al durmiente.

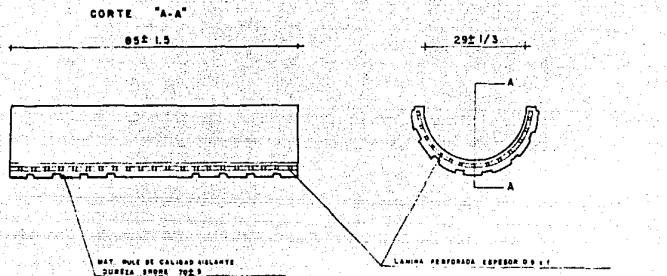
Esta aislación se obtiene actualmente por la colocación de una placa aislante entre la grapa R.N. y el patín del riel.

Las placas "Tecalemit" y más recientemente "Paulstra" garantizan una resistencia química muy superior a la obtenida en el durmiente de madera, sin que -- ello implique un gran aumento de costo.

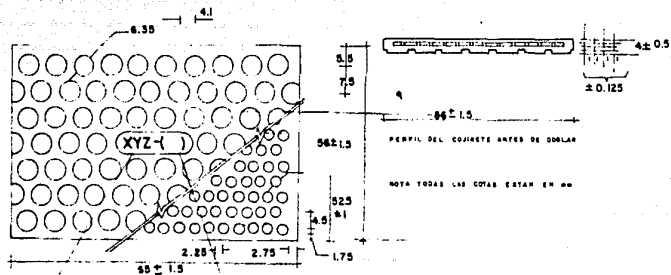
Si bien este problema fué resuelto de manera satisfactoria, es siempre objeto de profundos estudios con miras a hacer a estos dispositivos insensibles - al envejecimiento y al desgaste.







216



**FIG. 19**  
**COJINETE SEMICILINDRICO PARA DURMIENTES DE CONCRETO**

MARCA DEL FABRICANTE

LAS DE FABRICACION INDICADO CON LAS  
 DOS ULTIMAS BOLEAS CON NUM. ARABIGO

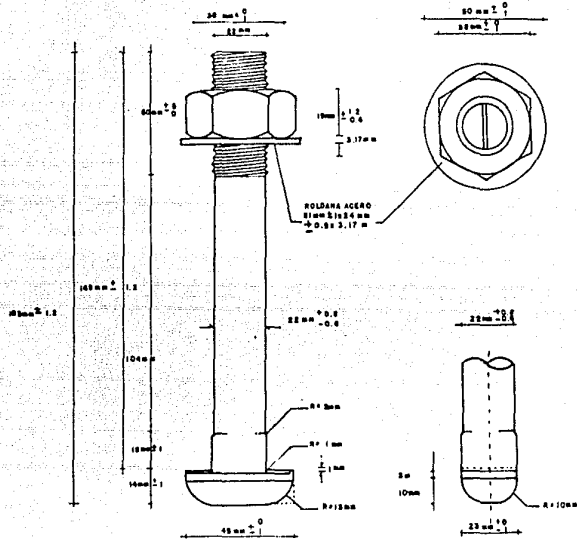
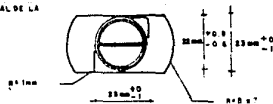


FIG. 20  
PERNO TIPO "SL" PARA  
DURMIENTE DE CONCRETO

TRAZO TESTIGO PARALELO  
AL EJE LONGITUDINAL DE LA  
CABEZA  $\pm 10^\circ$



#### 2.7.4.2 SISTEMA ALEMAN

La fijación del riel queda asegurada por pernos roscados (a), bastante similares a los utilizados en el durmiente Vagneux, mucho antes de la guerra, atornillados a taquetes de madera (b), embutidos previamente en el concreto (fig. 21) Estos pernos llevan en su extremo superior una tuerca (c) ajustada contra una grapa (d) que apoya por un lado sobre el patín del riel y por el otro sobre una pieza metálica (e) en forma de U, también embutida en el concreto.

Para evitar el aflojamiento, tanto el agujero previsto en la grapa para el paso del perno como el cuerpo de este último en dicha zona, son de sección cuadrada. La elasticidad de la unión queda asegurada por una lámina (f) de caucho o, en algunos casos, de madera de álamo, interpuesta entre el patín del riel y la superficie del concreto, así como también por una arandela Glover doble, intercalada entre la tuerca y la grapa.

En previsión que la duración de los taquetes de madera resulte menor que la del durmiente de concreto, no tanto como consecuencia de la putrefacción sino por desintegración por efecto de los elevados esfuerzos a que se encuentran sometidos, los ferrocarriles alemanes previeron y experimentaron la forma de proceder a un eventual reemplazo de los taquetes gastados por otros nuevos; estos, para facilidad de colocación se fabrican en dos piezas conectadas mediante un tañón de madera de forma cónica, que constituye, al introducirlo a presión hasta el fondo de la cavidad rellena parcialmente con grasa, una cuña de ajuste. Ensayos efectuados con estos taquetes de repuesto, han demostrado que éstos poseen una resistencia al arrancamiento comparable a la de los taquetes originales. Para las vías cuyo tráfico está particularmente recargado, el sistema de fijación descrito puede reforzarse por interposición entre el riel y el concreto de una placa metálica de apoyo semejante a las empleadas en Bélgica (fig. 22).

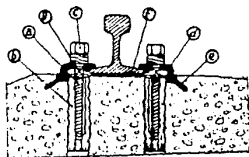


FIG. 21 FIJACION DEL RIEL SOBRE EL DURMIENTE B53. DISPOSICION SIN PLACA DE APOYO.

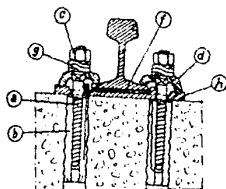


FIG. 22 FIJACION DEL RIEL SOBRE EL DURMIENTE B53. DISPOSICION CON PLACA METALICA DE APOYO.

### 2.7.4.3 SISTEMA CANADIENSE

Este, rompe con todos los sistemas tradicionales de fijación de riel. Esto es que substituye a pernos, grapas, roscas, cojinetes e insertos, por un sistema integral, cuya primera sección se deja ahogada en el concreto, que se denomina hombrera (fig. 23) cuyo vastago deforme asegura el correcto anclaje y adherencia con el concreto, al cual posteriormente se le añade un aislador --- (figs. 24 y 25) que da elasticidad a la fijación. Asimismo en el asiento del riel se coloca una placa de empate (fig. 26) hecha de polimeros especiales o de caucho tratado, tal que asegure la correcta distribución de las cargas que se transmiten al durmiente, lo cual se logra gracias a su configuración en forma de "H" que se adapta a sus hombreras correspondientes.

El vastago-hombrera es un diseño reciente hecho de hierro ya sea dúctil o maleable, dependiendo de las necesidades, el cual se acopla a un clip retén (fig. 27), que asegura una resistencia a la extracción de aproximadamente 24 ton.

Los aisladores se ofrecen en dos tipos:

- 1) Aislador GRN (fig. 24) utilizado para condiciones normales de servicio.
- 2) Aislador HD-10 (fig. 25) utilizado para tráfico pesado.

Ambos pueden fabricarse en nylon muy resistente y solamente el HD-10 también puede hacerse de hierro dúctil colado.

Este sistema, usado apropiadamente, asegura la fijación, y además --- ofrece un aislamiento eléctrico elevado para vías férreas que así lo requieran.

Se ilustra a continuación la forma de nivelar y fijar el riel en la vía, una vez colocados los durmientes.

Esta operación se realiza con dos herramientas diferentes: un nivelador y un fijador-extractor. Con el nivelador (fig. 28) se asegura la alineación del riel en la vía y nivela los durmientes que estén más bajo hasta que el riel empate con su asiento.

La segunda herramienta el fijador-extractor (fig. 29) simplemente es usada para instalar o remover el clip reten correspondiente.

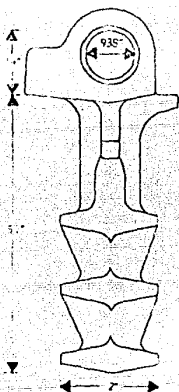
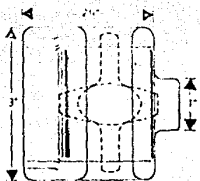


FIG. 23 VASTAGO-HOMBREIRA

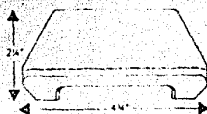


FIG. 24 Aislador tipo GFR

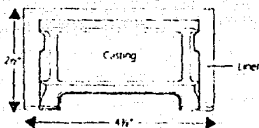


FIG. 25 Aislador tipo HD-10

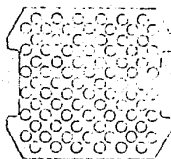


FIG. 26 Placa de Embate

FIG. 27 CILIP RETEN serie "E"

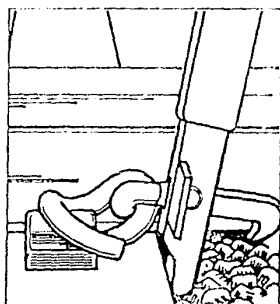
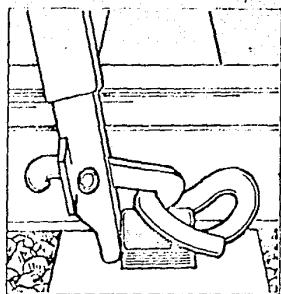
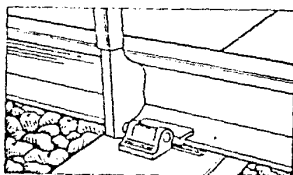
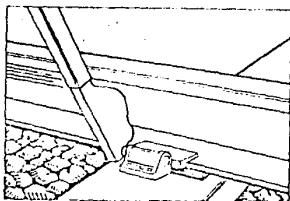
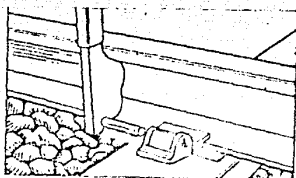
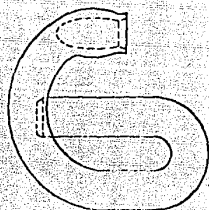


FIG. 28 NIVELADOR

FIG. 29 FIJADOR-EXTRACTOR

### 3.0 CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño de los edificios a base de elementos prefabricados es similar al diseño de los que son a base de acero estructural, madera, o concreto colado en sitio. Las diferencias son que las unidades prefabricadas deben estar diseñadas también para las etapas de maniobras y darse consideraciones especiales para junteo y conexiones. Las cargas a las que debe sujetarse el diseño se identifican y discuten en este capítulo. En general los componentes de concreto prefabricado y/o presforzado, que integran estructuras están sujetos a cuatro categorías de cargas de diseño.

1. Verticales
  - a. Cargas Muertas
  - b. Cargas Vivas
  
2. Laterales u Horizontales
  - a. Cargas de Viento
  - b. Cargas Sísmicas
  
3. Fuerzas Inducidas por Cambios Volumétricos
  - a. Contracción del Concreto
  - b. Flujo Plástico
  - c. Temperatura
  
4. Manejo en Planta y Maniobras
  - a. Desmoldeo
  - b. Transporte
  - c. Montaje

#### CARGAS MUERTAS

Se componen del peso propio del sistema estructural más los materiales

y equipo que en forma permanente estarán agregados a la estructura. En el diseño de un sistema, a menudo se asume a priori el valor de la carga muerta. Si en la evaluación hay un error equivalente a más del 10%, entonces es necesaria una corrección. El estructurista generalmente usará la información del fabricante acerca de la determinación del peso propio de los productos antes de desarrollar el diseño final del elemento.

#### CARGAS VIVAS

Son el resultado del movimiento temporal y transitorio tanto de gente, vehículos, equipo como de agentes de intemperismo. En los Reglamentos para diseño se recomiendan cargas vivas mínimas a considerar para cada tipo de estructura. Ya sea el estructurista o el Arquitecto tendrá la responsabilidad en definir las cargas vivas finales a ser usadas. Los valores finales se basan en la experiencia dependiendo del uso que se le vaya a destinar al edificio. Las cargas vivas recomendables se pueden consultar tanto en el Reglamento de Construcciones del D.D.F. como en el libro del A.C.I. edición 1977.

Si el área tributaria soportada por un miembro es grande, entonces se permite una reducción debido a la pequeña probabilidad de que el máximo de la carga pueda ocurrir sobre la totalidad del área al mismo tiempo. Sin embargo, no podrán reducirse las cargas vivas que excedan los 480 kg/m<sup>2</sup> (aprox. 100 lb/pie<sup>2</sup>).



## CARGAS DE VIENTO

El viento produce fuerzas dinámicas con magnitudes variables debido a ráfagas, altitud, dirección, la propia estructuración, y los efectos de túnel causados por los edificios aledaños. En el diseño de estructuras de poca altura, las cargas de viento son tratadas como fuerzas estáticas, cuya magnitud depende de la ubicación del edificio y de la altura de los componentes a partir del nivel de terreno natural.

## CARGAS SISMICAS

Los movimientos telúricos ocurren en patrones ocasionales, tanto en dirección vertical (trepidatorios) como en dirección horizontal (oscilatorios). Se ha visto que su comportamiento es muy complejo e impredecible.

Los rascacielos son diseñados para patrones de sismos que hayan ocurrido y para patrones diseñados de comportamiento. Asimismo se diseñan en el concepto dinámico, para ser comparados con el concepto estático. Los límites aceptables se adecúan a la información estadística de los que han ocurrido.

Los edificios bajos y los componentes prefabricados que se usan en edificios se diseñan de acuerdo al concepto estático tomándose también en cuenta las estadísticas de la zona en cuanto a sismos se refiere.

La actividad sísmica causa la aplicación de otro tipo de carga en los miembros, a sus conexiones, a sus elementos mecánicos, o a los elementos de rigidez lateral; esta es: La repetición de cargas. Estas son: cargas cíclicas, que se aplican, se remueven y luego se reaplican, y en el caso de cargas sísmicas cíclicas, estas se caracterizan por los cambios de dirección en la aplicación.

Muchas configuraciones estructurales utilizando unidades prefabricadas, las que aparentemente ofrecen resistencia a las cargas sísmicas, deberán tener ya verificada su resistencia bajo la influencia de carga (cíclica) repetitiva:

## Fuerzas Inducidas por Cambios Volumétricos

Los movimientos por cambios de volumen, resultantes de la contracción del concreto, flujo plástico y de la temperatura si esta es restringida, pueden inducir fuerzas significantes en las conexiones de los elementos prefabricados y materiales intermedios de la estructura. La significancia de estas tres variables, varía con el tipo de miembro prefabricado a considerar. En general, las tres variables afectan de forma importante a las unidades presforzadas, mientras que para los elementos no presforzados y prefabricados solamente afectan de forma considerable los cambios de temperatura; asimismo el efecto de cada variable incrementa si la longitud (o tamaño) del miembro también aumenta.

### a. Contracción del Concreto

El grado de la contracción del concreto en prefabricados (Reducción del volumen de concreto a largo plazo) causado por la evaporación del agua usada en la mezcla del concreto, es normalmente menor que para concretos de la misma resistencia elaborados en sitio, debido a las bajas relaciones Agua-Cemento que son especificadas para mezclas en planta para prefabricados. Sin embargo algunas unidades prefabricadas tienden a ser relativamente largas, entonces la contracción del concreto total (cambio total en dimensiones) de un elemento es bastante grande, como para garantizar una mejor atención a este aspecto durante la etapa de diseño. En muros y paneles prefabricados relativamente cortos (menos de 9.00m.) no presforzados y construidos con concretos de bajos revenimientos, no son muy afectados por este fenómeno. Por otro lado, muchos paneles son de 12.00m. o aún mayores en longitud y que son usualmente presforzados y fabricados con concretos de mediano a alto revenimiento. Para tales longitudes, estos elementos se ven significativamente afectados por la contracción del concreto (en inglés Shrinkage)

Las vigas presforzadas y prefabricadas deben ser cuidadosamente diseñadas, tal que tomen en cuenta los efectos del cambio de volumen del concreto debido a la contracción del mismo. Al mismo tiempo que el miembro se acorta por este fenómeno, dos importantes cosas suceden:

- 1) La fuerza en el Acero de presfuerzo decrece, y
- 2) El miembro al cual se conectará la viga estará sujeto a fuerzas -- adicionales inducidas por el acortamiento.

Los efectos de la pérdida del presfuerzo son considerados cuando se -- elige la fuerza inicial de presfuerzo a ser aplicada al elemento. Los efectos de una posible transferencia o redistribución de fuerzas a través de los movi-- mientos diferenciales de los miembros estructurales, son considerados durante -- el diseño de los detalles de conexión.

Las columnas prefabricadas, son similares al comportamiento de los mu-- ros o paneles prefabricados, ya que los efectos de la contracción del concreto dependen de los factores de revenimiento, longitud, presencia o ausencia de --- presfuerzo y de la magnitud de la fuerza de presfuerzo.

#### b. Flujo Plástico

Es la deformación a largo plazo de un material debido a la permanencia de carga. Los elementos presforzados tienen mayor tendencia al flujo plástico, que los elementos prefabricados que no lo son. El flujo plástico, tiende a reducir las fuerzas iniciales de presfuerzo colocadas en el miembro, y reduce la longitud del elemento en el centroide donde se encuentra aplicada la fuerza de presfuerzo.

Este fenómeno debe ser cuidadosamente considerado a fin de prevenir el desarrollo de esfuerzos excesivos y deformaciones, debido a la pérdida del presfuerzo y también prevenir la transferencia de fuerzas causadas por la reducción en longitud del miembro presforzado. (Por ejemplo, los detalles de conexión de-- ben ser diseñados para que alguna fuerza no considerada se desarrolle por cam-- bios en longitud de un elemento presforzado).

El efecto de flujo plástico en miembros no presforzados es el mismo -- que para concreto colado en sitio de consistencia y resistencia equivalentes. -

Sin embargo los concretos de alta resistencia y bajo revenimiento elaborados en planta son generalmente más resistentes a los efectos de este fenómeno que los concretos colados en el sitio de la obra.

Asimismo, al efecto en muros, vigas y columnas prefabricadas, es similar al de la contracción del concreto, excepto que:

- 1) El flujo plástico continúa sobre un largo período
- 2) El flujo plástico actúa de forma más contundente en concretos ligeros que en concretos normales (Ver fig. I)
- 3) El flujo plástico en muros de carga y columnas puede ser significativo, si es que estos elementos son presforzados.

#### c. Temperatura

Los efectos de ésta en miembros estructurales no presforzados, son iguales de la misma forma que para elementos colados en sitio, los cuales usan acero de refuerzo ordinario.

Quando se usa acero de presfuerzo en los miembros estructurales como refuerzo primario, el estructurista debe prestar atención especial al efecto de los cambios de temperatura ya que:

- 1) Los elementos tienden a ser relativamente largos por lo tanto, la modificación de dimensiones total es representada como un cambio relativamente largo en un solo lugar.
- 2) Los cambios de temperatura, a menudo tienen un efecto importante en la fuerza proporcionada por los cables de acero de presfuerzo que están dentro de una larga pieza ya colada. Un incremento de temperatura causa pérdida de presfuerzo en cables que todavía no estén totalmente embebidos en el concreto. Sin embargo, como la fabricación de una pieza no dura mucho tiempo, una vez que la pieza ya está colada, un incremento de temperatura resulta en solo un pequeño incremento de la tensión en el cable.

Debe tenerse cuidado especial con los cambios por temperatura, al estar diseñando las conexiones entre elementos estructurales.

Resumiendo, la valuación de las magnitudes de los movimientos esperados, resultantes de la contracción del concreto (Shrinkage), el flujo plástico (Creep) y cambios por temperatura para varios tipos de elementos prefabricados y/o prefabricados y sus estructuras, puede hacerse usando la información de diseño, contenida en las páginas 16 y 18 del capítulo 4 de la Segunda Edición del Manual de diseño del PCI (Prestressed Concrete Institute). Los estructuralistas deberán considerar estos movimientos desde el diseño preliminar en las etapas de proyecto, especialmente en estructuras mixtas, compuestas de elementos prefabricados y conexiones de concreto colado en sitio. El restringir estas fuerzas inducidas por cambios volumétricos, evita el desarrollo de grietas en las estructuras.

#### - Manejo en Planta y Maniobras

El término "manejo" es incluido aquí como una clasificación de carga para enfatizar el hecho de que existe un grupo general de cargas y que son variables extremadamente importantes que afectan el diseño de miembros prefabricados, pero mismas que no son relevantes en el diseño de la mayoría de los elementos colados en sitio.

Las cargas por manejo y maniobras incluyen aquellos que son inducidas por las operaciones de producción, tal como el desmoldeo, el estibado o almacenamiento y así como del transporte y montaje. Durante cada una de estas operaciones la posición del miembro podrá ser variable; la combinación de las cargas aplicadas (peso propio, succión, fricción mecánica, impacto) también será variable; la ubicación y características de los apoyos podrán ser variables así como finalmente la resistencia del concreto puede ser diferente al tiempo que ocurre cada operación.

a. Peso Propio. Una discusión acerca de las cargas muertas se reintroduce aquí para hacer énfasis de que este es un aspecto que debe ser considerado tanto en la producción como para elementos colados en sitio. Usualmente un miembro

bro prefabricado es movido de la siguiente manera:

Primero se levanta del molde y se coloca sobre un accesorio acoginado para almacenamiento, entonces se procede a levantar el accesorio para ser colocado en el trailer, el cual lo llevará al sitio de la obra, donde será removido del trailer y finalmente colocado en su posición definitiva. De esta manera se observa que intervienen 3 operaciones de izaje. Cabe aclarar que en muchas ocasiones los -- accesorios para estibar y transportar, son simplemente polines de madera (4" x 4" x 8') cuando se están manejando vigas o trabelosas (sección " T " inv., sección " T ", " TTV, T, etc.)

Cuando el peso propio del elemento es reducido, entonces el tamaño del equipo necesario para mover el elemento es también reducido, así como el tiempo utilizado en cada maniobra. Sin embargo debe anotarse que manejar un solo miembro aunque sea grande tiene menor costo que manejar 2 más chicos que puedan ser equivalentes al peso del más largo.

b. Succión. (Presión atmosférica). Las fuerzas de succión se desarrollan entre el concreto y el molde en el cual se fabrica el elemento. Estas fuerzas son relativamente insignificantes para miembros colados en sitio. En contraste, en los muros y paneles prefabricados son grandes, debiéndose dar consideración especial a la operación de desmoldado o desmoldo.

Por otra parte la succión es insignificante en vigas pretensadas, debido a que las tensiones provocadas por el esfuerzo, se transfieren al concreto, haciendo que la pieza se acorte elásticamente, liberando de esta forma la posible succión que pudiera generarse entre pieza y molde.

c. Fricción Mecánica. Estas fuerzas también se desarrollan entre el concreto y el molde en el cual se fabrica el elemento y tienden a ser importantes durante la operación de desmoldado para todo tipo de unidades prefabricadas. Cuidadosa atención debe prestarse al detallarse la sección de las fachadas arquitectónicas para minimizar la cantidad de fricción mecánica que desarrollan las superficies y cantos de las piezas.

Por otra parte, los lados de las vigas prefabricadas nunca se forman --

como líneas paralelas, sino que los lados del molde siempre son un poco inclinados a fin de restringir en lo posible las fuerzas desarrolladas por la fricción mecánica entre pieza y molde. Algunas veces algún ligero arqueado se presenta en los lados del molde, entonces, esos lados son esviados a fin de asegurar que aunque el arqueado ocurra, la pieza fabricada pueda desmoldarse en forma rápida y correcta, sin la presencia de bordes por la deformación y el arqueado.

La pendiente en los lados del molde depende del diseño de la cimbra - en cuanto a trabajo de producción representa, de la resistencia del molde a deformarse por el peso del concreto y de las fuerzas generadas por vibración --- aplicada al concreto.

Moldes pobremente detallados para fabricación de piezas en planta pueden resultar en una reducción del número de usos que se puede dar al molde, así como de costos excesivos de desmoldeo y en visible daño al acabado y textura del concreto.

e. Impacto. Las cargas por impacto se presentan en todos los miembros prefabricados cuando son transportados por camión. El fabricante generalmente recomienda apoyar en solo dos puntos las piezas al ser enviadas al sitio de la obra, (preferiblemente encima de los ejes del trailer). Al apoyar los elementos en dos puntos, se tiende a minimizar tanto los saltos como las fuerzas de impacto que se presentan por dichos saltos.

## MÉTODOS DE DISEÑO

- Diseño bajo condiciones de servicio (esf. permisible)

Este método se basa en que considera el comportamiento de los materiales elástico y lineal.

Consiste en revisar los esfuerzos actuantes en la estructura y se comparan con los permisibles.

- Diseño por resistencia.

Se basa en tomar en cuenta las deformaciones inelásticas de los materiales.

Consiste en incrementar los elementos mecánicos obtenidos por medio de la sollicitaciones y comparar con la resistencia de los materiales con los que se hicieron los elementos.

$$M_{ua} \leq M_{ur}$$

$$V_{ua} \leq V_{ur}$$

$$T_{ua} \leq T_{ur}$$

- Diseño por resistencia y revisión por condiciones de servicio.

## FACTORES DE CARGA

- 1) Combinación C.M. y C.V.  $usamos = 1.5$
- 2) Combinación C.M., C.V. y C. Accidental  $= 1.1$

## FACTORES DE REDUCCION

FR = 0.9 Flexión

FR = 0.8 Cortante y Torsión

FR = 0.7 y 0.8 Flexocompresión (dependiendo del tipo de falla 0.7 compresión

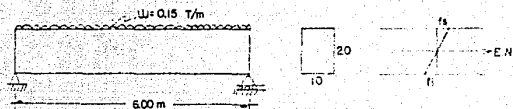
FR = 0.7 Anclaje 0.8 tensión).



### 3.1. DISEÑO POR FLEXIÓN DE UNA PIEZA PRESFORZADA

#### NOCIONES INTRODUCTORIAS

a) Viga simplemente apoyada.



$$M = \frac{w l^2}{8} = \frac{0.15 (6)^2}{8} = 0.67 \text{ t.m.}$$

Segundo la distribución de esfuerzos: (suponiendo comportamiento elástico)

En la fibra superior  $f_s = \frac{M}{I} Y_s$  (compresión +)

En la fibra inferior  $f_i = \frac{M}{I} Y_i$  (tensión -)

Donde  $I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} 10 (20)^3 = 6666 \text{ cm}^4$

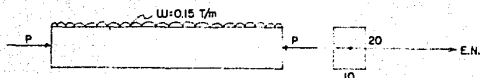
$M = 0.67 \text{ T.m} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t.m.}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m.}} = 0.67 \times 10^5 \text{ kg.cm.}$

∴ Regresando a las fibras

$$f_s = \frac{0.67 \times 10^5 \times 10}{6666} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_i = -100 \text{ kg/cm}^2$$

Aplicando presfuerzo en la viga anterior (presfuerzo axial)



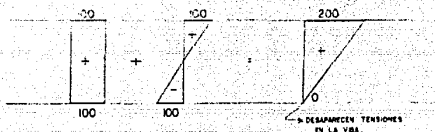
si  $P = 20,000 \text{ kg.}$

Un elemento actuando con momento flexión y carga axial tiene su ecuación:

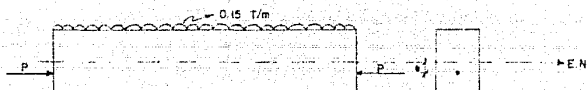
$$f_s = \frac{P}{A} + \frac{M}{I} \cdot y_i = \frac{20.000}{200} + 100 = 200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_i = \frac{P}{A} - \frac{M}{I} \cdot y_i = 100 - 100 = 0$$

Desaparecen tensiones en la viga y los diagramas de distribución de esf. quedan:



b) Viga de presfuerza excéntrica



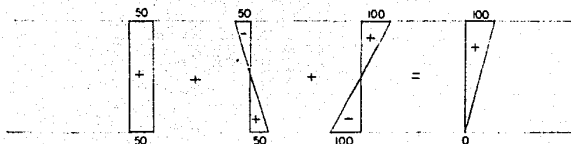
$$e = 3.3 \text{ cm.}$$

$$P = 10 \text{ ton.}$$

La fuerza excéntrica provoca tensiones en la fibra superior, ∴ la ecuación de esta fibra queda:

$$f_u = \frac{P}{A} + \frac{Pe}{I} \cdot y_i - \frac{M}{I} \cdot y_i = 50 + 50 - 100 = 0$$

y los diagramas de distribución de esf. quedan:



CONVIENE COLOCAR EL PRESFUERZO EXCÉNTRICO

### 3.1.1: DISEÑO POR FLEXIÓN DE UNA PIEZA PREFORZADA EN SECCION SIMPLE

- Esfuerzos inmediatos después de la transferencia y antes que ocurran las pérdidas por contracción y flujo plástico.

$$\text{Compresión} = 0.6 f'_{ci} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Tensión} = \sqrt{f'_{ci}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$f'_{ci}$  es la resistencia a compresión del concreto a la edad en que ocurre la transferencia. Esta tiene lugar en el concreto pretensado entre los tendones y en el postensado cuando se anclan.

- Esfuerzos bajo cargas muertas y vivas de servicio.

$$\text{Compresión} = 0.45 f'_c$$

$$\text{Tensión} = 2\sqrt{f'_c}$$

- Esfuerzos permisibles en el acero de pretensado.

1o. Debido a la fuerza aplicada por el gato hidráulico =  $0.8 f_{sr}$

2o. Inmediatamente después de la transferencia =  $0.7 f_{sr}$

$f_{sr}$  = Esfuerzo resistente nominal en el acero de pretensado.

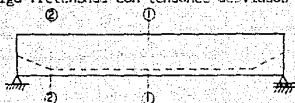
#### SECCIONES CRITICAS

- a) Viga Pretensada con tendones rectos



1. Porque en ese punto ocurre el momento máximo.
2. Porque el esfuerzo no contrarresta ninguna fuerza en ese punto, sino al contrario provoca una fuerza adicional en los extremos.

b) Viga Pretensada con tendones desviados



1. Momento máximo

2. Por que desde ahí se empieza a reducir la excentricidad y por lo tanto el momento producido por la fuerza de presfuerzo

Fig. 10.10.1.1.1. Viga pretensada con tendones horizontal



d) Vigas Pretensadas con cables curvos

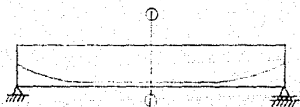


DIAGRAMA DE ESFUERZO PERMISIBLE EN LA SECCIÓN 1

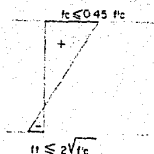


DIAGRAMA DE ESFUERZOS PERMISIBLES EN LA SECCION 2

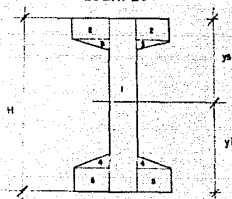


PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LAS SECCIONES

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{I} y \quad (\text{f\u00f3rmula de la escuadr\u00eda})$$

$$y = \frac{\sum Ay}{\sum A}$$

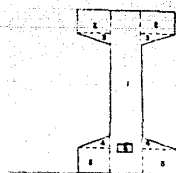
EJEMPLO



SECCION DE CONCRETO

Elemento	A (cm <sup>2</sup> )	$\bar{y}$	$A\bar{y}$	d	d <sup>2</sup>	Ad <sup>2</sup>	I
1							
2							
3							
4							
5							
	$\Sigma A$		$\Sigma A\bar{y}$			$\Sigma Ad^2$	

SECCION TRANSFORMADA



$$A_c = (n-1) A_s$$

Elemento	A (cm <sup>2</sup> )	$\bar{y}$	$A\bar{y}$	d	d <sup>2</sup>	Ad <sup>2</sup>	I
1							
2							
3							
4							
5							
6							

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

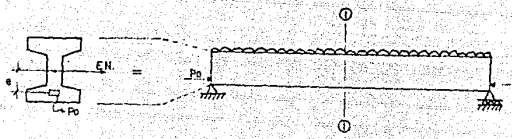
$$I_{circ} = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$y_i = \frac{\sum Ay}{\sum A}$$

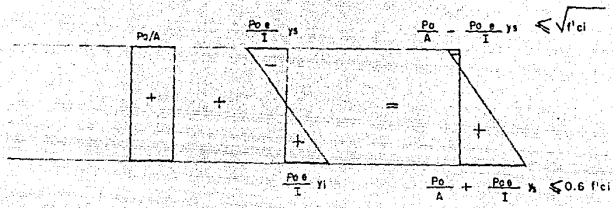
$$I_{rect} = \frac{bh^3}{12}$$

$$I = \sum I + \sum A d^2$$

$$I_{triang} = \frac{1}{36} b h^3$$



REVISIÓN DE ESFUERZOS EN EL EXTREMO DE LA VIGA (APOYO)



Cuando se presentan las pérdidas diferidas  $P_o$  se convierte en  $P$  y en los diagramas se substituye  $P$  en vez de  $P_o$  y se comparan los esfuerzos permisibles bajo cargas de servicio y queda:

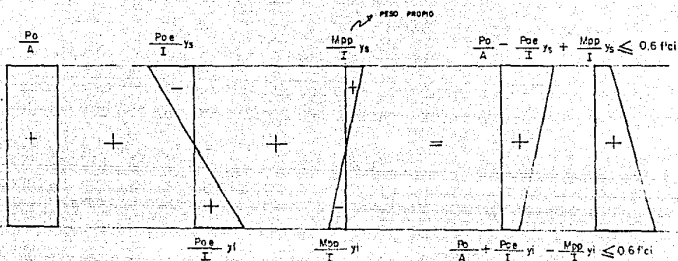
$$\left( \frac{P}{A} - \frac{P_o}{I} y_s \right) \leq 2 \sqrt{f'c}$$

$$\frac{P}{A} + \frac{P_o}{I} y_i \leq 0.45 f'c$$

la primera condición es decir cuando se está aplicando  $P_o$  es la más crítica, ya que además de que  $P_o$  es  $g' + P$ , se está aplicando cuando el concreto tiene menor resistencia ya que  $f'ci < f'c$ .

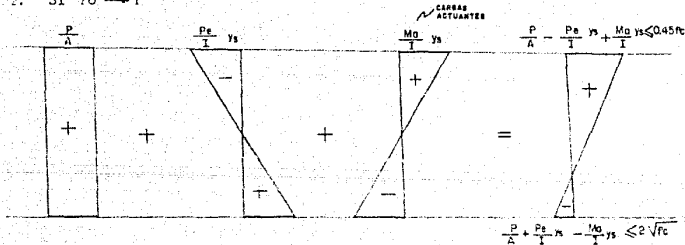
## REVISIÓN DE ESFUERZOS EN EL CENTRO DE LA VIGA (SECCION d.)

### 1. Cuando Actúa $P_0$



ESTE ESFUERZO ES PEQUEÑO  
 COMPARADO CON EL PROVOCADO  
 POR EL PRESFUERZO.

### 2. Si $P_0 \rightarrow P$

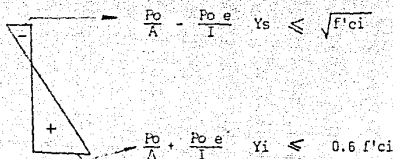


Aquí la segunda condición es la más crítica, ya que se incluyen todas las coincidencias actuantes en los elementos.

## CANTIDAD DE PRESFUERZO REQUERIDA POR UNA SECCION

---

Capacidad máxima de una sección .- Nos la da la sección en el apoyo.

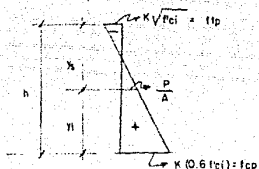


Pero lo que interesa finalmente es la fuerza de presfuerzo efectiva lo cual se puede obtener de la siguiente forma:

$$k = \frac{P}{P_o}$$

$$P = k P_o$$

$$k \leq 1$$



Por triángulo semejantes:

$$\frac{f_{cp} + f_{tp}}{h} = \frac{\frac{P}{A} + f_{tp}}{Y_o}$$

$$\frac{P}{A} + f_{tp} = \frac{Y_o}{h} (f_{cp} + f_{tp})$$

$$\frac{P}{A} = \frac{Y_o}{h} (f_{cp} + f_{tp}) - f_{tp}$$

$$P = \left[ \frac{Y_o}{h} (f_{cp} + f_{tp}) - f_{tp} \right] A$$



en Pretensado :

$$P=0.6 F_0$$

en Postensado:

$$k = 1 - (0.15 + APf + APda)$$

Determinación de la excentricidad



$$f_{cp} = \frac{P}{A} + \frac{Pe}{I} Y_i$$

despejamos " e "

$$e = \frac{I}{P Y_i} \left( f_{cp} - \frac{P}{A} \right)$$

ESPECIFICACIONES COMPLEMENTARIAS (ACI - 318 - 77) (Cap. VIII)

- Separación de tendones ( 7.6.7.1)

La separación libre será:

Para alambres:  $S \geq 4d$   $d =$  diámetro alambre

Para torones:  $S \geq 5 \phi_t$   $\phi_t =$  diámetro torón

- Recubrimiento del acero de pretensado ( 7.7.3.1.)

a) Concreto expuesto al suelo o a la acción del clima

# 1 = 2.5 cm. si son tableros para muros, losas y nervaduras

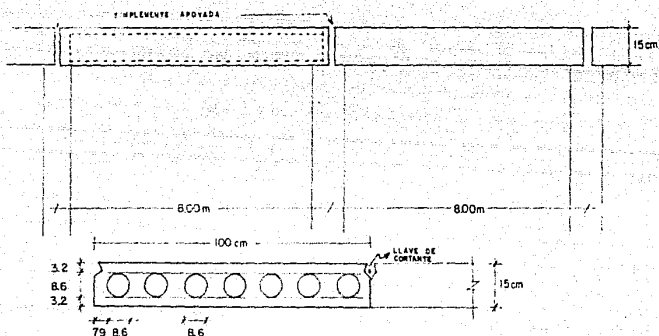
# 2 = 4 cm. otros miembros

b) Concreto no expuesto a la acción del clima ni en contacto con el suelo.

- \* r = 2cm. losas, muros y nervadura
- \* r = 4cm. elementos principales
- \* r = 2.5cm. estribos y sunchos (Refuerzo ordinario)

Expondremos para mejor comprensión un ejemplo de diseño por flexión de una pieza en Sección Simple.

Determinar el Refuerzo requerido en una losa aligerada pretensada de 8m. de claro y revisar los esfuerzos correspondientes.



$w_{cm} = 150 \text{ kg/cm}^2$  } Condiciones de servicio  
 $w_{sv} = 200 \text{ kg/cm}^2$  }

$f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2$

$f'_{ci} = 0.8 f'_c$

$f_{ur} = 16,000 \text{ kg/cm}^2$

Torón =  $\phi \ 3/8"$

$\sigma_s = 0.516 \text{ cm}^2 \quad \lambda = 9.17 \text{ cm.} \quad \pm 1 \text{ cm.}$

$\sigma_s = \left( \frac{3}{8} \cdot 2.54 \right)^2 \cdot \frac{\pi}{4}$

Determinar:-

No. de torones

Colocación

Revisión de esf. en secciones críticas.

Sacamos.-

### 1. Características geométricas

$$A = 15 (100) = 7 \frac{\pi (8.6)^2}{4} = 1993.4 \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{7 \pi d^4}{64} = \frac{100 (15)^3}{12} = \frac{7 \pi (8.6)^4}{64} = 26745 \text{ cm}^4$$

### 2. Esfuerzos permisibles

$$f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'ci = 0.8 (300) = 240 \text{ kg/cm}^2$$

- Esfuerzos inmediatamente después de la transferencia

$$\text{Compresión} = 0.6 f'ci = 0.6 (240) = 144 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tensión} = \sqrt{f'ci} = \sqrt{240} = 15.49 \text{ kg/cm}^2$$

- Esfuerzos bajo cargas de servicio

$$\text{Compresión} = 0.45 f'c = 0.45 (300) = 135 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tensión} = 2 \sqrt{f'c} = 34.64 \text{ kg/cm}^2$$

- Esfuerzos en el acero de presfuerzo inmediatamente después de la transferencia

$$0.7 f_{sr} = 12,600 \text{ kg/cm}^2$$

en un torón de 3/8" :

$$P_o = 12600 \text{ as} = 12600 (0.516) = 6500 \text{ kg.}$$

$$P = 0.8 (6500) = 5200 \text{ kg.}$$

### 3. Momentos Actuantes

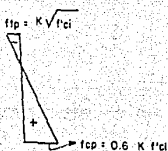
$$W_{cm} = 150 \text{ kg/m}^2 \times 1\text{m. ancho} = 150 \text{ kg/m.}$$

$$W_{cv} = 200 \text{ kg/m}^2 \times 1\text{m.} = 200 \text{ kg/m.}$$

$$W_{pp} = 2400 \text{ kg/m}^3 (0.1093 \text{ m}^2) = \frac{262 \text{ kg/m.}}{512 \text{ kg/m.} = W_c}$$

$$M \text{ actuante} = M_a = \frac{w l^2}{8} = \frac{612 (8)^2}{8} = 4896 \text{ kg.m}$$

#### 4. Capacidad de presfuerzo máximo



$$K = 0.8$$

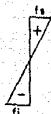
$$\left. \begin{aligned} f_{t2} &= 0.8 \sqrt{240} = 12.39 \text{ kg/cm}^2 \\ f_{cp} &= 0.6 (0.8) 240 = 115.2 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned} \right\} =$$



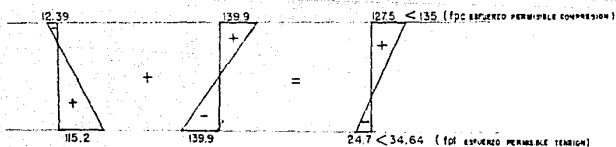
#### 5. Determinación del Diagrama de Esfuerzos debido a $M_a$

$$f_s = \frac{M_a}{I} \quad Y_s = \frac{4896 \times 100 (7.5)}{26245} = 139.9 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_i = -\frac{M_a}{I} \quad Y_i = -139.9 \text{ kg/cm}^2$$

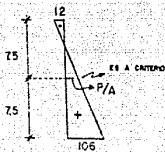


#### 6. Superponiendo efectos



∴ podemos dar un presfuerzo un poco mayor.

7. Diagrama propuesta de presfuerzo



por triang. sem.

$$\frac{106 + 12}{15} = \frac{P/A + 12}{7.5}$$

$$\frac{Pef}{A} + 12 = 59$$

$$\frac{Pef}{A} = 47$$

$$\therefore Pef = 47 (A) = 47 (1093.4)$$

$$Pef = 51389 \text{ kg.}$$

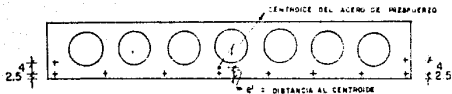
$$8. \text{ No. torones} = \frac{Pef}{P_{\text{torón}}} = \frac{51389}{5200} = 9.88 \approx 10 \text{ torones}$$

9. Excentricidad teórica

$$e_t = \frac{I}{Pef y_i} \left( f_{cp} - \frac{Pef}{A} \right)$$

$$e_t = 4.02 \text{ cm.}$$

10. Colocación de torones



$n$  libre torones = 2cm. (por reglamento)

$$n_{\text{total}} = n_{\text{libre}} + \frac{d_{\text{toron}}}{2} = 2 + \frac{1}{2} = 2.5\text{cm.}$$

Separación libre = 3 dt = 3cm.

$$S_{\text{total}} = S_e + d = 3 + 1 = 4\text{cm.}$$

$$e' = \frac{2 \text{ torones} \times 6.5 + 8t \times 2.5}{10 T} = 3.3 \text{ cm.}$$

Excentricidad real

$$e_{\text{real}} = Y_i - e' = 7.5 - 3.3 = 4.2\text{cm.} \quad 4.02\text{cm.}$$

#### 11. Revisión de esfuerzos reales

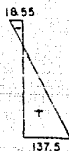
Diagrama de esfuerzos Real

- Inmediatamente después de la transformación

$$f_s = \frac{P_0}{A} - \frac{P_0 e}{I} \quad Y_s = \frac{6500 \times 10 \text{ torones}}{1093} - \frac{6500 \times 10 \times 4.2}{26245} \times 7.5$$

$$f_s = -16.55 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_i = \frac{P_0}{A} + \frac{P_0 e}{I} \quad Y_i = \frac{6500 \times 10}{1093} + \frac{6500 \times 10 \times 4.2 \times 7.5}{26245} = 137.5 \text{ kg/cm}^2$$



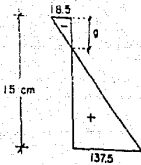
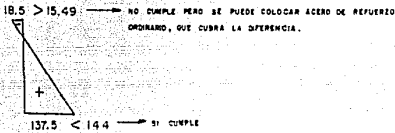
- Después de las pérdidas

$$f_s = \frac{P}{A} - \frac{P e}{I} \quad Y_s = \frac{5200 \times 10}{1093} - \frac{5200 \times 4.2}{26245} \times 7.5 = -14.84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_i = \frac{P}{A} + \frac{P e}{I} \quad Y_i = 110 \text{ kg/cm}^2$$



- Revisión en el Apoyo. Únicamente actúa la fuerza de presfuerzo.



POR TRIANGULOS SEMEJANTES

$$\frac{18.5 + 137.5}{15} = \frac{18.5}{g}$$

$$g = 1.78 \text{ cm}$$

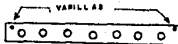
Cálculo de la fuerza que debe de tomar el Acero de Refuerzo.

$$F = \frac{(18.5 - 15.49)}{2} \times 1.78 \times 100 = 275.3 \text{ kg.}$$

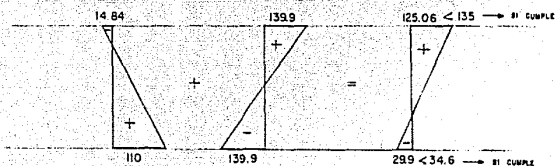
y el esfuerzo de trabajo del acero:

$$f_a = 0.6 f_y = 0.6 (4200) > 2100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{As faltante} = \frac{F}{f_a} = \frac{275.9}{2100} = 0.13 \text{ cm}^2$$



- Revisión para el centro del claro. Actúa el presfuerzo y el momento actuante.

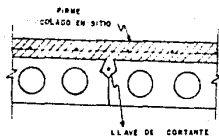
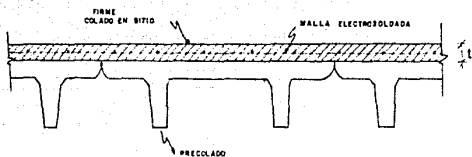


### 3.1.2 . DISEÑO POR FLEXIÓN DE SECCIONES COMPUTAS

- Sección Compuesta - - Una parte precolada y una colada en sitio.

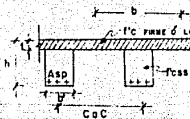
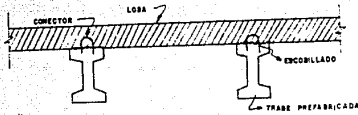
#### CLASIFICACION DE SECCIONES COMPUTAS

a) Los que tienen firme estructural





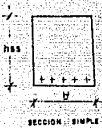
b) Los que tienen losa



$$b \leq \begin{cases} -16L + b' \\ -C o C \\ -\frac{L}{4} \end{cases}$$

$$f'c \text{ FIRME} < f'c_{CS}$$

$$n = \frac{E_c f}{E_{cs} f} = \frac{10000 \sqrt{f'c}}{10000 \sqrt{f'c_{cs}}} = \sqrt{\frac{f'c \text{ FIRME}}{f'c_{cs}}}$$

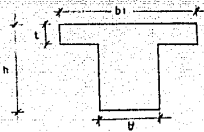


$$A_{ss} = b' \cdot h_{ss}$$

$$y_{ss} = \frac{h_{ss}}{2} y_{Gss}$$

$$I_{ss} = \frac{b' (h_{ss})^3}{12}$$

SECCION SIMPLE



$$b_1 = nb$$

$$b_1 < b$$

SE REQUIERE CALCULAR

- Asc
- Isc
- yisc
- yisc

Sección compuesta homogénea

Cargas Actuantes:

Sección Simple  
 a) Wpp  
 b) Wlosa o Wfirme } Mass

Sección Compuesta  
 a) Wcv  
 b) Wscm } Masc

### Método de Esfuerzos Permisibles

- Esfuerzo permisible D.D.F.

$$1) \text{ Inn. desp. transf.} \quad \left\{ \begin{array}{l} c = 0.6 f'ci \\ T = \sqrt{f'ci} \end{array} \right. \quad 2) \text{ Desp. pérdidas} \quad \left\{ \begin{array}{l} c = 0.45 f'c \\ T = 2\sqrt{f'c} \end{array} \right.$$

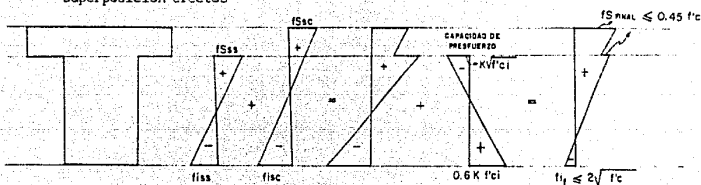
### Determinación de esfuerzos en la sección simple

$$f_{iss} = - \frac{M_{iss}}{I_{sc}} Y_{iss} ; \quad f_{sss} = \frac{M_{iss}}{I_{ss}} Y_{sss}$$

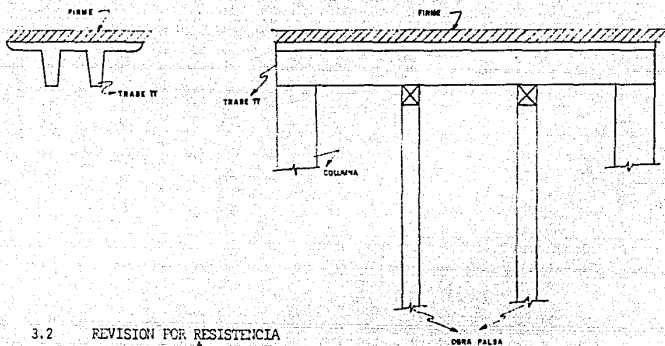
En la sección compuesta

$$f_{isc} = - \frac{M_{isc}}{I_{sc}} Y_{isc} ; \quad f_{ssc} = \frac{M_{isc}}{I_{sc}} Y_{ssc}$$

### Superposición efectos



Si tenemos que la Sección Simple no aguanta los esfuerzos por  $W_{pp} + W_{firme}$ , pasamos el  $W_{firme}$  a la Sección Compuesta, lo cual lo logramos poniendo andamios (obra falsa) a lo largo de las trabes.

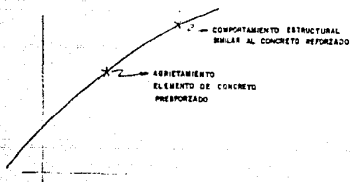


### 3.2 REVISIÓN POR RESISTENCIA

#### 3.2.1 SECCION SIMPLE

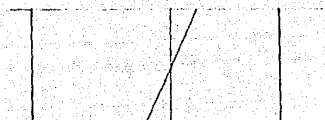
Revisión por resistencia de elementos presforzados o revisión de estados límite de falla.

Cuando se presenta agrietamiento en elementos de concreto presforzado, - su comportamiento es similar al de elementos de concreto reforzado, por lo que - el análisis por resistencia de los primeros es similar al de los segundos.

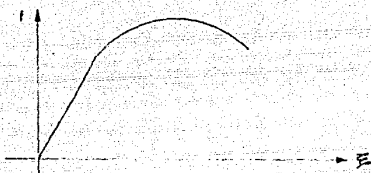


#### HIPOTESIS SIMPLIFICATORIAS

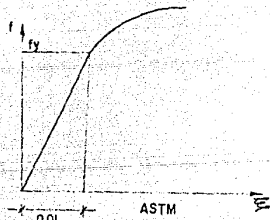
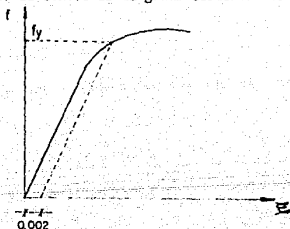
- 1) Las secciones planas antes de la deformación se conservan planas después de -- ella.



2) Se conoce el diagrama de esfuerzo-deformación del concreto simple

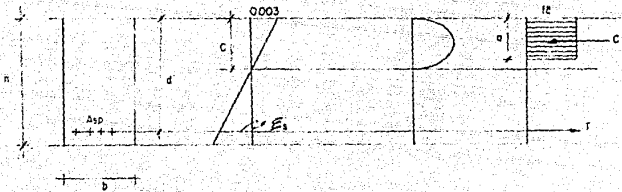


- 3) El concreto no resiste esfuerzo de tensión.
- 4) Existe adherencia entre el concreto y el acero.
- 5) Se conoce el diagrama esfuerzo-deformación del acero de presfuerzo



6) La deformación última del concreto es  $E = 0.003$

De acuerdo con el R EDF'77 :



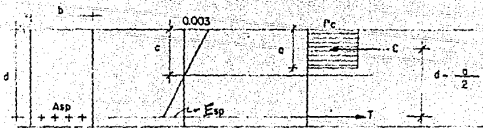
$$C = ab f''c$$

$$T = Asp fsp$$

De acuerdo con ACI - 318'77

$$fsp = fcr (1 - 0.5 \rho_p = \frac{fcr}{f''c})$$

Determinación de resistencia de elementos de sección rectangular.



$$C = ab f''c$$

$$T = Asp fsp$$

$$C = T$$

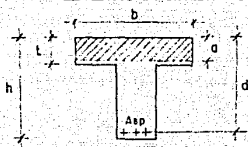
$$ab f''c = Asp fsp$$

$$a = \frac{Asp fsp}{bf''c}$$

$$Mur = Fr [ Asp fsp (d - \frac{a}{2}) ]$$

$$Mur = Fr [ Asp fsp (d - \frac{a}{2}) ]$$

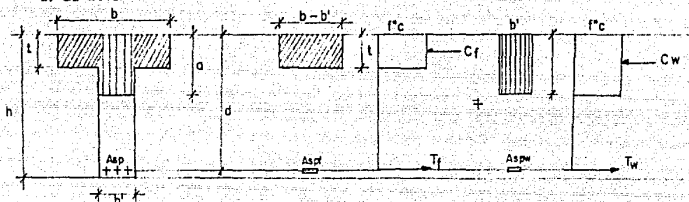
ELEMENTOS DE SECCION "T"



a) si  $a \leq t$  ; la viga trabaja como -  
sección rectangular

$$M_{ur} = F_r [ Asp f_{sp} ( d - \frac{a}{2} ) ]$$

b) Si  $a > t$



$$C = C_f + C_w$$

$$T = T_f + T_w$$

pero;

$$C_f = T_f$$

$$C_w = T_w$$

$$C_f = t ( b - b' ) f''c$$

$$T_f = Asp' f_{sp}$$

$$C_w = ab' f''c$$

$$T_w = Asp'' f_{sp}$$

$$Asp = Asp' + Asp''$$

Como  $C_f = T_f$

$$Asp' = \frac{t ( b - b' ) f''c}{f_{sp}}$$

$$C_{con} C_w = T_w$$

$$y \text{ Asp}w = \text{Asp} - \text{Aspf}$$

$$a = \frac{\text{Aspw fsp}}{b' f''c}$$

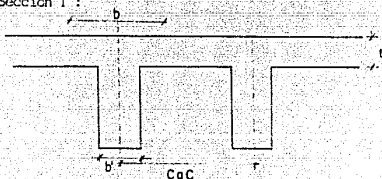
$$\text{Mur} = \text{Fr} [ T_w (d - \frac{a}{2}) + T_f (d - \frac{t}{2}) ]$$

$$\text{Mur} = \text{Fr} [ T_w (d - \frac{a}{2}) + C f (d - \frac{t}{2}) ]$$

$$\text{Mur} = \text{Fr} [ \text{Aspw fsp} (d - \frac{a}{2}) + t (b - b') f''c (d - \frac{t}{2}) ]$$

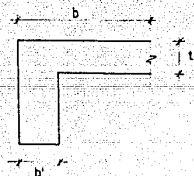
Determinación de ancho efectivo ( Secciones No Aisladas )

Sección T :



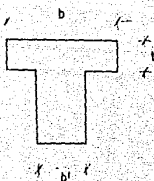
$$b \leq \begin{cases} 16l + b' \\ CaC \\ \frac{l}{4} \end{cases}$$

Sección L invertida



$$b \leq \begin{cases} \frac{l}{12} + b' \\ 6l + b' \\ \frac{CaC}{2} + b' \end{cases}$$

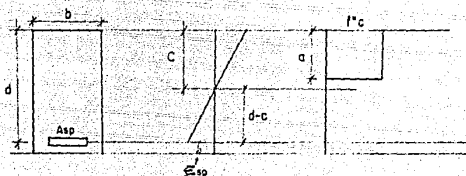
### SECCIONES ACIERAS



$$t \geq \frac{b'}{2}$$

$$b \leq 4b'$$

### Verificación tipo de falla



Como se conoce el valor de a :

$$c = \frac{a}{0.8}$$

por triángulos semejantes

$$\frac{0.003}{c} = \frac{Esp}{d-c}$$

$$\epsilon_{sp} = \frac{(d-c) 0.003}{c}$$

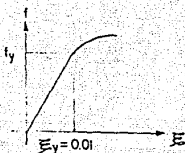
DEFORMACION UNITARIA DEL ACERO DE PRESFUERZO DEBIDO A LA FLEXION DEL ELEMENTO.



Pero ya dimos un esfuerzo inicial

$$f_0 \Rightarrow E_0 = \frac{f_0}{E_s}$$

$$E \text{ final} = E_{sp} + E_0$$



Para que la viga falle dúctilmente:

$$E \text{ final} \geq E_y = 0.01$$

Si existe sismo en la zona

$$E \text{ final} = E_{sp} + E_0 \geq \frac{E_y}{0.75}$$

### 3.2.2 REVISION: POR PERSISTENCIA DE SECCION COMPUESTA



Sección Crítica - Al centro del claro

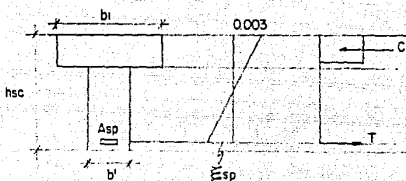
$$W_{ua} = W_a \times F.C.$$

$$W_a = W_{pp} + W_r + W_{scm} + W_{sc}$$

Cálculo del Momento Último

$$M_{ua} = \frac{W_{ua} l^2}{8}$$

Obtención del momento resistente



1o. Suponemos  $a \leq t$

$$c = ab_1 f''c$$

$$T = Asp fsp$$

$$c = T$$

$$ab_1 f''c = Asp fsp$$

$$a = \frac{Asp fsp}{b_1 f''c}$$

Comparamos  $a : t$

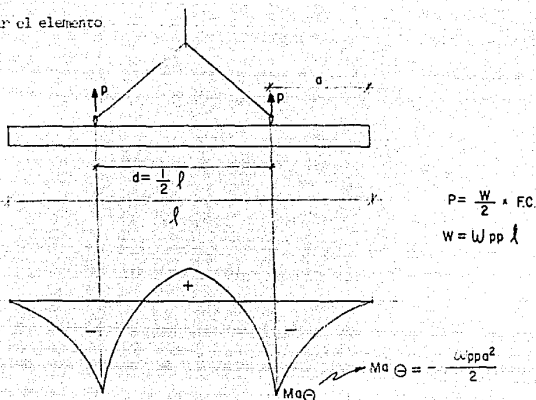
Si  $a \leq t$  trabaja como Sección Rectangular  $M_{ur} = Fr Asp fsp (d - \frac{a}{2})$

Si  $a > t$  trabaja como sección T y se tendría que ver que contribución es la del alba y cual la del patín.

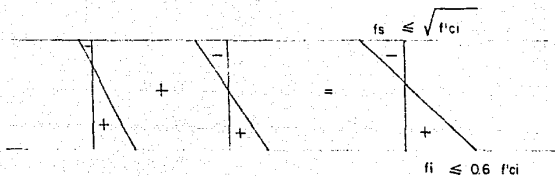
Por último se revisa si el acero de prefuerzo fluye por medio de las deformaciones unitarias.

### 3.2.3 OTRAS ETAPAS CRITICAS

1) Al izar el elemento



Comparamos los esfuerzos permisibles antes de las pérdidas (transferencia) contra los esfuerzos provocados por la capacidad de presfuerzo más los esfuerzos por el momento actuante.



Para los ganchos de izado, se recomienda usar torones

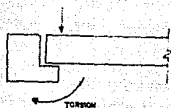
Ver capítulo 5, inciso 5.7 Sistema de Manejo y Distribución de Piezas.

### 3.3 REVISION POR CORTANTE

Revisión de elementos presforzados por fuerza cortante.

Elementos Mecánicos

- Mur } Son los que se toman en cuenta
- Vur }
- Mur → Pilotes presforzados
- Tur → Elementos finales



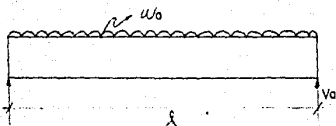
Usaremos estribos verticales en todos los casos

$$V' = \frac{A_v f_y d}{s} \quad \text{fórmula por la analogía de Richter}$$

$$V_{ur} = V_{cnc} + V'$$

Procedimiento para revisar elementos presforzados a fuerza cortante según Reglamento D.F. 77

Se emplea el Diseño por resistencia



$$V_0 = \frac{w_0 l}{2}$$

$$V_{ur} \gg V_{ua} = 1.4 V_a$$

$$V_{ur} = V_c + V^1$$

$$FR = 0.8 \text{ (cortante y torsión)}$$

$$V_c = FR \cdot bd \left( 0.15 \sqrt{f^*_{c}} + 50 \frac{V_a dt}{M_a} \right) \text{ Fórmula 1.}$$

Pero bajo las siguientes condiciones:

#### CONDICIONES

1) Si  $h > 1m$   $V'_c = 0.8 V_c$

2) Si  $\frac{h}{b} > 6$   $V'_c = 0.8 V_c$

3) Si se presenta 1) y 2)  $V'_c = 0.6 V_c$

4) Si las vigas son:

a) I ó T

$$V_c = FR (b'd + t^2) \left( 0.15 \sqrt{f^*_{c}} + 50 \frac{V_a dt}{M_a} \right)$$

b) L

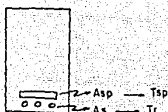
$$V_c = FR \left( b'd + \frac{t^2}{2} \right) \left( 0.15 \sqrt{f^*_{c}} + 50 \frac{V_a dt}{M_a} \right)$$

NOTA: Las vigas I, T, L y TT están sujetas a las 3 condiciones anteriores.

c) TT (Doble T)

$$V_c = FR (2b'd) \left( 0.15 \sqrt{f^*_{c}} + 50 \frac{V_a dt}{M_a} \right)$$

Cuando existe el Acero de Presfuerzo combinado con Acero Ordinario, el Cortante del concreto será el del Acero si la fuerza de tensión que proporciona el Asp es mayor del 40% de la fuerza total de tensión.



$$T_{sp} + T_r = T_t$$

$$T_{sp} \geq 0.4 T_t$$

Para que se pueda usar la fórmula 1.

### LIMITACIONES

$$1a. V_c \geq 0.5 FR \quad b d \sqrt{f'_c}$$

$$2a. V_c \leq 1.3 FR \quad b d \sqrt{f'_c}$$

$$V_c = FR \quad b d \left( 0.15 \sqrt{f'_c} + \frac{50 V_u dt}{M_u} \right)$$

$V_u$  = Fuerza Cortante actuante

$M_u$  = Momento actuante en la sección considerada

$d$  = Distancia de la fibra extrema en compresión al centro del acero de presfuerzo a tensión.

$$d \leq 0.8 b$$

$dt$  = Distancia de la fibra extrema a compresión, al centroide de los tendones de presfuerzo (totalidad).

$$S = \frac{FR A_v f_y d}{V_u - V_c}$$

$$\text{Separación Máxima} = \frac{FR A_v f_y}{35 b} \quad \rightarrow \quad \text{por especificación}$$

Separación máxima por especificación:

1) Si  $V_u > V_c$

$$\text{y si } V_u \leq 1.5 FR \quad b d \sqrt{f'_c}$$

2) Si  $V_u > V_c$

$$\text{y } V_u > 1.5 FR \quad b d \sqrt{f'_c}$$

Entonces:

$$1) S_{max} \leq 0.75 h$$

2)

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{max} \leq 0.37 h \\ S_{max} \leq 60 \text{ cm} \end{array} \right.$$

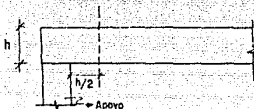
∴ Se toma la menor de las 3

#### FUERZA CORTANTE MAXIMA PERMISIBLE

$$V_{ua} \leq 2.5 FR \text{ bd } \sqrt{f'_{tC}} \longrightarrow \text{Cuando no se cumple hay que cambiar la sección.}$$

#### SECCIONES QUE SE DEBEN REVISAR

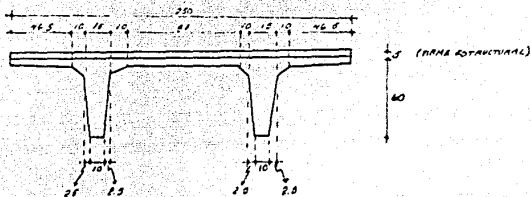
##### 1. Sección Crítica



2. Secciones donde se presenta engrase o desviación de tendones.
3. Sección al centro del claro y a cada metro después de ella.

Diseño por flexión de la trabe de la TT en entrepiso.

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS (Acotaciones en cm.)



L= 13m.

Usaremos torones 1/2"

f'c= 350 kg/cm<sup>2</sup>; fsr= 18000 kg/cm<sup>2</sup>

Ast 1/2" = 0.929 cm<sup>2</sup>

Asg= 2750cm<sup>2</sup>

Auc= 3643 cm<sup>2</sup>

Iss= 880500 cm<sup>4</sup>

Isc= 1'137,000 cm<sup>4</sup>

Yiss= 43.06 cm

Yisc= 47.87 cm

Yss= 15.94 cm

Yosc= 17.18 cm

Wpss= 660 kg/ml

CARGAS

Cargas en sección simple:

W.p.p. = 660 kg/ml. = 0.66 t/m

W. firme= .0.05m. x 2.50m. -  
x 2.40 t/m<sup>3</sup> =

0.30 "

(f'c firme= 250 kg/cm<sup>2</sup>)

Wss= 0.96 t/m

Cargas en sección compuesta

Wcv= 100 kg/m<sup>2</sup>

Wcm= 150 kg/m<sup>2</sup>

250 kg/m<sup>2</sup> = 0.25 t/m<sup>2</sup>

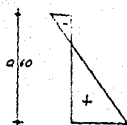
Wsc = 0.25 x 2.5 = 0.63 t/m

Mass=  $\frac{w l^2}{8} = \frac{0.96 (13)^2}{8} = 20.28 \text{ t.m}$

Masc=  $\frac{0.63 \times (13)^2}{8} = 13.31 \text{ t.m}$



Capacidad de Presfuerzo, (determina la cantidad de torones)



$$K\sqrt{f'ci} = 0.8 \sqrt{0.8 (350)} = 13.39 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tensión)}$$

$$0.6 K(f'ci) = 0.6 \times 0.8 \times 280 = 134.40 \text{ kg/cm}^2 \text{ (compresión)}$$

### Esfuerzos Actuantes

#### - SECCION SIMPLE

$$f_{iss} = - \frac{\text{Mass}}{I_{ss}} \quad Y_{iss} = - \frac{20.28 \times 10^5 \times 43.06}{880500} = - 99.18 \text{ kg/cm}^2 \text{ (T)}$$

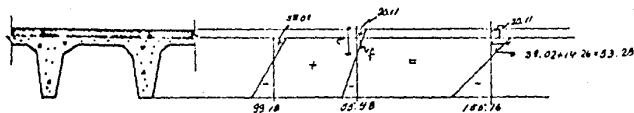
$$f_{sss} = \frac{\text{Mass}}{I_{ss}} \quad Y_{sss} = \frac{20.28 \times 10^5 \times 16.94}{880500} = + 39.02 \text{ kg/cm}^2 \text{ (C)}$$

#### - SECCION COMPUESTA

$$f_{isc} = \frac{\text{Masc}}{I_{sc}} \quad Y_{isc} = \frac{13.31 \times 10^5 \times 47.82}{1'137000} = - 55.98 \text{ kg/cm}^2 \text{ (T)}$$

$$f_{ssc} = \frac{\text{Masc}}{I_{sc}} = Y_{ssc} = \frac{13.31 \times 10^5 \times 17.18}{1'137000} = 20.11 \text{ kg/cm}^2 \text{ (C)}$$

DIAGRAMA DE ESFUERZOS ACTUANTES TOTALES:



$$\frac{20.11}{C'} = \frac{55.98 + 20.11}{65}$$

$$C' = 17.18 \implies \frac{20.11}{17.18} = \frac{f}{17.18-5}$$

$$f = 14.26$$

### ESFUERZOS PERMISIBLES

- Inmediatamente después de la transferencia

$$\text{Compresión} = 0.6 f'c_i = 168 \text{ kg/cm}^2$$

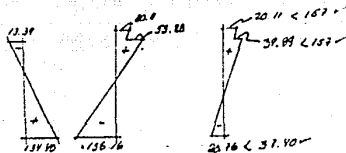
$$\text{Tensión} = \sqrt{f'c_i} = 16.7 \text{ ''}$$

- Después de las pérdidas

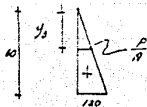
$$c = 0.45 (f'c) = 157$$

$$T = 2\sqrt{f'c} = 37.4$$

Revisión de la Sección al  $\phi$



La sección está sobrada . . . podemos proponer un diagrama de presfuerzo más reducido.



$$\frac{120}{60} = \frac{P/A}{16.94}$$

$$\frac{P}{A} = 33.88$$

$$P = 33.88 (2750) = 93,170.00$$

Usando torones de 1/2"

$$\begin{aligned}
 0.7 (18000) &= 12600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (esfuerzo permisible en el acero de presfuerzo)} \\
 P_0 &= 12600 (0.929) = 11,705.40 \\
 P &= 0.8 (11,705.40) = 9,364.32 \text{ (para un torón de 1/2")} \\
 \# \text{ Torones} &= \frac{93,170}{9,364.32} = 9.95 = 10 \text{ torones}
 \end{aligned}$$

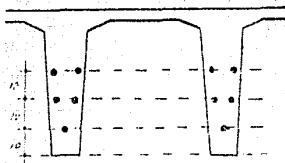
Excentricidad Teórica

$$e_t = \frac{I}{P_e f_y Y_i} = \left( f_{cp} - \frac{P}{A} \right)$$

$$e_t = \frac{880500}{93,170(43.06)} (120 - 33.88)$$

$$e_t = 18.90$$

$$C' = Y_i - C_t = 43.06 - 18.90 = 24.16$$



$$e'_{real} = \frac{2 \times 10 + 4 \times 22 + 4 \times 34}{10} = 24.40$$

$$e'_{real} = Y_i - e'_{r} = 43.06 - 24.40 = 18.66 \text{ cm} = C_T$$

REVISION DE EQUILIBRIOS POR PRESFUERZO REAL ( Para las secciones críticas )

- Inmediatamente después de la transferencia (Se revisa la sección en el apoyo)

$$f_i = \frac{P_0}{A_{ss}} + \frac{P_0 e_r}{I_{ss}} \quad Y_{ss} = \frac{10 \times 11,705.40}{2750} + \frac{10 \times 11,705.40 (18.66)}{880500} \quad (43.06)$$

$$f_i = 149.38 \text{ kg/cm}^2 \quad 168$$

$$f_s = \frac{P_0}{A_{ss}} - \frac{P_0 e_r}{I_{ss}} \quad Y_{ss} = \frac{10 \times 11,705.40}{2750} - \frac{10 \times 11,705.40 (18.66)}{880500} \quad (16.94)$$

$$f_s = 0.54 \text{ kg/cm}^2 \quad 168$$

- Después de las pérdidas (Se revisa la sección al c)

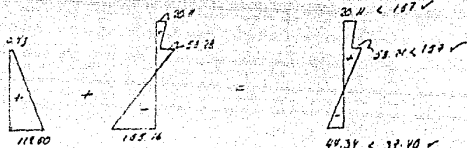
$$f_i = \frac{10 \times 9364.32}{2750} = \frac{10 \times 9364.32 (18.66)}{880500} \quad (43.06)$$

$$f_i = 119.50 \text{ kg/cm}^2 \quad 157$$

$$f_s = \frac{10 \times 9364.32}{2750} = \frac{10 \times 9364.32 (18.66)}{880500} \quad (16.94)$$

$$f_s = 0.43 \text{ kg/cm}^2 \quad 157$$

#### DIAGRAMA DE ESFUERZOS FINALES



∴ La sección está correcta por flexión

#### REVISIÓN POR RESISTENCIA

Si  $a = 0.9 e < t$  trabaja como viga rectangular

$$a = \frac{A_{sp} f_{sp}}{b f_c} \quad \text{donde} \quad A_{sp} = \text{área de acero de prefuerzo}$$

$$f_{sp} = f_{sr} (1 - 0.5 pp \frac{f_{sr}}{f'_{cp}})$$

$$pp = \frac{A_{sp}}{bd} = \frac{10 \times 0.929}{250 \times 40.6} = 0.000915$$

$$d = h - r = 65 - 24.4 = 40.60 \text{ cm.}$$

$$f_{sp} = 18000 \left( 1 - 0.5 (0.000915) \frac{18000}{350} \right) = 17,576.36 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = \frac{10 \times 0.929 \times 17576.36}{250 (170)} = 3.84 \text{ cm.} < 5 \text{ cm.}$$

∴ La viga trabaja como rectangular

$$MUR = FR \left[ Asp \text{ fsp } \left( d - \frac{a}{2} \right) \right]$$

$$MUR = 0.9 \left[ 9.29 \times 17,576.36 \left( 40.6 - \frac{3.87}{2} \right) \right]$$

$$MUR = 5'684,110.09 \text{ kg.cm} = 56.84 \text{ t.m}$$

$$M_{ua} = 1.4 ( 20.28 + 13.31 ) = 47.03$$

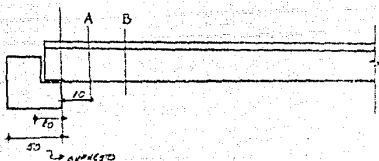
∴ MUR < MUA la sección está correcta por resistencia

#### REVISION POR FUERZA CORTANTE

Se proporciona estribos de  $\phi = 3/8"$  con  $as = 0.71 \text{ cm}^2$  y  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$\phi = SECCION \#$

Se definen las secciones a revisar



$$\text{Sección A} = \frac{a}{2} + 10 = \frac{bb}{2} + 20 = 52.5 \text{ cm.}$$

- B = 1 m.
- C = 2 m.
- D = 3 m.
- E = 4 m.
- F = 5 m.
- G = 6 m.
- H = 6.5 m.

Para traves TT

$$Vc = Fr ( 2 b'd ) \left[ 0.15 f'c + 50 \frac{Vuadt}{Mua} \right]$$

$$d < \begin{cases} H - r = 65 - 24.4 = 40.60 & \text{Se toma esta} \\ 0.8 H = 0.8(65) = 52 \end{cases}$$

$$dt = h - e'r = 65 - 24.40 = 40.60 \text{ cm.}$$

En este caso  $dt = d$

$$W_a = 0.96 + 0.63 = 1.59 \text{ t.m}$$

$$W_{ua} = 1.4 \times 1.59 = 2.23 \text{ t.m}$$

$$R = \frac{2.23 \times 13}{2} = 14.47 \text{ ton.}$$

$$V_{ua} = R - W_{ua} \times x = 14.47 - 2.33 \times x$$

$$M_{ua} = R x - W_{ua} \frac{x^2}{2} = 14.47 (x) - 2.23 \frac{x^2}{2}$$

$$0.15 f^*c = 0.15 \cdot 0.8 (350) = 2.51$$

$$F_r (b'd) = 0.8 (2 \times 10 \times 40.60) = 649.60$$

Rev. Modificación  $h < 1m$   $V_c = V_c$

$$\frac{h}{D} = \frac{65}{20} = 3.25 < 6 \quad V_c = V_c$$

$$V_{emin} = 0.5 F_r \cdot 2 b'd \cdot f^*c = 0.5 (0.8) 2 (10) (40.6) 280 = 5.43 \text{ T.}$$

$$V_{emax} = 1.3 F_r \cdot 2 b'd \cdot f^*c = 1.3 (0.8) 2 (10) (40.6) 280 = 14.13 \text{ T.}$$

$$V_{ua \text{ max}} = 2.5 F_r (2 b'd) \cdot f^*c = 27.17 \text{ T.}$$

Separación de estribos

$$S = \frac{F_r A_v f_{yd}}{V'} = \frac{0.8 (2 \times 0.71) 4200 (40.6)}{V'} = \frac{193.71}{V'}$$

$$S_{max} = \frac{Fr Av fy}{3.5 (2b')} = \frac{0.8 (2 \times 0.71) 4200}{3.5 (20)} = 68.16$$

$$S_{max} \quad V_{ua}: \quad 1.5 Fr \quad 2 b'd \quad 280 = 16.30 T. \quad 13.30 \quad 16.30$$

$$S_{max} = 0.75 h = 0.75 (65) = 48.75$$

SECCION	A	B	C	D	E	F	G	H	
CONCEPTO	x=0.525	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	6.50	
$V_{ua} = 14.47 - 2.23 x$	13.30	12.24	10.01	7.78	5.55	3.32	1.09	0	Ton.
$M_{ua} = 14.47x - 2.23 \frac{x^2}{2}$	7.29	13.36	24.46	33.38	40.04	44.48	46.68	46.95	t.m
$\frac{V_{ua} dt}{M_{ua}} \quad 1$	0.74	0.37	0.17	0.09	0.06	0.03	0.01	0.00	
$0.15 f'c + 50 \frac{V_{uadt}}{M_{ua}}$	39.51	21.01	11.01	7.01	5.51	4.01	3.01	2.51	
$V_c = Fr (2'b'c) \left[ \frac{V_{uadt}}{M_{ua}} \right]$	25.67	13.65	7.15	4.55	3.58	2.80	1.96	1.63	Ton.
Vc definitivo	14.13	13.65	7.15	5.43	5.43	5.43	5.43	5.43	T(Se corri- geon Vc- min y Vc- max
$V' = V_{ua} - V_c \text{ def.}$	--	--	2.86	2.35	0.12	--	--	--	Ton
$s = \frac{193.71}{V'}$	--	--	57.73	82.43	1614.25	--	--	--	cm.
$S_{max} = \frac{Fr Av fy}{3.5 b}$	68.16	68.16	68.16	68.16	68.16	68.16	68.16	68.16	
$\delta S_{max} = 0.75 K$	48.75	48.75	48.75	48.75	48.75	48.75	48.75	48.75	
S definitiva	45	45	45	45	45	45	45	45	Para mayor rapidez de fabricación

### CALCULO DE CONECTORES PARA FUERZA HORIZONTAL

Usaremos conectores  $\emptyset$  3/8"

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cp} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{c \text{ firme}} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

Ya hemos determinado que a t

$$a = 3.84 \text{ cm.} \quad 5 \text{ cm.} = t$$

para momento positivo  $F_h = C \text{ patín}$

$$C \text{ pat} = A \text{ pat} \times f'_{c \text{ firme}}$$

$$A \text{ pat} = 250 \times 5 = 1250 \text{ cm}$$

$$f'_{c \text{ firme}} = 250 \times 0.8 \times 0.85 = 170$$

$$C \text{ pat} = 1250 (170) = 212.5 \text{ ton.} = F_h$$

Comparamos  $F_h : 2.8 \text{ Fr } \leq 1 \text{ v} \text{ h}$

$$b_v = \text{ancho sup. cont.} = 250$$

$$l_{vh} = \text{long. cort. hzta.} = \frac{1}{2} = \frac{1300}{2} = 650 \text{ cm.}$$

$$2.8 (0.8) (250) (650) = 364 \text{ ton.}$$

$F_h = 212.5 \text{ T} < 364 \text{ T}$   $\therefore$  no se requieren conectores para fza. hzta.

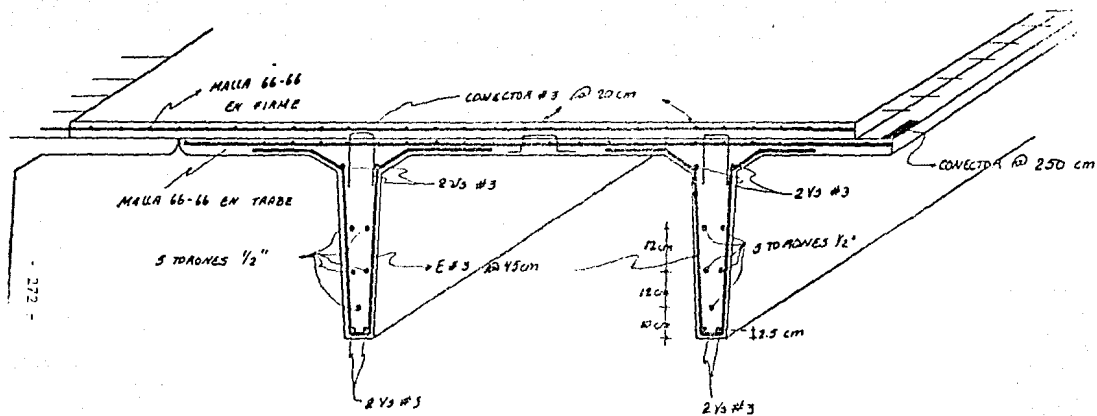
$\therefore$  Usamos la separación máxima de conectores

$$S \text{ max } c = 4 t \quad \text{donde } t = 5 \text{ cm.}$$

$$S \text{ max} = 4 (5) = 20 \text{ cm.}$$



FIG. III.1



TABE II EN ENTREPISO (2.50 Y 2.00 m)

ARMADOS EN LA VIGA II

### 3.4 ESTRUCTURACION

Para asegurar las ventajas de la industrialización, un gran número de elementos estructurales iguales deben ser considerados en el diseño de edificios. - El módulo seleccionado debe ser conveniente, tal que se toman en cuenta los siguientes aspectos.

- 1) Fabricación de piezas estandar de acuerdo a dimensiones establecidas (anchos, peraltes y longitudes).
- 2) Realizar el transporte de las piezas al sitio de la obra en forma económica y eficiente (no exceder anchos y longitudes máximas de plataformas y además tener la posibilidad de enviar varias piezas en un solo viaje).
- 3) Efectuar el montaje de la forma más sencilla de acuerdo a los accesos disponibles en la obra.

El módulo de estructuración debe seleccionarse también atendiendo al destino que se le designe al edificio. Para esto, el estructurista y el Arquitecto tal vez requieran consultar con las compañías prefabricadoras acerca de los elementos estructurales y sus características desde los inicios del proyecto.

De esta forma el módulo seleccionado, está sujeto a limitaciones, dependiendo de la dirección que se esté considerando, es decir, en un módulo estructural existen dos direcciones. En una dirección se localiza el ancho individual de las unidades y en la otra se localiza la longitud del miembro. Basta aplicar los catálogos de productos de las prefabricadoras, para definir el tipo de elementos que formaran el módulo en base a la sobrecarga útil requerida en el proyecto. Sin embargo, en algunos casos se necesita la asesoría técnica de los expertos en prefabricación para determinar conexiones especiales, fachadas arquitectónicas y detalles constructivos para que pueda ser factible el uso de elementos prefabricados en los proyectos que se presten para este fin.

El despique de miembros estructurales para ciertos proyectos puede hacerse en los elementos descritos en el capítulo 2 del presente trabajo, donde se hace mención de las aplicaciones que cada pieza tiene para poder formar una estruc

tura completa. Por ejemplo se indica que las traves T y TT puedan ser la cubierta de entrepiso de un edificio así como la trabe de sección T invertida -- puede funcionar como elemento portante en zonas intermedias siendo la trabe de sección L la solución para las zonas extremas como elemento portante, también se menciona la posibilidad de usar la trabe de sección I o la de sección rectangular como elemento rigidizante de un módulo.

Existen muchas variantes de estructuración con elementos prefabricados que solo estarán sujetas a la imaginación o decisión del proyectista. Así, estos componentes son usados en forma conjunta para lograr las estructuras, mismas que caen dentro de dos categorías generales:

- 1) Estructuras a base de muros
- 2) Estructuras a base de muros de cortante

Sin embargo, existen varias combinaciones de los sistemas arriba mencionados, que a su vez determinan subcategorías y que permiten al proyectista optimizar la función destinada para el edificio, y al mismo tiempo minimizar las -- restricciones al aspecto arquitectónico impuestas por el sistema resistente a -- fuerzas laterales del edificio. Atendiendo a lo anterior, se permite el uso de elementos prefabricados para resistir sismos (fuerzas laterales) siempre y cuando estén bien fundamentados el diseño y los detalles de conexión de los miembros estructurales que resistirán dichas sollicitaciones.

Sin embargo el uso de elementos prefabricados y/o prefundados verticales para resistir sismo ha sido limitado a aquellas situaciones donde la carga se transfiere directamente de los miembros prefabricados hacia la cimentación.

Se describirá entonces como los bloques básicos se empaquetan para formar -- las estructuras de los edificios y cada vez que sea posible, el proyectista deberá usar en su diseño piezas y dimensiones estándar disponibles en la región donde se vaya a ejecutar la obra. Esto reducirá los costos tanto de fabricación (al emplearse moldes ya manufacturados) como de transporte.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES ESTANDAR

Gráficas pág. 6 y 7

Ancho (m)	Peralte (m)	Longitud (m)
--------------	----------------	-----------------

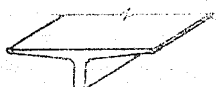
FIG. III.2



1.45 - 2.70	0.20 - 0.70	6.00 - 24.00
-------------	-------------	--------------

Sección "E"

FIG. III.3



1.50 - 3.00	0.40 - 1.20	6.00 - 30.00
-------------	-------------	--------------

Sección "T"

FIG. III.4



1.75 - 3.00	0.75 - 1.05	15.00 - 25.00
-------------	-------------	---------------

Sección "T variable (T')

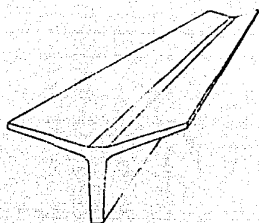


FIG. III.5

Ancho (m)	Peralte (m)	Longitud (m)
2.94	0.80 - 1.20	15.00 - 30.00

Sección " TY "

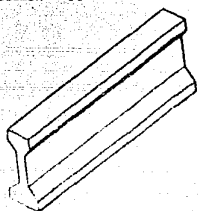


FIG. III.6

0.30 - 0.40	0.80 - 1.00	6.00 - 22.00
-------------	-------------	--------------

Sección " I " para edificios

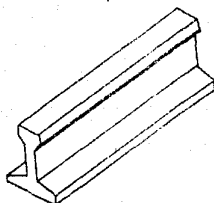
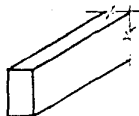


FIG. III.7

0.55 - 0.66	1.5 - 1.35	12.00 - 30.00
-------------	------------	---------------

Sección " I " para puentes especificación AASHTO

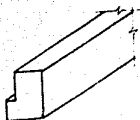


0.30 - 0.80	0.45 - 1.00	6.00 - 20.00
-------------	-------------	--------------

Sección Rectangular

FIG. III.8

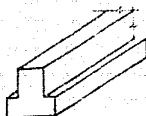
FIG. III.9



Ancho (m)	Peralte (m)	Longitud (m)
0.30 - 0.70	0.45 - 1.00	6.00 - 15.00

Sección "L"

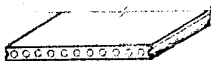
FIG. III.10



0.30 - 0.70	0.45 - 1.00	6.00 - 15.00
-------------	-------------	--------------

Sección "T" Invertida

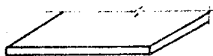
FIG. III.11



1.00 - 1.20	0.08 - 0.254	3.00 - 14.50
-------------	--------------	--------------

Losa Extruida

FIG. III.12



0.80 - 2.70	0.05	2.80 - 8.00
-------------	------	-------------

Tableta Retorcida

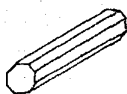
FIG. III.13



Ancho (m)	Peralte (m)	Longitud (r)
0.25 - 0.70	0.25 - 1.00	3.00 - 30.00

Columnas

FIG. III.14



0.35 - 0.50	0.35 - 0.50	5.00 - 30.00
-------------	-------------	--------------

Pilotes

En la gráfica que se muestra en la siguiente página (fig. III) se puede apreciar el concepto de emplear componentes estandar en un módulo de 12.50 metros.

Se ilustran en un solo dibujo, varias alternativas de estructuración para un edificio de 2 niveles, en cuanto a los miembros del sistema portante. Si las fachadas o paneles exteriores del edificio se diseñan como miembros no estructurales (solamente como elementos arquitectónicos), entonces se requieren travesaños portantes extremos de sección L para soportar el sistema de piso a base de trabes de acero en las cabeceras del edificio. Esta situación permite a la vez que las fachadas se puedan modular de diferente forma en cuanto al ancho de las mismas si el proyecto lo requiere. No así, si el sistema portante se efectúa con paneles estructurales para soportar cargas, en donde normalmente se diseñan con el mismo ancho modular que el sistema de piso con mensulas en la cara inferior del panel para cargar los nervios del sistema de piso, en este caso doble T.

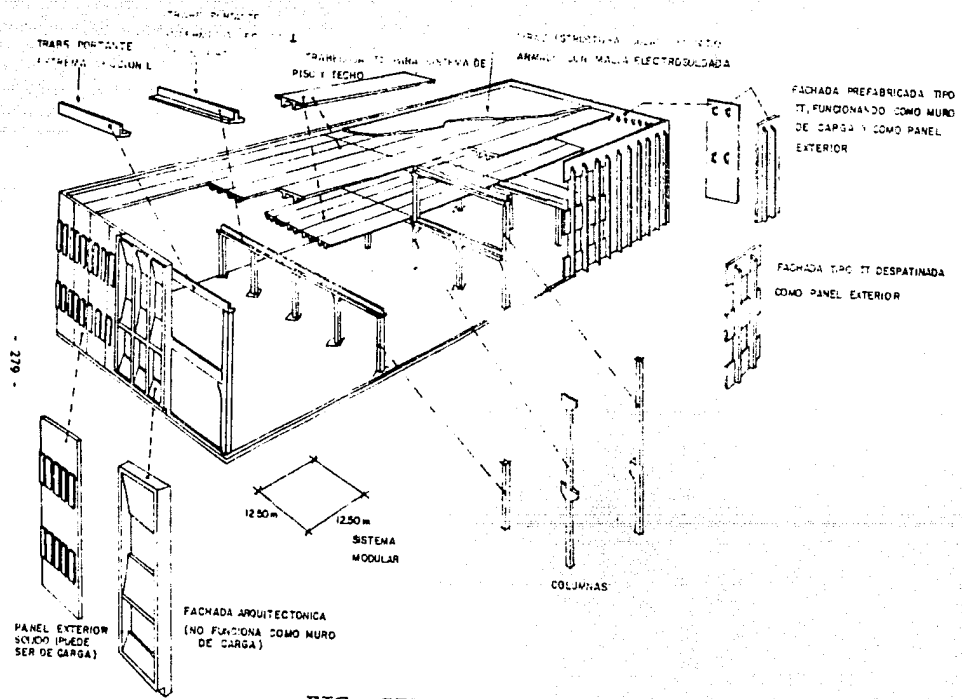


FIG. III.15



En cuanto a los elementos portantes interiores, es posible lograrlos con traveses de sección "T" invertida (como se observa en la figura III) o con traveses de sección rectangular para que ya sea en el patín de la T invertida o en el ancho de la sección rectangular apoyen los nervios de las dobles T del sistema de piso. A su vez las traveses portantes se descansan en las ménsulas de las columnas.

Debido a la reducción de peso de la estructura por el uso de sistema de piso prefabricados, es posible utilizar diferentes alternativas de columnas. Como se puede apreciar en la figura, solo una que otra columna interior es de dos niveles. De la misma forma se estructuran las columnas de las esquinas y las del eje de simetría del edificio, mientras que las demás columnas interiores son de un solo nivel. Cabe aclarar que se puede utilizar cualquier combinación en la estructuración de columnas, siendo esta, decisión del proyectista. Las columnas de un solo nivel pueden ser prefabricadas y/o coladas en sitio, según necesidades del proyecto.

Por la misma razón indicada en el párrafo anterior, es posible lograr claros más grandes en el módulo de estructuración. Esto es, que se pueden alargar en los sentidos de la estructuración, obteniéndose más superficie cubierta con menor volúmen de concreto colcasto.

Para rigidizar el sistema usualmente se acostumbra colar en sitio un firme estructural armado con mallas electrosoldadas tanto para el entrepiso como para la azotea del edificio. Esto permite que se forme la sección compuesta y así un diafragma horizontal que transmite las fuerzas laterales (sismo y viento) al sistema resistente de vigas solitarias. En el caso de la figura III se observa que dicho sistema se logra con los paneles estructurales, los que funcionarán como muros de cortante horizontal.

Como ya se explicó en el capítulo 2 de este trabajo las piezas prefabricadas que integran sistemas de piso pueden concebirse como sección simple o como sección compuesta en la estructura. Para lograr el diafragma horizontal en estructuras con elementos de sección simple usualmente se interconectan las unidades mediante soldadura de electrodo con calidad radiográfica en los accesorios que se diseñan especialmente para realizar las conexiones, o también mediante empates de concreto colado en sitio en los extremos, colocando refuerzo adicional para cortante de fricción en esas zonas. Este aspecto se trata con mayor detalle más adelante en el capítulo 4.

Atendiendo a los Reglamentos para el diseño de piezas prefabricadas y/o presforzadas, se requiere que al unir los elementos, se integren sistemas que provean de resistencia a fuerzas laterales mediante detalles de confinamiento, tal que hagan que se logre un resultado similar al que se obtendría con estructuras de concreto colado en sitio. Por lo tanto las conexiones necesarias se requieren para que la estructura sea "monolítica" cerca de los puntos de esfuerzos máximos, donde se necesita que el edificio actúe como una unidad integral.

Lo anterior puede lograrse con cualquiera de las opciones para resistir fuerzas laterales que se presentan a continuación. Puede observarse que se dividen de igual forma que los sistemas de piso, es decir, que puedan usarse sistemas prefabricados en su totalidad o mixtos, siendo las categorías de estos sistemas los siguientes:

### 3.4.1 A BASE DE MUROS DE CORTANTE

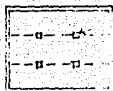
SU VIDA EXISTEN SUBCATEGORÍAS:

MUROS DE CORTANTE	SISTEMA PREFABRICADO	SISTEMA MIXTO	SISTEMA MIXTO (Prefabricado)
1. Perimetrales			
2. Interiores			
3. Dobles			

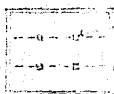
En adelante y para cada configuración básica, se expone un comentario acerca del aspecto sísmico de la estructura indicada, relacionada con los conceptos usados para estructuras de concreto colado en sitio.

#### COMENTARIO

##### 1. MURO DE CORTANTE PERIMETRAL SISTEMA PREFABRICADO



SISTEMA MIXTO  
(TOTALMENTE PREFABRICADO)



SISTEMA CELULAR  
(TOTALMENTE PREFABRICADO)

Las conexiones horizontales y verticales son logradas por medio de cierres con -- concreto colado en sitio. Las juntas horizontales si son indicadas, pueden ser una combinación de lechada, empaque y/o concreto colado en sitio, para integrar una conexión monolítica. Las juntas verticales pueden requerir de cierres para cortante (CASTILLOS) con estribos horizontales y refuerzo vertical colocado en campo.

Las conexiones verticales, como lo es la soldadura de electrodo a placas de acero puede ser usada para transferir el efecto del cortante. Están diseñadas para trabajar elásticamente bajo cargas accidentales como el sismo.

Elementos de frontera se requieren si en los muros la relación  $h/D \geq 4$  (castillos y/o calas de cierre)

Siendo  $h$  = altura del muro

$D$  = ancho efectivo del muro

Si existen aberturas en los muros deben ser colocadas cuidadosamente para prevenir fallas locales (agrietamiento).

Un diafragma horizontal continuo se requiere para transmitir el efecto del cortante



(se logra con un firme estructural colado en sitio); asimismo una conexión eficiente se requiere para transmitir las cargas de los muros hacia la cimentación.

## 2. MURO DE CORTANTE INTERIOR SISTEMA PREFABRICADO

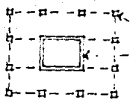


Idem al de muro de cortante perimetral añadiendo:

Aspectos que requieren el desarrollo de investigaciones:

- Las vigas y columnas prefabricadas -- son elementos que soportan únicamente carga vertical.

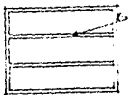
### SISTEMA MIXTO



- Los muros interiores deberán ser aceptados y analizados para torsión.

Se debe tener cuidado en el diseño de estructuras industriales en las que -- solamente se da la rigidización lateral con muros interiores.

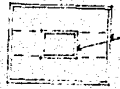
### SISTEMA CELULAR



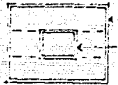
## 3. MURO DE CORTANTE DOBLE SISTEMA PREFABRICADO

Idem a los demás sistemas a base de muros de cortante.

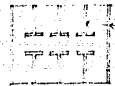
SISTEMA PREFABRICADO



SISTEMA MIXTO



SISTEMAS CELULARES



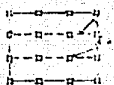
3.4.2 A BASE DE MARCOS

CON LAS SIGUIENTES SUBCATEGORIAS

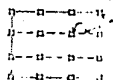
MARCOS	SISTEMA PREFABRICADO	SISTEMA MIXTO
1. Perimetrales	<p>                     0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                 </p>	<p>                     0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                 </p>
2. Uniformes	<p>                     0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                 </p>	<p>                     0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                 </p>
3. Dobles	<p>                     0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                 </p>	<p>                     0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                      0 0 0 0                 </p>

Al igual que para los muros de cortante, se expone el comportamiento sísmico de la estructura en cuestión.

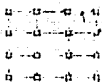
## MARCOS PERIMETRALES SISTEMA PREFABRICADO



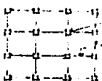
## SISTEMA MIXTO



## MARCOS UNIFORMES



## SISTEMA MIXTO



## COMENTARIO

Los sistemas a base de marcos, ya sean prefabricados o mixtos se diseñan de acuerdo a los requerimientos del Reglamento de Construcciones del D.F. así como con lo prescrito en el I.C.I.

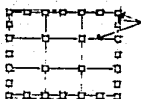
El método más frecuentemente usado es el de unidades individuales. Para columnas se utilizan empalmes en zona de crítica con refuerzo adicional colocado en carga y cierres de concreto colados en sitio. Para marcos perimetrales las vigas y columnas interiores solamente soportan cargas verticales.

Se forman marcos estructurales en ambos sentidos, por lo tanto, todos los elementos proveen de rigidez lateral.

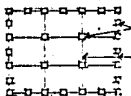
- Aspectos que requieren el desarrollo de investigaciones

- Gran potencial existe en la formación de edificios a base de marcos estructurales mixtos y con segmentos post-tensados como vigas y columnas. Este tipo de construcción puede lograr gran ahorro de energía, manteniendo el concreto prefabricado en el estado plástico.

### 3. MARCOS DOBLES SISTEMA PREFABRICADO



### SISTEMA MIXTO



Gran parte de esta investigación ha sido realizada por el profesor Robert Park y colegas en la Universidad de Canterbury en Nueva Zelanda. Este aspecto ha progresado hasta el punto de que el reglamento de Construcciones de ese país está redactando los requerimientos para estructuras a base de marcos dúctiles con elementos presforzados. Los detalles de conexión y sistemas específicos de prueba permanecen aún sin ser realizados.

### 3.4.3 COMBINADOS MUROS Y MARCOS

SIENDO LAS SUBCATEGORIAS:

#### MUROS Y MARCOS

#### SISTEMA PREFABRICADO

#### SISTEMA MIXTO

#### SISTEMA CELULAR

##### 1. MUROS PERIMETRALES



##### 2. MUROS INTERIORES



##### 3. MUROS CONFINADOS



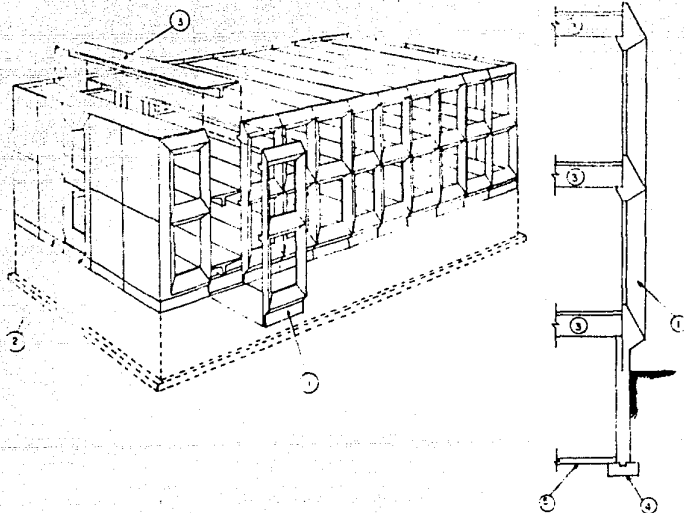
A este tipo de estructuraciones, se puede agregar que, cuando son propuestos muros confinados prefabricados, la rigidez resultante de las vigas es menor que la de la columna del sistema. Si la viga es de mucha rigidez, tal como una viga extrema de sección "L", entonces la columna debe ser diseñada a fin de que se obtenga un compartimiento elástico, bajo cargas accidentales de diseño (tales como el sismo ó el viento).



### 3.4.4 EJEMPLOS GRAFICOS

A continuación se presentan algunas gráficas en las que se aprecian diferentes tipos de estructuración para edificios, talleres y naves industriales, añadiendo a estos el sistema de piso y/o cubierta utilizado, de acuerdo a Sistemas Prefabricados, o mixtos. Aunque también se proponen algunas configuraciones básicas de estructuración en el capítulo 2 del presente trabajo.

FIG. III. 16 EDIFICIO DE OFICINAS DE 3 NIVELES

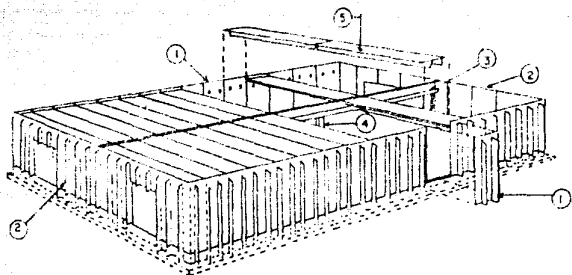


CARACTERÍSTICAS:

Sistema prefabricado a base de muros de cortante perimetrales. A su vez son muros de carga.

1. Fachadas o paneles exteriores de carga
2. Fachadas exteriores perimetrales (no son de carga)
3. Sistema de piso y techo a base de trabelosas tipo " T "
4. Cimentación a base de zapatas corridas (pueden ser prefabricadas)
5. Losa de cimentación colada en sitio

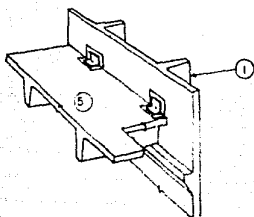
FIG. III. 17 TALLER DE UN SOLO NIVEL



#### CARACTERISTICAS:

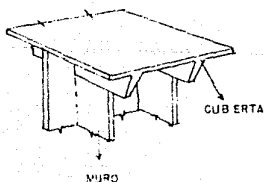
Sistema prefabricado a base de muros de cortante perimetrales con elementos de sección TT. Con los mismos elementos se integra el sistema de cubierta.

1. Fachadas tipo TT de carga con ménsulas interiores
2. Fachadas tipo TT solamente proporcionando la rigidez lateral en el otro sentido
3. Trabe portante intermedia sección " T " invertida
4. Columnas formando marco en el sentido largo del edificio
5. Sistema de cubierta con piezas " TT "



La conexión de los dos sistemas también puede lograrse haciendo la ménsula corrida en el muro TT portante.

Puede en algunas ocasiones eliminarse la ménsula de apoyo, haciendo que el conjunto se logre con los nervios (o almas) de las piezas.



EDIFICIOS PREFABRICADOS A BASE DE MÓDULOS MARRITRALES.- Pueden ser de oficinas o para habitación.

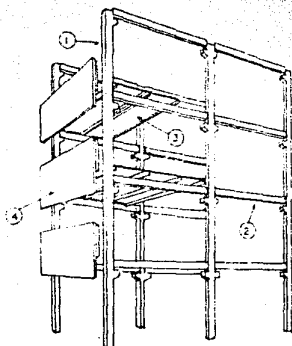


FIG. III .18

Edificio con Columnas de piso a techo -- formando nulos rígidos con las traves -- portantes. Corresponde a un sistema estático " A " (ver sig. hoja).

1. Columnas prefabricadas de piso a techo
2. Traves portantes prefabricadas
3. Sistema de piso prefabricado en sección compuesta
4. Fachadas Arquitectónicas no Portantes

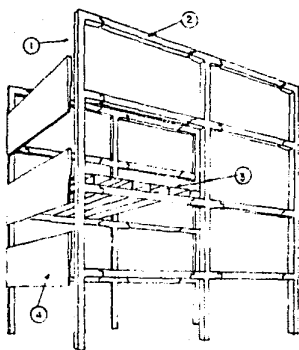


FIG. III .19

Edificio con Columnas rígidas de piso a techo formando articulación con las vigas -- portantes en donde el momento es nulo. Co -- rresponde a un sistema estático " B ", -- (ver sig. hoja).

1. Columnas Prefabricadas de piso a techo con ménsulas para apoyar vigas portantes
2. Traves portantes prefabricadas articuladas
3. Sistema de piso prefabricado en sección compuesta
4. Fachadas arquitectónicas no portantes

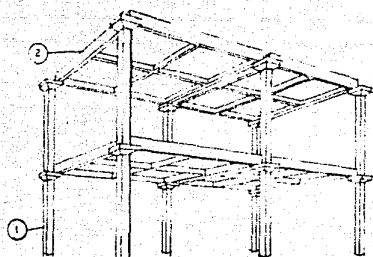


FIG. III.20

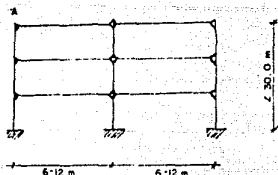
Edificio con columnas de piso a techo formando articulaciones en todos los nudos. Corresponde a un sistema estático "C", (ver sig. hoja)

1. Columnas con capitel prefabricados de piso a techo
2. Sistema de piso a base de losa articular prefabricada simplemente apoyada sin travesantes.

Las figuras anteriores corresponden a:

EDIFICIOS CON COLUMNAS CONTINUAS DE PISO A TECHO. De acuerdo a la estructuración de cada existen diferentes posibilidades en cuanto al sistema estático de este tipo de edificios.

FIG. III.20A)



- A) Entramado de nudos rígidos
- B) Entramado de columnas rígidas y vigas articuladas a ellos
- C) Entramado articulado en el que las cargas accidentales son tomadas por el empotramiento de las columnas o mediante un núcleo rígido. Solamente si existe nudo rígido, longitud de las columnas pueden ser de 30m., en caso contrario h 12m.

FIG. III.20 B)

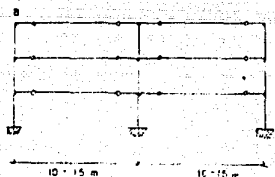
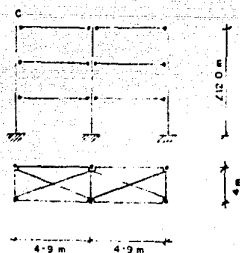


FIG. III.20 C)



EDIFICIOS PREFABRICADOS CON COLUMNAS DE UN SOLO NIVEL SUPERPUESTAS.

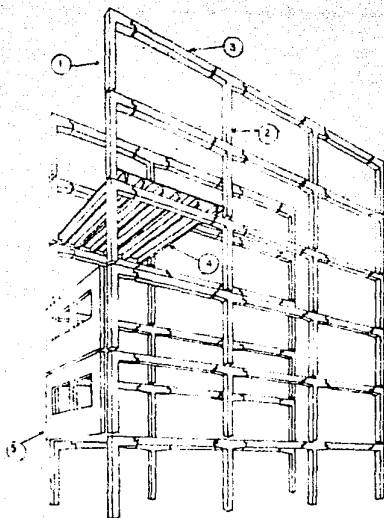


FIG. III.21

EDIFICIO CON COLUMNAS EN:

1. Extremas y en T intermedias con vigas -  
suspendidas en los puntos de momento nulo.

1. Columnas en L

2. Columnas en T

3. Trabes horizontales

4. Sistema de Fibras en Sección Compuesta

5. Paneles de Fachada

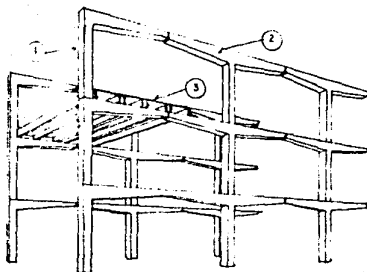
FIG. III.22

Edificio con Columnas tipo Avión formando  
el marco al centro del claro.

1. Columna Avión en " L "

2. Columna Avión en " T "

3. Sistema de Fibras en Sección Compuesta



NAVES INDUSTRIALES

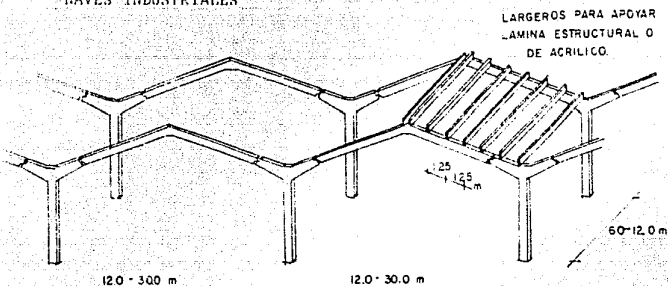


FIG. III.23 NAVE DE CRUJIAS MULTIPLES CON COLUMNAS EN "Y" Y ELEMENTOS PORTANTES EN V APOYANDO DONDE EL MOMENTO ES NULO.

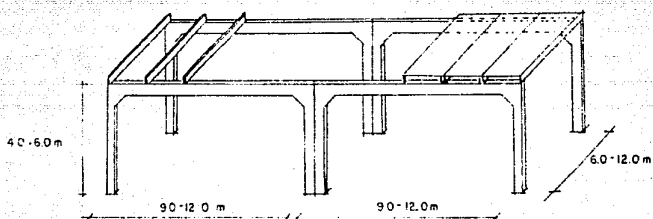


FIG. III.24 NAVE DE CRUJIAS MULTIPLES A BASE DE MARCOS RIGIDOS.- La cubierta puede formarse con largeros y lámina estructural, o con losas prefabricadas.

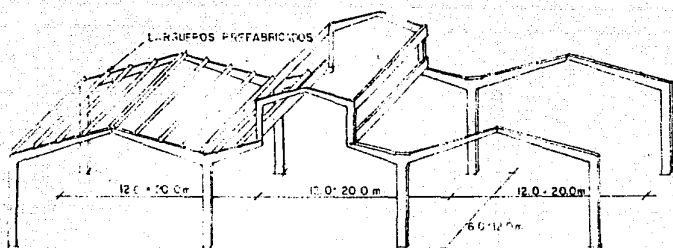


FIG. III.25

Nave de crujeas múltiples, con columnas tipo avión en "L" y en "Y" formando marcos articulados al centro. Esta estructura tiene un lucernarco en la nave central.

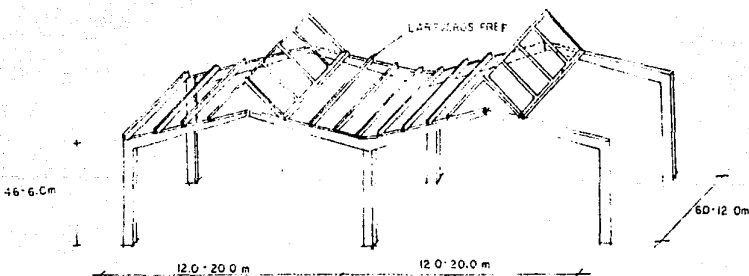


FIG. III.26

Nave de crujeas múltiples, de las mismas características que la anterior, o con gacetas y apoyos en la parte central.



## CAPITULO IV

### ASPECTOS DE ORGANIZACION

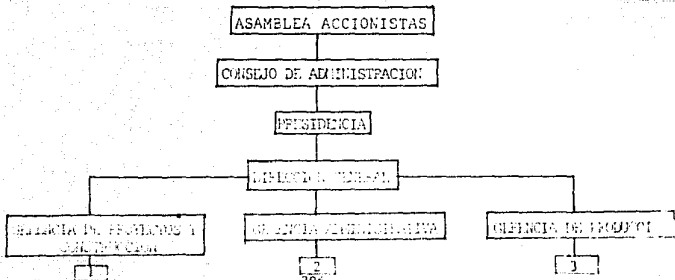
Las empresas deben tener definidas las funciones a realizar para lograr un objetivo, siendo en el caso específico de una prefabricadora, lograr la venta de sus productos. Por tal motivo existen divisiones encargadas de llevar dichas funciones a cabo a las cuales se les denominan departamentos.

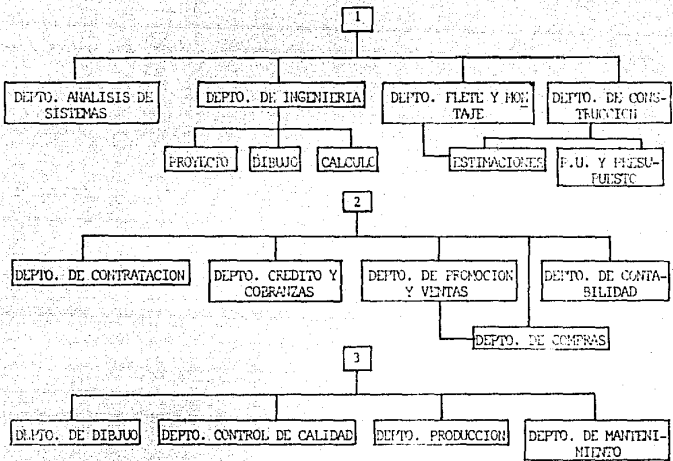
Cada departamento proveerá de los recursos a su disposición, para facilitar la consecución del objetivo principal de la empresa. De esta manera se puede entender que cada departamento tiene su propio objetivo dentro del sistema operativo, y la labor conjunta de todas las partes que conforman dicho sistema, resultará en una eficaz venta de productos fabricados por la empresa.

Así, tenemos que el desarrollo del objetivo requiere de un sistema operativo, en el que intervenga tanto el personal como el equipo disponible, haciendo necesario determinar las categorías de los departamentos obteniendo de esta forma, el Organigrama de la Compañía.

#### 4.1 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

En este inciso se explica de manera genérica, la forma en que podría integrarse una Empresa dedicada a la prefabricación de elementos de concreto, pretendiendo dar la idea, más no siendo esta integración definitiva y única.





De esta manera se puede organizar una empresa de elementos prefabricados u/o presforzados, aunque muchas organizaciones pueden tener más posiciones especializadas que las categorías aquí indicadas, sin embargo, básicamente un flujo eficiente de trabajo se puede lograr con la ya mostrada.

Ya sea el Presidente o el Director General de la compañía (el cual en muchas empresas es el mismo) se encargará además de revisar constantemente el buen funcionamiento de la organización, de mantener control físico sobre las actividades primordiales de la empresa, esto es:

- 1) Revisar periódicamente los costos reales de los insumos contra los presupuestados, de acuerdo a la información que tanto el departamento de Contabilidad reporta como los datos, obtenidos a través de los departamentos de producción, construcción, flete y montaje. Así cualquier variación significativa de los costos programados garantiza su inmediata atención.
- 2) En general deberá de revisar los reportes que cada gerencia debe realizar ya sea en forma semanal o quincenal, para que no se pierda contacto con las necesidades, logros, deficiencias que estas presentan.
- 3) También se encargará de revisar y aprobar las cotizaciones y estimaciones por

presentar que importen cantidades considerables (mayores a \$ 50 000,000.00) a fin de llevar un control de las obras en proceso de contratación y/o ejecución.

4) De acuerdo a las actividades anteriores, ya sea el Presidente o el Director General tomará las decisiones adecuadas en cuanto a cambios en precios, rendimientos tal que redunden en la contratación de la captación obtenida a través del Depto. de Promoción y Ventas.

A continuación se mencionan las funciones principales que cada Gerencia y Departamentos tienen dentro de la organización, las que al coordinarse adecuadamente resultan en el logro del objetivo de este tipo de empresas que como ya explicamos, es la venta de elementos prefabricados y/o presforzados.

#### GERENCIA ADMINISTRATIVA

Como su nombre lo indica, tiene a su cargo la Administración de la Prefabricadora, sin embargo, no es la única actividad que desempeña, es decir, que no solo controla el aspecto Contable de la compañía (ingresos, egresos, créditos, cobranzas, etc.) sino que también tiene que ver por futuras operaciones comerciales, es decir, supervisar el manejo de las promociones y ventas de la compañía así como de que los presupuestos sean congruentes y entregados en tiempo.

Para desarrollar las actividades descritas, la Gerencia Administrativa se apoya en los departamentos en que se subdivide:

#### DEPARTAMENTO DE CONTABILIDAD

Es el encargado de llevar al corriente los impuestos, registrar ingresos y egresos, preparar reportes de Estados de Posición financiera de la empresa y estar en íntimo contacto con el Departamento de Crédito y Cobranzas a fin de evitar retrasos con los ingresos a recibir. Cabe aclarar que estas actividades implican un gran número de operaciones (impuestos, controles internos, archivos, etc.) dentro del departamento, pero que prácticamente se integran para dar forma a los reportes que se elaboran en el mismo.

## DEPARTAMENTO DE CREDITO Y COBRANZAS

---

Tiene a su cargo la revisión de las condiciones con los que se elabora cada contrato y en base a éstas preparar uno a uno los estados de cuenta de -- los clientes a fin de llevar un correcto control sobre ingresos a corto, medio y largo plazo. Debido a lo anterior, se puede deducir que este departamento deberá operar conjuntamente con el de Contabilidad.

En muchas compañías Contabilidad, Crédito y Cobranzas, forman un solo departamento para que el flujo de información sea más directo.

## DEPARTAMENTO DE CONTRATACION

---

Al ser aceptado algún presupuesto se deberá proceder a elaborar el contrato respectivo el cual deberá contener las bases y condiciones particulares de la obra que se cotizó. También se especificarán en este las cláusulas generales que integran dicho contrato.

Cabe aclarar que existen 2 tipos de contratos en cuanto a Clientes se refieren:

1) Contrato por Obra Pública.- Es aquel que se realiza en el Sector Público, es decir, que en este caso la prefabricadora funciona como Contratista del Gobierno Federal o Proveedor de la Administración Pública. Aunque no es muy usual, en algunos casos se llega a convocar directamente a las empresas de este ramo para la ejecución de obras con elementos prefabricados -- y/o presforzados. Por tal motivo para poder operar en el Sector Público, será necesario que las prefabricadoras tengan unos registros especiales tales como:

a) Registro en el Padrón de Contratistas del Gobierno Federal ante S.F.F. (Secretaría de Programación y Presupuesto).- Este registro da la posibilidad a las Prefabricadoras de que puedan presupuestar la ejecución de obras públicas que consideren el suministro, flete y montaje de elementos prefabricados y/o -

## DEPARTAMENTO DE CREDITO Y COBRANZAS

---

Tiene a su cargo la revisión de las condiciones con los que se elabora cada contrato y en base a éstas preparar uno a uno los estados de cuenta de los clientes a fin de llevar un correcto control sobre ingresos a corto, medio y largo plazo. Debido a lo anterior, se puede deducir que este departamento deberá operar conjuntamente con el de Contabilidad.

En muchas compañías Contabilidad, Crédito y Cobranzas, forman un solo departamento para que el flujo de información sea más directo.

## DEPARTAMENTO DE CONTRATACION

---

Al ser aceptado algún presupuesto se deberá proceder a elaborar el contrato respectivo el cual deberá contener las bases y condiciones particulares de la obra que se cotizó. También se especificarán en este las cláusulas generales que integran dicho contrato.

Cabe aclarar que existen 2 tipos de contratos en cuanto a Clientes se refieren

- 1) Contrato por Obra Pública.- Es aquel que se realiza con el Sector Público - es decir, que en este caso la prefabricadora funciona como Contratista del Gobierno Federal o Proveedor de la Administración Pública. Aunque no es muy usual, en algunos casos se llega a convocar directamente a las empresas de este ramo para la ejecución de obras con elementos prefabricados y/o prefabricados. Por tal motivo para poder operar en el Sector Público, será necesario que las prefabricadoras tengan unos registros especiales tales como:
  - a) Registro en el Padrón de Contratistas del Gobierno Federal ante S.P.P. (Secretaría de Programación y Presupuesto).- Este registro da la posibilidad a las Prefabricadoras de que puedan presupuestar la ejecución de obras públicas que consideren el suministro, flete y montaje de elementos prefabricados y/o -

presforzados. Aunque por lo general, al concursar obras de este tipo, dichas empresas tendrán que presupuestar también conceptos que no están dentro de su especialidad tales como: Obras Preliminares, Excavaciones, Terracerías, Ciementaciones, Complementos de Estructura, Albañilería, Acabados, Instalaciones, etc. No obstante se ha llegado a dar al caso de que la convocatoria de la dependencia solo se refiera a las especialidades que las prefabricadoras poseen, siendo este registro un requisito para concursar.

b) Registro en el Padrón de Proveedores de la Administración Pública Federal.- Se hace con el fin de ya sea suministrar productos elaborados, o de concursar para contratos de suministro de materiales y/o productos terminados, los que en este caso son elementos prefabricados y/o presforzados. Sin efectuar el trabajo de instalación o colocación. Por lo tanto se opera únicamente como proveedor.

La diferencia entre estos registros consiste en que en el primero los trabajos a desarrollar incluyen la colocación por unidad de obra terminada y en el segundo solamente se efectúa el suministro del producto elaborado.

Así, ya sea como contratista o como proveedor pueden llegar a realizar se contratos con el Sector Público. En ambos casos, el contrato es elaborado por la Dependencia, teniendo las empresas que apegarse a las cláusulas y condiciones que establecen dichos consumos.

2) Contrato por Obra Privada.- Se realiza directamente con el Sector Privado, siendo este tipo de contrato el más común debido a que las variantes que ofrece este Sector, da mayor posibilidades de obtener un Cliente, ya sea eg te Persona Física o Persona Moral. Asimismo como persona moral podrá en de terminado momento contratarse con una compañía constructora la fabricación

y/o flete y/o montaje de elementos prefabricados que esta necesita para la ejecución de la obra que la misma tenga a su cargo; o en algunos casos con empresas que aunque no tengan que ver con el ramo de la construcción requieran obra nueva ó ampliación de sus instalaciones, bodegas, naves industriales, talleres, etc. La misma aplicación podría mencionarse con respecto de las personas físicas.

Una vez que el Cliente y la prefabricadora se ponen de acuerdo en cuanto al precio y condiciones de entrega, el único requisito que existe es el de elaborar el convenio respectivo.

Se debe apuntar que los contratos que se celebran son generalmente elaborados por la Prefabricadora y el Cliente se limita a dar su consentimiento, a fin de que el trámite se realice rápidamente.

Al igual que los otros departamentos ya descritos, no pueden operar aisladamente, sino que debe de apoyarse de unos y dar apoyo a otros. Esto es, que para elaborar un contrato se tiene que recibir la información que proporciona el Departamento de Promoción y Ventas, a su vez el de Contratación documentará a Contabilidad, Crédito y Cobranzas del nuevo o nuevos Clientes con los que se celebrarán contratos.

Y no solo limitará su apoyo a Departamentos de su misma Gerencia, sino que a través de la información que se recabe de todos los reportes, la del Departamento de Contratación, servirá directamente a la Gerencia de Producción y a los Departamentos de Construcción y de flete y montaje, para dar paso a las siguientes etapas que tienen como objetivo lo que ya se mencionó en el inicio del capítulo: La venta de los productos elaborados por la empresa (En este caso elementos de concreto prefabricados y/o presforzados).

#### DEPARTAMENTO DE PROMOCION Y VENTAS

Lleva a cabo 2 funciones primordiales en la empresa; la primera es la de dar a conocer a las personas físicas o morales, la existencia de los servicios y productos que la empresa pueda ofrecer a sus clientes, desde la asesoría técnica y coordinación de proyectos hasta la fabricación de secciones especia-

les según necesidades del proyecto.

De la primera función que desempeña este departamento resulta la ta. - que es precisamente la de obtener la venta de los productos ofrecidos.

Para que se logre esta actividad, Ventas deberá estar en continua coor- dinación tanto con el Departamento de Precios Unitarios y Presupuestos como con el Departamento de Ingeniería, ambos dependientes de la Gerencia de Cons- trucción, tal que los presupuestos de las estructuraciones propuestas o dadas se realicen rápidamente. Se contactará con el Departamento de Ingeniería si la estructuración no es proporcionada por el Cliente y por lo tanto debe propo- nerse.

En cualquiera de los casos en que el proyecto sea conseguido, Promo- ción y Ventas presionará en su caso a los Departamentos de Ingeniería y/o el de Precios Unitarios y Presupuestos a fin de que se obtenga rápidamente una de- cisión con respecto a la venta de los productos inicialmente ofrecidos.

Ahora bien, el desarrollo de estas actividades depende directamente de la información que se tenga acerca de nuevos proyectos y construcciones a realizar, por lo que el Departamento de Promoción y Ventas mantiene sus contactos acerca del trabajo que pueda llegar a efectuarse según se indica en el inciso 5.1. de este trabajo.

Como resumen podemos apuntar que el Departamento de Promoción y Ventas selecciona las ventas a realizar de acuerdo a los plazos en los que se piensa desarrollar alguna construcción. Así, se clasifican las ventas si son, ya sea, a corto, mediano, largo plazo; por tanto deben atenderse de diferente forma, - por ejemplo, si la venta es a corto plazo, seguramente el cliente ya tiene definida la estructuración de su proyecto y así solamente se tendrá que elaborar y presentar la cotización del mismo, coordinándose la actividad con el Departa- mento de Precios Unitarios y Presupuestos; si la venta es a mediano plazo, por lo general se tendrá que recurrir tanto al Departamento de Ingeniería como post-eriormente al de Precios Unitarios y Presupuestos, tal que el primero desarrolle la posible estructuración de un anteproyecto arquitectónico y el segundo presente el presupuesto probable de dicha estructuración. Usualmente se hacen varios tanteos de estructuración, a fin de que el Cliente quede totalmente con-



vencido de la construcción a realizar; finalmente si la venta a efectuar es a largo plazo, el proceso que se sigue es similar al anterior, pero con la variante de que la realización de la obra es indispensable, y se planea -- efectuar en un tiempo mayor que las otras dos opciones (generalmente para -- obras que se planean a un año o más tiempo).

Cabe aclarar que para hacer estas actividades, Promoción y Ventas deberá contar con una cartera de clientes donde: sea que ya se hayan efectuado operaciones con ellos o simplemente sean nuevas posibilidades. Esta cartera de clientes se obtiene gracias a 2 fuentes de información. La primera fuente es la propia experiencia que la Prefabricadora tenga en el medio, de tal manera que por su prestigio o por operaciones anteriores, puedan llegar a realizarse otras, al estar en contacto con clientes que alguna vez contrataron los servicios de la empresa. La segunda fuente de información es precisamente es la de contactar con nuevos posibles clientes y para tal motivo deberá contarse -- con: 1) Un catalogo de productos en el que se indiquen las piezas que la empresa fabrica y 2) Con los análisis de nuevos proyectos y construcciones a -- realizar tanto en el Sector Público como en el Privado. Esto último se obtiene generalmente adquiriendo los reportes que las empresas de comunicación realizan con respecto a la Industria de la Construcción (una de estas empresas se localiza en México, D.F. con la razón social de Bolsa de Información, S.A.)

El proceso que sigue para la venta de los elementos que produce la empresa se describe con mayor amplitud en el capítulo 5.

#### DEPARTAMENTO DE COMPRAS

Aunque es dependiente de la Gerencia Administrativa, solamente funciona si hay actividad en la Gerencia de Producción y/o en los Departamentos de Construcción y/o Flete y Montaje. Esto es, si hay producción, flete y montaje de elementos prefabricados, será necesaria la compra de los insumos que intervienen en dichas actividades.

Por otra parte también se encargará este Departamento de reportar al Departamento de Precios Unitarios y Presupuestos de los costos vigentes de los insumos a utilizar en la producción, flete y montaje de piezas tal que las cotizaciones que se presenten sean realistas conforme a precios de mercado vigentes.

#### GERENCIA DE PROYECTO Y CONSTRUCCION

Coordina las actividades que llevan a la prefabricadora a realizar el trabajo físico de una obra, es decir, se encarga de preparar paso por paso la ejecución de una obra ya contratada. Sin embargo, también tiene que ver con obras en proceso de contratación. Esto es como ya se indicó a través de sus departamentos de Ingeniería, Precios Unitarios y Presupuestos en coordinación con la Gerencia Administrativa.

Inicialmente los recursos de las prefabricadoras se enfocaban principalmente hacia el aspecto Producción-Construcción, pero como ha progresado grandemente la obtención de obras directamente con el propietario, ha sido necesario integrar un equipo de Ingeniería, dedicado a diseñar estructuralmente los proyectos arquitectónicos proporcionados por el Cliente, evitándose de esta forma la triangulación con los despachos de cálculo, los que generalmente se ocupan de proyectos importantes y con los que el desarrollo de proyectos individuales, es tardado, contrastando con la rapidez que un Departamento de Ingeniería aplicaría en su realización.

De esta forma se optimizan la propuestas de estructuración y por consiguiente la toma de decisiones de los clientes respecto de sus proyectos se reduce, a fin de obtener el mayor número de ventas en el menor tiempo posible.

Al igual que la anterior Gerencia, la de Construcción se integra en base a departamentos que efectuar diversas funciones, siendo estos:

#### DEPARTAMENTO DE ANALISIS DE SISTEMAS

Lleva a cabo el desarrollo de sistemas computarizados que redunden en una

mejor operación, tanto en el aspecto Contable como el aspecto Ingeniería.

En cuanto al aspecto contable, este departamento condensa y aporta la información referente a: Bóminas, Inventarios, Registros de Ingresos-Egresos, Estados de Posición Financiera y Estados de Pérdidas y Ganancias. Para realizar esta función será necesario que el capturista de datos tenga contacto continuo con el Departamento de Contabilidad, para realizar de esta forma la triangulación con los Sistemas, ya sea que solo se necesite transportar la información de Contabilidad a Sistemas para obtener algún reporte sobre programas ya desarrollados, o que se necesite algún cambio en los mismos, para obtener determinada información adicional. Es conveniente que el lenguaje a utilizar para el desarrollo de estos Sistemas sea el " COBOL ", ya que es un lenguaje de tipo Administrativo, ideal para la clase de información que se maneja en estos casos.

Para mejor comprensión, se presentan algunos de los reportes que se obtienen para el Departamento de Contabilidad.

COMPANIA " X " , S.A.

BALANCE GENERAL al 31 de Diciembre de 1968 13

Página No. 1

ACTIVO

CIRCULANTE

CASH	7,525,868.00
BANCO	72,511,836.75
BANCO CUENTA CORRIENTE	0.00
TESORERIA	3,015,862,800.00
INVERSIONES	528,640,000.00
CLIENTES	601,979,963.00
AVANCE OBRA PENDIENTE ESTIMAR	1,600,000,000.00
DEUDORES DIVERSOS	38,148,036.00
Funcionarios y Empleados	0.00
IVA A FAVOR	26,078,668.00
Anticipos de I.S.R.	0.00
Fondo de Garantia	7,142,019.00
ANTICIPO A PROVEEDORES Y SUB.	49,382,990.00
ANTICIPO COMPRA ACTIVO FIJO	0.00
ALMACEN GENERAL	0.00
ALMACEN DE OBRA	161,861,626.00
OBRAS EN PROCESO	0.00
INVERSIONES FIJAS	0.00
DEPOSITOS EN GARANTIA	5,970,558.00
DOCUMENTOS DESCONTADOS	0.00
ESTIMACION P/CTAS. COORD BUBO	0.00
ESTIM. PARA INVENTARIOS OBS.	0.00
IVA ACREDITABLE	2,253,731,853.91
EQ. DE CONST. EN TRANSITO	1,027,357.00

### TOTAL DE CIRCULANTE 2,398,091,523.86

FIJO

TERMINOS	20,811,000.00
EDIFICIOS	53,967,808.00
EQUIPO DE CONSTRUCCION	587,916,661.00
EQUIPO DE TRANSPORTE	154,536,625.00
MOBILIARIO Y EQUIPO DE OF.	14,466,625.00
EQUIPO DE COMPUTO	44,742,978.00
EQUIPO DE RADIO COMUNICACION	14,117,292.00
DEP. DE EDIFICIOS	8,610,942.00
DEP. ED. DE CONSTRUCCION	113,397,347.00
DE. ED. DE TRANSPORTE	77,754,242.00
DEP. DE MOB. Y EQ. DE OFINA	2,610,913.00
DEP. DE ED. DE COMPUTO	4,262,242.00
DEP. DE RADIO-COMUNICACION	183,831.00
REPERISION DEL ACTIVO FIJO	5,866,825,776.00

### TOTAL DE FIJO 6,553,564,998.00

DIFERIDO

INTERESSES POR DEVENGAR	67,172.00
-------------------------	-----------

COMPANIA " X " S. A.  
BALANCE GENERAL al 31 de Diciembre de 1988 s.s

Hoja No. 2

\*\*\*\*\*  
CIFERICO

PAGOS ANTICIPADOS	13,422,578.00	
	### TOTAL DE CIFERICO	13,255,666.00

##### SUMA EL ACTIVO      6,955,012,167.66

PASIVO

\*\*\*\*\*

A CORTO PLAZO

IVA TRASLADADO	2,537,522,820.00	
PRESTAMOS BANCARIOS	0.00	
DOCUMENTOS POR PAGAR	0.00	
PROVEEDORES	493,735,689.00	
ACREEDORES DIVERSOS	691,274,772.00	
ACCIONISTAS	0.00	
SUELDOS POR PAGAR	67,717,978.00	
I.V.A. POR PAGAR	244,665,003.00	
IMPUESTO SOBRE LA RENTA	0.00	
PART. UTIL. A TRABAJADORES	0.00	
OTROS IMPUESTOS POR PAGAR	29,634,102.00	
ANTICIPO DE CLIENTES	2,308,625.00	
	### TOTAL DE A CORTO PLAZO	3,565,728,993.00

A LARGO PLAZO

PRESTAMOS BANCARIOS L.P.	0.00	
DOCTOS. POR PAGAR LAR. PLAZO	0.00	
	### TOTAL DE A LARGO PLAZO	0.00

##### SUMA EL PASIVO      3,565,728,993.00

CAPITAL

\*\*\*\*\*

CAPITAL SOCIAL

CAPITAL SOCIAL	125,000,000.00	
----------------	----------------	--

COMPARIA " X " S.A.  
**BALANCE GENERAL al 31 de Diciembre de 1968**

Hoja No. 2

**CAPITAL SOCIAL**

RESERVA LEGAL	7,566,310.00	
RESULTADO DE EJERCICIOS ANTERES	17,200,118.00	
<b>====</b>		
<b>====</b>	<b>149,766,626.00</b>	

**SUPERAVIT**

PERDIDAS Y GANANCIAS	617,728,997.14-	
REEX. DEL HABER SOCIAL	5,866,825,776.00	
<b>====</b>		
<b>====</b>	<b>5,249,516,778.86</b>	

**===== SUMA EL CAPITAL 5,399,283,204.86**

<b>SUMA EL ACTIVO</b>	<b>8,965,012,187.86</b>	<b>SUMA EL PASIVO Y EL CAPITAL</b>	<b>8,965,012,187.86</b>
-----------------------	-------------------------	------------------------------------	-------------------------

=====

=====

COMPANIA " X ", S.A.

BALANCE GENERAL al 31 de Diciembre de 1968 \*\*

Hoja No. 4

CUENTAS DE DEBE

DE RESULTADOS DEUDORA

PERDIDAS POR AMORTIZAS	0.00		
***	TOTAL DE RESULTADOS DEUDORA		0.00

DE RESULTADOS ACREEDORA

AMORTIZACION DE PERDIDAS	0.00		
***	TOTAL DE RESULTADOS ACREEDORA		0.00

\*\*\*\*\* SUMA CUENTAS DE DEBE 0.00

## BALANZA DE COMPARACION CUENTAS DE MAYOR AL 31/12/80

1979 No. 1

Calle Comercio de los Terceros 672

S. Agustín de

C.R. 10000 de San José, C.R.

CUENTA	DESCRIPCION	EVALUACION ARTIFICIAL	MULTIPLICACION DEL MES		SALDO ACTUAL
			DEBE	HABER	
101 000 000 000 CASH		7,982,889.00	.00	.00	7,982,889.00
101 000 000 000 BANCOS		73,511,819.95	.00	.00	73,511,819.95
102 000 000 000 BANCO CUENTA CORRIENTE		.00	.00	.00	.00
103 000 000 000 TESORERIA		3,015,882,800.00	.00	.00	3,015,882,800.00
104 000 000 000 INDEFINIDAS		521,147,203.00	.00	.00	521,147,203.00
120 000 000 000 CLIENTES		175,801,857.00	442,178,201.00	.00	621,979,958.00
121 000 000 000 AVANCE OTRA PENSIONE ESTIMAR		1,600,000,000.00	.00	.00	1,600,000,000.00
122 000 000 000 DEPOSITOS DIVERSOS		32,144,636.00	.00	.00	32,144,636.00
123 000 000 000 Funcionarios y Empleados		.00	.00	.00	.00
124 000 000 000 IVA A FAVOR		26,078,668.00	.00	.00	26,078,668.00
125 000 000 000 Principales de I.S.R		.00	.00	.00	.00
126 000 000 000 Fondo de Garantia		7,142,619.00	.00	.00	7,142,619.00
127 000 000 000 ANTICIPO A PROPIETARIOS Y SUB.		49,323,990.00	.00	.00	49,323,990.00
128 000 000 000 ANTICIPO COMPRA ACTIVO FIJO		.00	.00	.00	.00
130 000 000 000 ALMACEN GENERAL		.00	.00	.00	.00
131 000 000 000 ALMACEN DE DERA		161,881,626.00	.00	.00	161,881,626.00
132 000 000 000 OBRAS EN PROCESO		.00	.00	.00	.00
140 000 000 000 INVERSIONES FIJAS		.00	.00	.00	.00
141 000 000 000 DEPOSITOS EN GARANTIA		5,976,558.00	.00	.00	5,976,558.00
150 000 000 000 TERRENOS		25,811,000.00	.00	.00	25,811,000.00
151 000 000 000 EDIFICIOS		53,967,828.00	.00	.00	53,967,828.00
152 000 000 000 EQUIPO DE CONSTRUCCION		587,916,661.00	.00	.00	587,916,661.00
153 000 000 000 EQUIPO DE TRANSPORTE		156,536,625.00	.00	.00	156,536,625.00
154 000 000 000 MOBILIARIO Y EQUIPO DE OF.		14,466,425.00	.00	.00	14,466,425.00
155 000 000 000 EQUIPO DE COMPUTO		46,742,978.00	.00	.00	46,742,978.00
156 000 000 000 EQUIPO DE RADIO COMUNICACION		14,117,292.00	.00	.00	14,117,292.00
160 000 000 000 INTERESES POR DEVENGAR		87,172.00	.00	.00	87,172.00
161 000 000 000 PAGOS ANTICIPADOS		13,422,838.00	.00	.00	13,422,838.00
170 000 000 000 DOCUMENTOS DESCONTADOS		.00	.00	.00	.00
171 000 000 000 ESTIMACION P/CUANT. COSAS DUDOS		.00	.00	.00	.00
172 000 000 000 ESTIM. PARA INVENTARIOS OBS.		.00	.00	.00	.00
173 000 000 000 DEP. DE EDIFICIOS		8,616,942.00	.00	.00	8,616,942.00
174 000 000 000 DEP. DE CONSTRUCCION		113,387,347.00	.00	.00	113,387,347.00
175 000 000 000 DEP. DE EQ. DE TRANSPORTE		77,754,242.00	.00	.00	77,754,242.00
176 000 000 000 DEP. DE MOB. Y EQ. DE OFICINA		3,616,912.00	.00	.00	3,616,912.00
177 000 000 000 DEP. DE EQ. DE COMPUTO		4,262,242.00	.00	.00	4,262,242.00
178 000 000 000 DEP. DE RADIO-COMUNICACION		167,881.00	.00	.00	167,881.00
179 000 000 000 IVA ADICIONABLE		2,253,731,853.91	.00	.00	2,253,731,853.91
180 000 000 000 IVA PAGAADO		2,527,522,820.00	.00	.00	2,527,522,820.00
181 000 000 000 EQ. DE TRANS. EN TRANSITO		1,027,357.00	.00	.00	1,027,357.00
182 000 000 000 REAFIRMACION DEL ACTIVO FIJO		5,844,825,778.00	.00	.00	5,844,825,778.00
200 000 000 000 FREIGHTS PAID		.00	.00	.00	.00
201 000 000 000 ACCIDENTES POR FAVOR		.00	.00	.00	.00
202 000 000 000 PROVISIONES		492,735,689.00	.00	.00	492,735,689.00
203 000 000 000 ACCIONES DIVERSAS		624,107,724.00	.00	65,142,000.00	689,249,724.00
204 000 000 000 ACCIONES		.00	.00	.00	.00
205 000 000 000 DIVIDENDOS POR PAGAR		77,858,639.00	.00	77,858,639.00	155,717,278.00
221 000 000 000 S.A. POR PAGAR		264,142,000.00	.00	.00	264,142,000.00
TOTAL		5,258,251,702.00	442,178,201.00	45,614,000.00	5,421,425,903.00



COMPARITA "X", S.A.

ESTADIZ DE COMPROBACION CUENTAS DE MAYOR AL 31/12/68

Calle Empedrado de los Andes 427

St. Angel Sur

CP. 2010, P.O. Box 2, C. P.

CUENTA	DESCRIPCION	ERRORES	COMITAMIENTO DEL MES		SALDO ACTUAL
			DEBE	HABER	
001 000 001 000	IMPUESTO COFFE EN RENTA	.00	.00	.00	.00
002 000 000 000	PAGO UTIL. A TRABAJADORES	.00	.00	.00	.00
003 000 000 000	OTROS IMPUESTOS POR PAGAR	29,874,162.00	.00	.00	29,874,162.00
004 000 000 000	PAGO DE CUENTAS	104,251,711.00	.00	104,251,711.00	2,215,825.00
005 000 000 000	PRESTAMOS BANCARIOS L.F.	.00	.00	.00	.00
006 000 000 000	IMPUESTOS POR PAGAR LAR. FLUJO	.00	.00	.00	.00
007 000 000 000	CAPITAL SOCIAL	120,000,000.00	.00	.00	120,000,000.00
008 000 000 000	RESERVA LEGAL	7,568,310.00	.00	.00	7,568,310.00
009 000 000 000	RESERVA DE EJERCICIOS ANTEROS	17,200,116.00	.00	.00	17,200,116.00
010 000 000 000	RESERVA Y GANANCIAS	944,884,997.00	.00	.00	944,884,997.00
011 000 000 000	RESERVA DEL HABER SOCIAL	5,811,825,776.00	.00	.00	5,811,825,776.00
012 000 000 000	INGRESOS POR GIRA	17,840,753,211.00	104,251,711.00	442,178,251.00	17,876,371,716.00
013 000 000 000	IMPUESTOS POR ASESORIA TECNICA	.00	.00	.00	.00
014 000 000 000	OTROS INGRESOS	1,851,358,249.00	.00	.00	1,851,358,249.00
015 000 000 000	INGRESOS POR FINANCIAMIENTO	85,425,920.00	.00	.00	85,425,920.00
016 000 000 000	OTROS PRODUCTOS	2,022,240.00	.00	.00	2,022,240.00
017 000 000 000	GASTO DE GIRA EN PROCESO	18,432,573,171.13	32,858,597.00	.00	18,465,432,168.13
018 000 000 000	GASTOS DE ADMINISTRACION	490,752,544.00	45,145,622.00	.00	535,898,166.00
019 000 000 000	OTROS GASTOS	10,357,764.01	.00	.00	10,357,764.01
020 000 000 000	GASTOS POR FINANCIAMIENTO	321,049,222.00	.00	.00	321,049,222.00
021 000 000 000	COMPAS	.00	.00	.00	.00
022 000 000 000	PERDIDAS POR AMORTIZAM	.00	.00	.00	.00
023 000 000 000	AMORTIZACION DE PERDIDAS	.00	.00	.00	.00
<b>TOTALES :</b>		.00	647,747,609.00	647,747,609.00	.00

COMPANIA "X" S. A.

BALANZA DE CONFIRMACION CUENTAS DE MAYOR AL 31/12/00

MONEDA

Calle Comercio de los Angeles 477

San Diego, Chile

SE 11511 Pisco, S. F.

CUENTA	DESCRIPCION	SALDO ANTERIOR	INCREMENTO DEL MES		SALDO ACTUAL
			DEBE	HABER	
TOTALES ACTIVO :		8,527,622,636.66	442,178,251.00	.00	8,969,790,887.66
TOTALES PASIVO :		3,368,154,625.00	.00	215,564,328.00	3,583,718,953.00
TOTALES CAPITAL :		5,071,705,215.00	.00	.00	5,071,705,215.00
TOTALES INGRESOS :		19,377,742,225.00	105,560,336.00	442,178,251.00	19,925,480,812.00
TOTALES EGRESOS :		19,284,778,122.14	99,004,022.00	.00	19,383,782,144.14

TOTAL ACTIVO : 8,969,790,887.66

TOTAL PASIVO CAPITAL INGRESOS EGRESOS : 8,969,790,887.66

NO EXISTE DIFERENCIA PUEDES CONTINUAR CON EL PROCESO DE LA ACTUALIZACION DE SALDOS

COMPANIA "X", S.A.

ESTADO DE RESULTADOS, COMPRENDE DEL 01 DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE DE 1955

	VALOR	LIBROS	TOTAL	PORCENTAJE
<b>INGRESOS</b>				
<b>VENTAS</b>				
INGRESOS POR OBRAS	17,976,371.00		91.00	1
INGRESOS POR ASESORIA TECNICA	0.00		0.00	1
OTROS INGRESOS	1,251,558,269.00		6.00	1
<b>TOTAL DE VENTAS</b>		<b>19,227,929,655.00</b>		<b>100.00</b>
<b>OTROS INGRESOS</b>				
INGRESOS POR FINANCIAMIENTO	83,428,920.00		0.00	1
OTROS PRODUCTOS	2,000,216.00		0.00	1
<b>TOTAL DE OTROS INGRESOS</b>		<b>85,429,136.00</b>		<b>0.00</b>
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>			<b>19,313,358,791.00</b>	<b>100.00</b>
<b>EGRESOS</b>				
<b>COSTOS</b>				
COSTO DE OBRAS EN PROCESO	18,488,452,165.17		96.00	1
<b>TOTAL DE COSTOS</b>		<b>18,488,452,165.17</b>		<b>96.00</b>
<b>EGRESOS DE OPERACION</b>				
GASTOS DE ADMINISTRACION	200,811,499.00		1.00	1
GASTOS GASTOS	10,207,716.00		0.00	1
GASTOS POR FINANCIAMIENTO	200,000,000.00		0.00	1
OTROS	0.00		0.00	1

COMPARA " X ", S.A.

ESTADO DE RESULTADOS, COMPARACION DEL 31 DE DICIEMBRE DE 1967 CON EL DEL 31 DE DICIEMBRE DE 1966

MONEDA

	1967	1966	
	EN L.C.	EN D.C.	PERCENTAJE
TOTAL DE GASTOS DE OPERACION	114,527,705.01		5.00 X
TOTAL DE EGRESOS		18,077,751,145.14	95.00 X
UTILIDAD O PERDIDA		327,577,519.66	2.00 X

En cuanto al aspecto Ingeniería, el departamento de Análisis de Sistemas desarrolla programas de computación más complicados, no en cuanto a estructura, sino en cuanto a elaboración, ya que por lo general se utilizan lenguajes científicos como el Fortran, Basic, Algol, etc., en los que prevalecen instrucciones de cálculo que llevan a la obtención de datos objetivos. Aunque es necesario mencionar que el aspecto ingeniería comprende dos tipos de sistemas. Uno se desarrolla con el Departamento de Precios Unitarios y Presupuestos, para obtener de forma rápida y eficiente las cotizaciones de obras en proceso de contratación y según las necesidades de la empresa pueden desarrollarse además de programas en computadora, programas en calculadoras de bolsillo programables, a fin de -- que se obtengan rápidamente antepresupuestos para interesar a clientes que no -- estén convencidos del uso de prefabricados para sus proyectos. Por estas razones, es posible utilizar lenguaje Cobol para presupuestos en computadora (ya -- que se manejan volúmenes importantes de información almacenada) y lenguaje de -- calculadora programable para sistemas que necesiten los agentes de ventas para ofrecer rápidos antepresupuestos. Se ejemplifica a continuación el desarrollo de un programa de antepresupuestos y su operación para una calculadora programable tipo HF-41C:

#### PROGRAMA

-----

Inicializar el sistema poniendo la calculadora en Posición ON. Posteriormente se ejecuta la instrucción CLPG, que borra cualquier registro de almacenamiento que haya sido instalado en las memorias STO. Después se tecldea la -- función PRGM, entrando de esta forma al campo de programación de la calculadora. Se ejecuta entonces la instrucción GTO.. para así tener idea del número de bytes disponibles en la calculadora para efectuar el programa. Como -- mínimo el programa tendrá que disponer de 25 bytes o registros.

PASO	INSTRUCCION	COMENTARIOS
01.	LBL ALPHA PRESUP ALPHA	Se instala el título del programa "PRESUP".
02.	ALPHA ANCHO ? ALPHA	Se van indicando los datos que el programa necesita para operar
03.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	
04.	STO 00	El dato "Ancho" entra a la memoria "00".
05.	ALPHA LONG ? ALPHA	Se introduce Long. ? para que la calculadora lo pregunte en pantalla.
06.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	
07.	STO 01	Se almacena longitud en memoria --- "01".
08.	ALPHA TOPON 1 ÷ 2 ? ALPHA	Pantalla: Toron 1/2 ?
09.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	Instrucción para detener progr. para introducir datos.
10.	STO 02	Se almacena # de torones 1/2" Ø en - STO 02
11.	ALPHA TOPON 3 ÷ 8 ? ALPHA	Pantalla: Toron 3/8 ?
12.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	
13.	STO 03	Se almacena # torones 3/8" Ø en STO 03.
14.	ALPHA M 3 ?	Pantalla M3 ?
15.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	
16.	STO 04	Metros Cúbicos de concreto en STO - 04.
17.	ALPHA AL 1 ÷ 4 ? ALPHA	Pantalla: AL 1/4 ?
18.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	Kgs. de alambrcn de 1/4" Ø en STO 05
19.	STO 05	
20.	ALPHA REF X 2 . 5 ? ALPHA	Pantalla: REF * 2.5 ?
21.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	
22.	STO 06	Kgs. Varilla # 2.5 en STO 06
23.	ALPHA REF X 3 ? ALPHA	Pantalla: Ref * 3 ?
24.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	
25.	STO 07	Kgs. Varilla # 3 en STO 07
26.	ALPHA REF X 4 ? ALPHA	Pantalla : Ref * 4 ?
27.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	
28.	STO 08	Kgs. Varilla # 4 en STO 07
29.	ALPHA ACCES ? ALPHA	Pantalla: Acces ?

30.	XEQ	ALPHA	PROMPT	ALPHA	
31.		STO	09		Kgs. de accesorios de conexión.
** NOTA: Se puede introducir cualquier diámetro de acero de refuerzo según necesidades.					
32.	ALPHA	POLYDACTO	?	ALPHA	Pantalla: Polyducto ?
33.	XEQ	ALPHA	PROMPT	ALPHA	
34.		STO	10		Metros de polyducto para enrase.
35.	ALPHA	G	.	F	. ? ALPHA
36.	XEQ	ALPHA	PROMPT	ALPHA	
37.		STO	11		Gastos fijos/ml. de pieza
38.		RCL	01		Longitud
39.		RCL	11		Por gastos fijos
40.		X			Almacenar resultado
41.		STO	12		En memoria STO 12
42.		RCL	04		M3 de concreto
43.			0.45		Por rendimiento cemento para concreto.
44.		X			f'c = 350 kg/cm <sup>2</sup>
45.			123,600		Por costo directo cemento/ton
46.		X			
47.			1.04		Por desperdicio concreto
48.		X			
49.		STO	+ 12		Sumar resultado a memoria STO 12
50.			0.8		M3 de grava para 1 m3 de concreto
51.			16,500		Por costo directo grava/m3
52.		X			
53.			0.6		M3 de arena para 1 m3 concreto
54.			16,500		Por costo directo arena/m3
55.		X			
56.		+			Sumar resultado de agregados
57.			1.04		Por desperdicio concreto
58.		X			
59.		RCL	04		Por m3 de concreto
60.		X			
61.		STO	+ 12		Sumar result. a memoria STO 12
62.		RCL	04		M3 de concreto
63.			1.04		Por desperdicio

65.	X	
66.	2	Por lts. aditivo en 1 m3 concreto
67.	X	
68.	1.00	Por costo directo del aditivo/lt.
69.	X	
70.	STO + 12	Sumar resultado a memoria STO 12
71.	RCL 05	Kgs. de alambrcn 1/4
72.	1.07	Por desperdicio acero
73.	X	
74.	1,450	Por costo directo alambrcn/kg.
75.	X	
76.	STO + 12	Sumar resultado a memoria STO 12
77.	RCL 06	Kgs. de varilla # 2.5
78.	1.07	Por desperdicio acero
79.	X	
80.	1.02	Por costo directo var. # 2.5/kg.
81.	X	
82.	STO + 12	Sumar resultado a memoria STO 12
83.	RCL 07	Kgs. varilla # 3
84.	1.07	Por desperdicio acero
85.	X	
86.	390	Por costo directo var. # 3/kg.
87.	X	
88.	STO + 12	Sumar resultado a memoria STO 12
89.	RCL 08	Kgs. de varilla #4
90.	1.07	Por desperdicio acero
91.	X	
92.	950	Por costo directo var. # 4/kg.
93.	X	
94.	STO + 12	Sumar resultado a memoria STO 12
95.	RCL 02	# torones 1/2" en la pieza
96.	RCL 01	Por metros lineales de pieza
97.	X	
98.	1.15	Por desperdicio del torcn
99.	X	
100.	0.9	Por kgs./m.. de torcn
101.	X	
102.	2,700	Por costo directo toron/kg.



102.	X	
103.	STO	+ 12
104.	RCL	03
105.	RCL	01
106.	X	
107.		1.15
108.	X	
109.		0.5
110.	X	
111.		2,700
112.	X	
113.	STO	+ 12
114.	RCL	09
115.		3,400
116.	X	
117.	STO	+ 12
118.	RCL	10
119.		680
120.	X	
121.	STO	+ 12
122.	RCL	05
123.	RCL	06
124.		+
125.	RCL	07
126.		+
127.	RCL	08
128.		+
129.		1000
130.		÷
131.		30
132.	X	
133.		1,450

Sumar resultado a memoria STO 12

# Torones 3/8" en la pieza

Por ml. de pieza

Por desperdicio torón

Por kg/ml de torón

Por costo directo torón/kg.

Sumar resultado memoria STO 12

Kgs. accesorios de conexión (placa)

Por costo directo accesorios fabricados.

Sumar resultado a memoria STO 12

Metros lineales polyducto

Por costo directo polyducto/ml.

Sumar resultado a memoria STO 12

Kgs. acero de refuerzo ordinario

Multiplicar por el rendimiento del alambre recocido # 18 para amarre; 30 kg/ton.

Por costo directo del alambre recocido/kg.

134.	X		
135.	STO + 12		Sumar resultado a memoria STO 12
136.	RCL 00		Ancho de la pieza en metros
137.	RCL 01		Por longitud de la pieza en metros
138.	1.05		Por desperdicio de la malla electrosoldada 66-66
139.	X		
140.	2,800		Por costo directo de malla/m2
141.	X		
142.	STO + 12		Sumar resultado a memoria STO 12
143.	ALPHA INDIRECTOS ALPHA		Pantalla: Indirectos
144.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA		Factor de Indirectos
145.	RCL 12		Por costo directo de fabricación
146.	X		Se obtiene el importe de la pieza
147.	ALPHA IMP 2 EEX ALPHA		Pantalla: IMP = \$
148.	ALPHA RCL . X		
149.	VIEW ALPHA		
150.	GTO . .		Instrucción: PACKING/END.

#### OPERACION DEL PROGRAMA

Una vez terminado el programa, se tecldea de nuevo la función PRGM , regresando de esta forma a la posición normal de operación de la calculadora. Una vez hecho esto se ejecutan las instrucciones de la tabla que sigue a continuación

PASO	INSTRUCCION	PANTALLA	COMENTARIO
01.	XEQ ALPHA PRESUP ALPHA	Ancho?	Se inicializa la operación del programa
02.	DATO: Ancho R/S	Long?	Ancho de la pieza en STO 00 (m)
03.	DATO: Longitud R/S	Torón }?	Longitud de la pieza en STO 01 (m)
04.	DATO: No. Torones 1/2" R/S	Torón 3/8?	No. torones 1/2" Ø en STO 02(pzas)
05.	Dato: No. torones 3/8" R/S	M3	No. torones 3/8" Ø en STO 03 (pzas)
06.	Dato: Metro: Cúbicos concreto R/S		Concreto en STO 04 (m3)

07.	Dato: Alambrcn 1/4" $\delta$ R/S	AL 1/4?	Alambrcn de STO 05 (kg)
08.	Dato: Varilla 5/16" $\delta$ R/S	Ref # 2.5?	Varilla 5/16" $\delta$ en STO 06(kg)
09.	Dato: Varilla 3/8" $\delta$ R/S	Ref # 3 ?	Varilla 3/8" $\delta$ en STO 07 (kg)
10.	Dato: Varilla 1/2" $\delta$ R/S	Ref # 4 ?	Varilla 1/2" $\delta$ en STO 08 (kg)
11.	Dato: Accesorios de Conexi3n R/S	Anchos ?	Accesorios en STO 09 (kg)
12.	Dato: Polyducto 1/2" $\delta$ R/S	Polyducto?	Polyducto en STO 10 (ml)
13.	Dato: Gastos Fijos/ml R/S	G.F. ?	Gastos fijos/ml. en STO 11 (\$)
14.	Dato: Factor de Indirectos R/S	Indirectos ?	
15.	Resultado: Importe de la pza	IMP = \$ xxx	Se obtiene el presupuesto de la pieza deseada.
16.	FIN.		Para realizar un nuevo presupuesto, regresar al paso - 01 de operaci3n.

NOTA: Si la pieza a cotizar no tiene malla electrosoldada bastar3 con que en el paso 02 de operaci3n se de como dato Ancho = 0.00

Ahora bien, el otro tipo de sistema utilizando en el Aspecto Ingenier3a se desarrolla por lo general con lenguaje Fortran, tal que se puedan realizar programas para:

- 1) Diseo de piezas preforzadas y/o reforzadas
- 2) Estandarizaci3n de las piezas preforzadas que la empresa fabrica
- 3) C3lculo de Propiedades geom3tricas de las mismas
- 4) C3lculo Estructural (obtenci3n de los elementos mec3nicos de estructuras propuestas).

El uso de estos sistemas optimiza el flujo interno de informaci3n entre los Departamentos de Ventas e Ingenier3a sobre todo si la estructuraci3n a3n no est3 propuesta. De esta forma el proceso de contrataci3n se desarrolla r3pida y eficientemente, al reducir los tiempos utilizando en el diseo de piezas.

A continuaci3n se desarrolla el Diagrama de Flujo utilizando para obtener la estandarizaci3n de las traberosas IT con separaci3n centro a centro de nervadura de 1.25 cm. La estandarizaci3n se lleva a cabo de la siguiente manera:

Durante el c3lculo de una pieza se utilizan las siguientes constantes y variables.

b= Ancho de pza. en centímetros. Se mantiene constante hasta terminar con todas las combinaciones posibles para el ancho propuesto. Conviene empezar con el ancho máximo e irlo reduciendo de 10 en 10cm. hasta llegar a 1.45m. que es el ancho mínimo permisible para TTS. En realidad es el único dato que permanece constante durante la operación del programa, ya que se hace variar para un mismo ancho las demás características geométricas de la pieza.

h= Feralte nominal en cm. Se hace variar del menor (30cm.) hasta el mayor (70cm.) de 5 en 5. Esto es que para cada ancho propuesto se obtienen 9 combinaciones de peralte.

l = Longitud en cm. Se hace variar cada 50cm. también de menor (600cm.) a mayor (2400cm.) es decir, que en cada combinación de peralte-ancho se realizan 37 cambios de longitud.

El presfuerzo se varía empezando con 2 torones y aumentandolos de dos en dos. El programa propone utilizar torones de 1/2" de diámetro grado 270 K (19027.48 kg/cm<sup>2</sup>), pudiéndose utilizar cualquier tipo de acero de presfuerzo ya sean alambres o torones de diámetros menores.

El resultado que se obtiene de cada combinación es la sobrecarga útil - admisible en kg/m<sup>2</sup> que la pieza es capaz de soportar, tanto en sección simple -- como en sección compuesta.

Ejemplificando:

Si se empieza proponiendo un ancho de pieza de 250 cm. inmediatamente el programa toma de las variables la siguiente información:

Peralte = 30 cm.  
Longitud = 600 cm.  
Presfuerzo = 2 torones 1/2" Ø grado 270 k.

Al terminar esta proposición, se indica la sobrecarga útil en kg/cm<sup>2</sup> que esa pieza puede admitir.

Posteriormente aumenta el presfuerzo a 4 torones de 1/2" Ø manteniendo constantes los demás datos obteniéndose la sobrecarga útil para esa proposición y así sucesivamente se aumentan los torones hasta que el programa indique que existe presfuerzo excesivo en la pieza. Entonces automáticamente se efectúa la 1a. variación en la longitud haciendo que la siguiente proposición para cálculo sea:

Ancho = 250 cm.  
Peralte = 30 cm.  
Longitud = 650 cm.  
Presfuerzo = 2 torones 1/2" Ø grado 270 K

Se repite el proceso de ir aumentando la longitud cada vez que se obtenga presfuerzo excesivo hasta llegar a la longitud máxima recomendable para trabeლოსas TT: L = 24.0 m.

Al terminar la última proposición con L = 24.0 m. el programa cambia a la siguiente variable dando ahora la proposición con:

Ancho = 250 cm.  
Peralte = 35 cm.  
Longitud = 600 cm.  
Presfuerzo = 2 torones 1/2" Ø grado 270 K

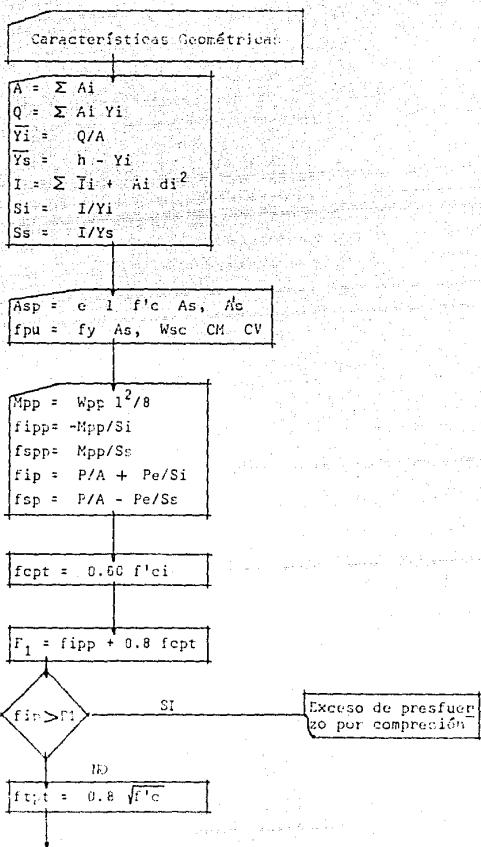
Así cada vez que se llegue a la longitud máxima, el programa irá aumentando el peralte de la pieza de 5 en 5cm. Este proceso se repite hasta alcanzar el peralte de 70cm., que es precisamente el máximo que se usa para trabeლოსas TT. Entonces la última proposición analizada será:

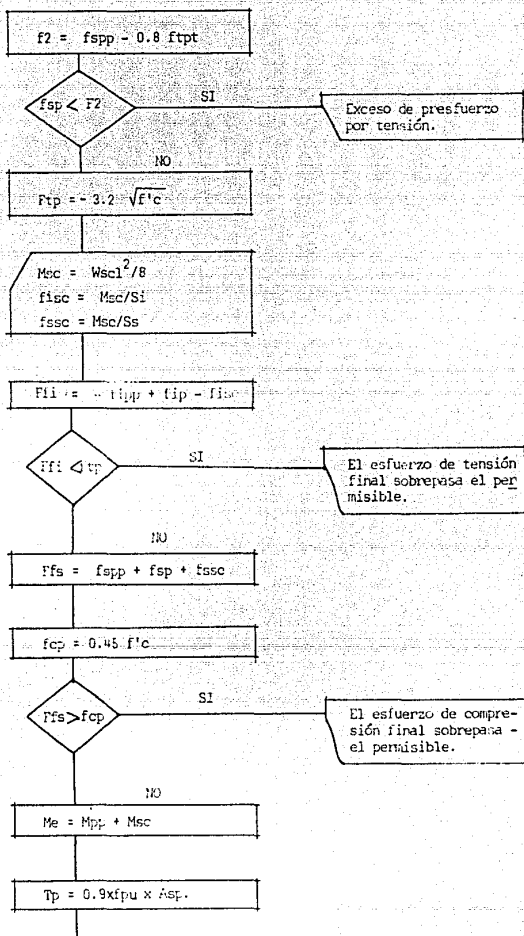
Ancho = 250 cm.  
Peralte = 70 cm.  
Longitud = 2400 cm.  
Presfuerzo = 14 Torones 1/2" Ø grado 270 K (es el número máximo de torones que la pieza es capaz de admitir, con las condiciones geométricas propuestas).

Como se observa, el ancho es el único dato que permanece constante en el programa a fin de obtener la estandarización para cualquier ancho que sea propuesto.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL  
PROGRAMA DE ESTANDARIZACION DE PIEZAS PREFORZADAS

---







$$TR = 0.9 \times f_y \times A_s$$

$$T = T_f + TR$$

$$a = \frac{T}{0.9 \cdot b_j \cdot f''c}$$

$$\bar{a} = \frac{A_j C_j}{A_j}$$

$$d = h - \frac{T_p \times e_p + TR CR}{T}$$

$$M_{ur} = T (d - \bar{a})$$

$$FS = M_{ur}/M_e$$

FS  $\geq$  1.4

NO

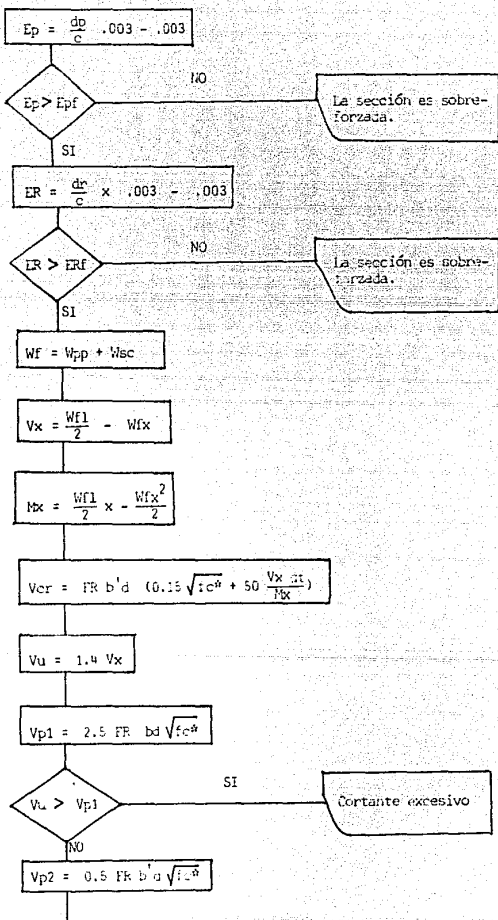
El factor de seguridad es inferior al permisible para diseño estructural.

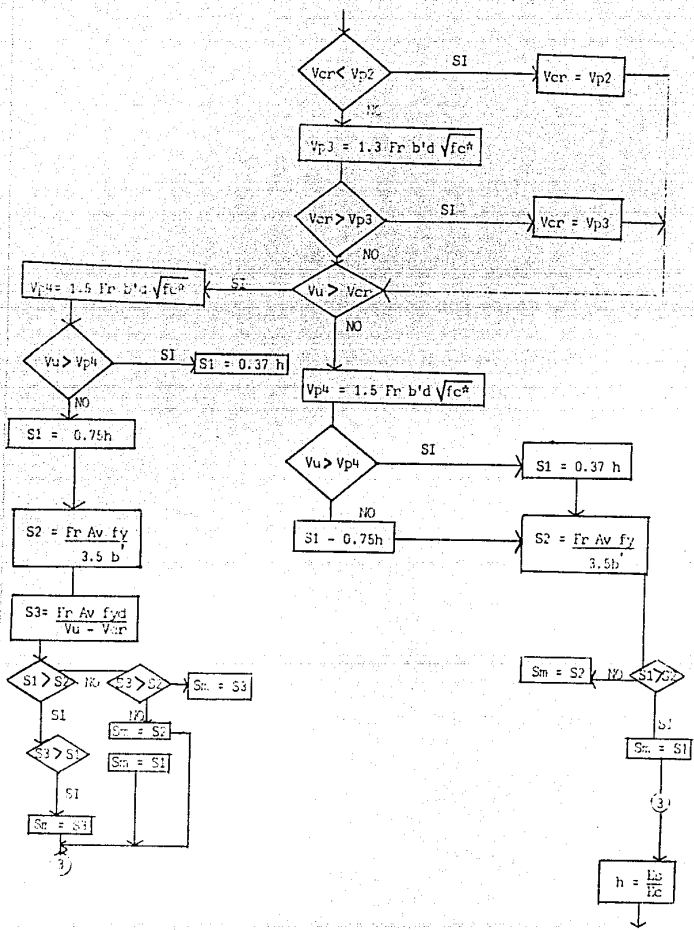
SI

$$E_{pf} = \frac{0.75 f_{ru}}{E} + \frac{f_{pu}}{E}$$

$$E_{Rf} = \frac{f_y}{E}$$

$$c = \leq 0.8$$





$$C_1 = \frac{n(A_{sp} + A_s)d + (n-1)A's'd' + \sum Cr br}{n(A_{sp} + A_s) + (n-1)A's + \sum br}$$

$$I_{cr} = n(A_s + A_{sp})(d - c_1)^2 + \sum A_r(C_1 - C_r)^2 + (n-1)A_s(C_1 - d')^2 + I_r$$

$$K_r = \frac{I_{cr}}{I_a} = 1 - \left( \frac{f_1 l - i_r}{f_1} \right)$$

$$I_e = (K_r)^3 I_g + [1 - (K_r)^3] i_r$$

Decision:  $I_e > I_g$

SI

$$I_e = I_g$$

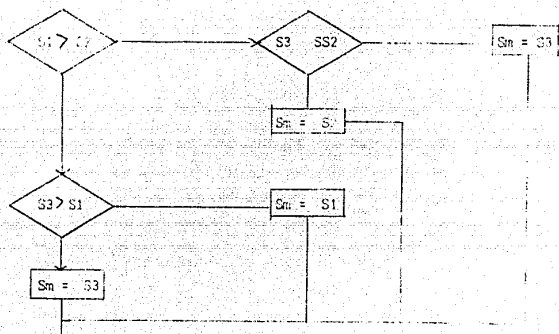
NO

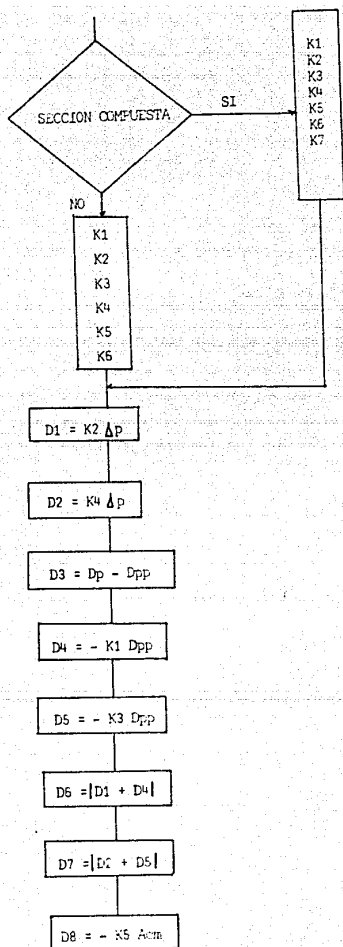
$$D_{cv} = \frac{5 C_v l^4}{384 E I_e}$$

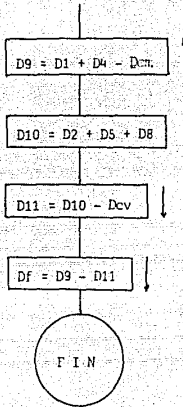
$$D_p = \frac{P_e l^2}{8 EI}$$

$$D_{pp} = \frac{5 W_{pp} l^4}{384 E I}$$

$$D_{cm} = \frac{5 W_{cm} l^4}{384 E I}$$







DONDE:

- A = Area de la sección
- $A_i$  = Area parcial de la sección
- $\sum A_i$  = Suma de áreas parciales
- Q = Suma de los momentos estáticos de las áreas parciales con respecto a la fibra inferior
- $y_i$  = Distancia del centroide del área parcial de la sección con respecto a la fibra inferior
- $Y_i$  = Distancia del centroide de la sección total con respecto a la fibra inferior extrema
- $Y_s$  = Distancia del centroide de la sección total con respecto a la fibra superior extrema
- $I_i$  = Momento de inercia centroidal de la sección parcial
- $d_i$  = Distancia del centroide de la sección parcial con respecto al centroide de la sección total
- I = Momento de inercia total de la sección gruesa
- $S_i$  = Módulo de sección inferior
- $S_s$  = Módulo de sección superior
- $A_{sp}$  = Area de acero de presfuerzo
- e = Excentricidad del presfuerzo con respecto al centroide de la sección
- l = Longitud de la pieza
- $f'_c$  = Resistencia nominal de compresión del concreto
- $A_s$  = Area del acero de refuerzo en la zona de tensión precomprimida
- $A'_s$  = Area del acero de refuerzo en la zona de compresión
- $f_{pu}$  = Esfuerzo de fluencia del acero de presfuerzo (o esfuerzo de presfuerzo último).
- $f_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo
- $W_{sc}$  = Sobrecarga total de la pieza
- $c_m$  = Carga muerta de sobrecarga
- $c_v$  = Carga viva de sobrecarga
- $M_{pp}$  = Momento flexionante por peso propio



- fipp = Esfuerzo en la fibra inferior por peso propio
- fspp = Esfuerzo en la fibra superior por peso propio
- fip = Esfuerzo en la fibra inferior por presfuerzo efectivo
- fsp = Esfuerzo en la fibra superior por presfuerzo efectivo
- fopt = Esfuerzo de flexión por compresión permisible después de la transferencia, antes de las pérdidas
- f'ci = Esfuerzo de compresión temporal en el concreto al momento del presfuerzo inicial.
- F1 = Máximo esfuerzo de compresión por flexión que soporta la pieza debida al presfuerzo efectivo y al peso propio
- \*ftpt = Esfuerzo de flexión por tensión permisible después de la transferencia antes de las pérdidas
- F2 = Máximo esfuerzo de tensión por flexión que soporta la pieza debida al presfuerzo efectivo y al peso propio
- ftp = Esfuerzo para cargas de servicio máximo por tensión después de deducidas todas las pérdidas de presfuerzo, en la zona de precomprimida, en miembros cuyos análisis se haya basado en la sección transformada ---- agrietada y cuando la relación bilineal momento de flexión demuestra - que las deflexiones a largo plazo e instantáneas cumplen con los requisitos de flechas permisibles.
- Msc = Momento flexionante total por la sobrecarga
- fisc = Esfuerzo en la fibra inferior debido a la sobrecarga
- fssc = Esfuerzo en la fibra superior debido a la sobrecarga
- ffi = Esfuerzo final en la fibra inferior debido al peso propio, presfuerzo y sobrecarga
- ffs = Esfuerzo final en la fibra superior debido al peso propio, presfuerzo y sobre carga
- fcp = Esfuerzo para cargas de servicio por compresión máximo después de deducidas todas las pérdidas por presfuerzo
- Me = Momento exterior actuante total
- Tp = Tensión del presfuerzo
- Tr = Tensión del refuerzo
- T = Tensión total
- a = Profundidad del alero de la compresión.

- $b_j$  = Anchos parciales de las secciones parciales de la pieza que se encuentran en la zona de compresión de la sección gruesa  
 $f''c$  = Reducción del esfuerzo nominal de compresión del concreto  
 $\bar{a}$  = Centroide de todas las zonas que se encuentran en la zona de compresión con respecto a la fibra superior de la sección total  
 $A_j$  = Área parcial en la zona de compresión de la sección gruesa  
 $C_j$  = Centroide del área parcial en la zona de compresión con respecto a la fibra superior de la sección total gruesa  
 $d$  = Peralte efectivo del centro de gravedad del acero en tensión con respecto a la fibra superior de la sección total  
 $h$  = Peralte total de la sección total  
 $M_{ur}$  = Momento último resistente de la sección  
 $A_F$  = Área parcial en la zona de compresión de la sección transformada y agrietada  
 $I_F$  = Momento de inercia centroidal del área parcial de la zona de compresión en la sección transformada y agrietada  
 $I_{cr}$  = Momento de inercia de la sección transformada y agrietada  
 $K_r$  = Factor de relación  
 $M_{cr}$  = Momento de agrietamiento  
 $M_a$  = Momento máximo en un elemento al instante de calcular su deflexión  
 $f_{tl}$  = Esfuerzo final calculado del elemento  
 $f_r$  = Módulo de ruptura del concreto  
 $f_l$  = Esfuerzo debido a la carga viva  
 $I_e$  = Momento efectivo de inercia  
 $\Delta_{cv}$  = Deflexión instantánea por carga viva  
 $\Delta_p$  = Deflexión instantánea por presfuerzo  
 $\Delta_{pp}$  = Deflexión instantánea por peso propio  
 $\Delta_{cm}$  = Deflexión instantánea por carga muerta  
 $K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6$  = Coeficiente sugeridos por el PCI para estimar la deflexión diferida para miembros típicos

- $FS$  = Factor de seguridad  
 $\epsilon_{pf}$  = Deformación unitaria del presfuerzo para la condición de falla balanceada  
 $E$  = Módulo de elasticidad del concreto  
 $\epsilon_{rf}$  = Deformación unitaria del refuerzo para la condición de falla balanceada  
 $e$  = Distancia del eje neutro a la fibra superior de la sección gruesa  
 $\epsilon_p$  = Deformación unitaria del presfuerzo  
 $d_p$  = Peralte efectivo del presfuerzo  
 $\epsilon_r$  = Deformación unitaria del refuerzo  
 $d_r$  = Peralte efectivo del refuerzo  
 $W_f$  = Carga final en la pieza  
 $V_x$  = Cortante en la sección X  
 $M_x$  = Momento flexionante en la sección X  
 $V_{or}$  = Cortante que toma el concreto en la sección X  
 $f_r$  = Factor de seguridad  
 $b'$  = Ancho efectivo de cortante  
 $d$  = Peralte efectivo  
 $f^*c$  = Esfuerzo nominal del concreto reducido por cortante  
 $d_t$  = Peralte efectivo del presfuerzo en la sección X  
 $V_u$  = Cortante último  
 $V_{p1}$  = Cortante máximo que puede resistir la pieza  
 $V_{p2}$  = Esfuerzo dado por el reglamento para limitar el cortante que toma el concreto.  
 $V_{p3}$  = Esfuerzo dado por el reglamento para limitar el cortante que toma el concreto.  
 $V_{p4}$  = Esfuerzo dado por el reglamento para limitar el espaciamiento por -- cortante  
 $S_1$  = Valuación del espaciamiento por cortante  
 $S_2$  = Valuación del espaciamiento por cortante  
 $S_3$  = Valuación del espaciamiento por cortante

- $s_n$  = Separación máxima permisible del espaciamiento por refuerzo del ---  
cortante
- $\eta$  = Relación de módulos de elasticidad del concreto y el acero de re---  
fuerzo del cortante
- $C_1$  = Profundidad total del bloque de compresiones para la sección trans-  
formada y agrietada
- $C_k$  = Centroide del área parcial en zona de compresión de la sección trans-  
formada y agrietada
- $d'$  = Distancia del centro de gravedad del acero en compresión con respec-  
to a la fibra superior
- $b_c$  = Ancho parcial de la sección parcial de la pieza que se encuentra en  
la zona de compresión de la sección transformada y agrietada.

Se presenta para mejor comprensión el resultado de la estandarización de la trabelosa TT para un ancho de 2.50 m. y un peralte de  $h = 0.30$  m.

SECTION THREE  
 FUND 11 50,000  
 COMMISSION 200,000  
 PROFESSIONAL FEE 125  
 SCHEDULED 4,000,000  
 INTEREST 5,000 1,500 1,500  
 EST. 2,500 11,000  
 FUNDING 11,000  
 FUNDING 100 FUND 100 100 100  
 FUND 100 FUNDING

SECTION THREE  
 FUND 11 50,000  
 COMMISSION 200,000  
 PROFESSIONAL FEE 125  
 SCHEDULED 4,000,000  
 INTEREST 5,000 1,500 1,500  
 EST. 2,500 11,000  
 FUNDING 11,000  
 FUNDING 100 FUND 100 100 100  
 FUND 100 FUNDING

SECTION THREE  
 FUND 11 50,000  
 COMMISSION 200,000  
 PROFESSIONAL FEE 125  
 SCHEDULED 4,000,000  
 INTEREST 5,000 1,500 1,500  
 EST. 2,500 11,000  
 FUNDING 11,000  
 FUNDING 100 FUND 100 100 100  
 FUND 100 FUNDING

SECTION THREE  
 FUND 11 50,000  
 COMMISSION 200,000  
 PROFESSIONAL FEE 125  
 SCHEDULED 4,000,000  
 INTEREST 5,000 1,500 1,500  
 EST. 2,500 11,000  
 FUNDING 11,000  
 FUNDING 100 FUND 100 100 100  
 FUND 100 FUNDING

SECTION THREE  
 FUND 11 50,000  
 COMMISSION 200,000  
 PROFESSIONAL FEE 125  
 SCHEDULED 4,000,000  
 INTEREST 5,000 1,500 1,500  
 EST. 2,500 11,000  
 FUNDING 11,000  
 FUNDING 100 FUND 100 100 100  
 FUND 100 FUNDING

SECTION COMPLETA  
 FONDO DE 25,000  
 EMPLEADO 400,000  
 PRESUPUESTO 2100 172"  
 GABRIELINA 1067,627  
 MARCHIZO 5,000 P. 500 1,400  
 EST. # 2,5 # 11,100  
 ELECTIVO 1,000 FOLIO 1,000 SOBRECARGA 1,000  
 FINA 2,25 FOLIO 1,000

SECTION SIMPLE  
 FONDO DE 25,000  
 EMPLEADO 400,000  
 PRESUPUESTO 2100 172"  
 GABRIELINA 2034,000  
 MARCHIZO 5,000 P. 500 1,500  
 EST. # 2,5 # 11,100  
 ELECTIVO 1,000 FOLIO 1,000 SOBRECARGA 1,000  
 FINA 2,25 FOLIO 1,000

SECTION COMPLETA  
 FONDO DE 25,000  
 EMPLEADO 400,000  
 PRESUPUESTO 2100 172"  
 GABRIELINA 2064,971  
 MARCHIZO 5,000 P. 500 1,400  
 EST. # 2,5 # 11,100  
 ELECTIVO 1,000 FOLIO 1,000 SOBRECARGA 1,000  
 FINA 2,25 FOLIO 1,000

SECTION SIMPLE  
 FONDO DE 25,000  
 EMPLEADO 400,000  
 PRESUPUESTO 2100 172"  
 GABRIELINA 1511,221  
 MARCHIZO 5,000 P. 500 1,500  
 EST. # 2,5 # 11,100  
 ELECTIVO 1,000 FOLIO 1,000 SOBRECARGA 1,000  
 FINA 2,25 FOLIO 1,000

SECTION COMPLETA  
 FONDO DE 25,000  
 EMPLEADO 400,000  
 PRESUPUESTO 2100 172"  
 GABRIELINA 1067,627  
 MARCHIZO 5,000 P. 500 1,400  
 EST. # 2,5 # 11,100  
 ELECTIVO 1,000 FOLIO 1,000 SOBRECARGA 1,000  
 FINA 2,25 FOLIO 1,000

SECCION 51010

FERRON 01,000  
 FERRON 100 250,000  
 FERRON 2100 1,200  
 SORTEO 1,000 11,000 1,500  
 DEFURZO 5,000 1,500  
 FERRON 2,500 11,000 7  
 FERRON 1,000 100,000 1,000 SORTEO 1,000  
 FERRON 1,000 1,000 1,000

SECCION 51020

FERRON 01,000  
 FERRON 100 250,000  
 FERRON 2100 1,200  
 SORTEO 1,000 11,000 1,500  
 DEFURZO 5,000 1,500  
 FERRON 2,500 11,000 7  
 FERRON 1,000 100,000 1,000 FERRON 1,000 1,000  
 FERRON 1,000 1,000 1,000

SECCION 51030

FERRON 01,000  
 FERRON 100 250,000  
 FERRON 2100 1,200  
 SORTEO 1,000 11,000 1,500  
 DEFURZO 5,000 1,500  
 FERRON 2,500 11,000 7  
 FERRON 1,000 100,000 1,000 SORTEO 1,000  
 FERRON 1,000 1,000 1,000

SECCION 51040

FERRON 01,000  
 FERRON 100 250,000  
 FERRON 2100 1,200  
 SORTEO 1,000 11,000 1,500  
 DEFURZO 5,000 1,500  
 FERRON 2,500 11,000 7  
 FERRON 1,000 100,000 1,000 FERRON 1,000 1,000  
 FERRON 1,000 1,000 1,000

SECCION 51050

FERRON 01,000  
 FERRON 100 250,000  
 FERRON 2100 1,200  
 SORTEO 1,000 11,000 1,500  
 DEFURZO 5,000 1,500  
 FERRON 2,500 11,000 7  
 FERRON 1,000 100,000 1,000 SORTEO 1,000  
 FERRON 1,000 1,000 1,000



SECTION THREE  
 ITEM 11  
 LOCATION 200,000  
 DISTANCE FROM 125  
 APPROXIMATE 200,000  
 REFERENCE 5,000 1,500  
 EST. R 2.5 W 12,000  
 PLUMES  
 EMISSIONS 200,000 1.000  
 FIRM 2,000 1,446

SECTION THREE  
 ITEM 12  
 LOCATION 600,000  
 DISTANCE FROM 125  
 APPROXIMATE 600,000  
 REFERENCE 5,000 1,500  
 EST. R 2.5 W 11,000  
 PLUMES  
 EMISSIONS 200,000 1.000  
 FIRM 1,000 1,250

SECTION THREE  
 ITEM 13  
 LOCATION 200,000  
 DISTANCE FROM 125  
 APPROXIMATE 200,000  
 REFERENCE 5,000 1,500  
 EST. R 2.5 W 12,000  
 PLUMES  
 EMISSIONS 200,000 1.000  
 FIRM 2,000 1,446

SECTION THREE  
 ITEM 14  
 LOCATION 200,000  
 DISTANCE FROM 125  
 APPROXIMATE 200,000  
 REFERENCE 5,000 1,500  
 EST. R 2.5 W 11,000  
 PLUMES  
 EMISSIONS 200,000 1.000  
 FIRM 1,000 1,250

SECTION THREE  
 ITEM 15  
 LOCATION 200,000  
 DISTANCE FROM 125  
 APPROXIMATE 200,000  
 REFERENCE 5,000 1,500  
 EST. R 2.5 W 12,000  
 PLUMES  
 EMISSIONS 200,000 1.000  
 FIRM 2,000 1,446

SECTION THREE



200,000  
 PREPAGADO 2100 172°  
 2000,000 12,000  
 DEBITO 2,000 1,500  
 EST. # 2,5 # 12,000  
 ELUION  
 P. PROPIO 1,000 FICSA 1,000 FICSA 2,000 SOBRECARGA 1,000  
 TOTAL 1,500 PERMISIVO 1,500

200,000 SIRESA  
 PERMISIVO 20,000  
 2000,000 100,000  
 PREPAGADO 2100 172°  
 2000,000 10,000  
 DEBITO 5,000 1,500 1,500  
 EST. # 2,5 # 11,000  
 ELUION  
 P. PROPIO 1,500 FICSA 1,457 SOBRECARGA 2,000  
 TOTAL 2,000 PERMISIVO 2,000

200,000 SIRESA  
 PERMISIVO 25,000  
 2000,000 100,000  
 PREPAGADO 2100 172°  
 2000,000 12,500  
 DEBITO 2,000 1,500 1,500  
 EST. # 2,5 # 12,500  
 ELUION  
 P. PROPIO 1,500 FICSA 1,457 FICSA 2,000 SOBRECARGA 1,500  
 TOTAL 2,000 PERMISIVO 2,000

200,000 SIRESA  
 PERMISIVO 30,000  
 2000,000 100,000  
 PREPAGADO 2100 172°  
 2000,000 13,000  
 DEBITO 5,000 1,500 1,500  
 EST. # 2,5 # 11,000  
 ELUION  
 P. PROPIO 1,500 FICSA 1,500 SOBRECARGA 2,100  
 TOTAL 2,100 PERMISIVO 2,100

200,000 COMPACTO  
 PERMISIVO 35,000  
 2000,000 100,000  
 PREPAGADO 2100 172°  
 2000,000 14,000  
 DEBITO 2,000 1,500 1,500  
 EST. # 2,5 # 12,000  
 ELUION  
 P. PROPIO 1,500 FICSA 1,500 FICSA 2,000 SOBRECARGA 1,500  
 TOTAL 2,000 PERMISIVO 2,000

200,000 SIRESA  
 PERMISIVO 30,000  
 2000,000 100,000

SECCION 7191E  
 PLANTE 20,000  
 LONGITUD 700,000  
 PRESUPUESTO 4100 1727  
 SUPLENIDOS 117,227  
 RECURSO 2,000 1,500 1,440  
 EST. # 2, 5 # 11,100  
 FLECHAS  
 F. PROPTO 1,440 FLECHAS 1,704 SUPLENIDOS 1,440  
 FLECHAS 1,704 FLECHAS 1,658

SECCION 7192E  
 PLANTE 20,000  
 LONGITUD 700,000  
 PRESUPUESTO 4100 1727  
 SUPLENIDOS 117,227  
 RECURSO 2,000 1,500 1,500  
 EST. # 2, 5 # 11,100  
 FLECHAS  
 F. PROPTO 1,440 FLECHAS 1,704 SUPLENIDOS 1,440  
 FLECHAS 1,704 FLECHAS 1,658

SECCION 7193E  
 PLANTE 20,000  
 LONGITUD 700,000  
 PRESUPUESTO 4100 1727  
 SUPLENIDOS 117,227  
 RECURSO 2,000 1,500 1,440  
 EST. # 2, 5 # 11,100  
 FLECHAS  
 F. PROPTO 1,440 FLECHAS 1,704 SUPLENIDOS 1,440  
 FLECHAS 1,704 FLECHAS 1,658

SECCION 7194E  
 PLANTE 20,000  
 LONGITUD 700,000  
 PRESUPUESTO 4100 1727  
 SUPLENIDOS 117,227  
 RECURSO 2,000 1,500 1,500  
 EST. # 2, 5 # 11,100  
 FLECHAS  
 F. PROPTO 1,440 FLECHAS 1,704 SUPLENIDOS 1,440  
 FLECHAS 1,704 FLECHAS 1,658

SECCION 7195E  
 PLANTE 20,000  
 LONGITUD 700,000  
 PRESUPUESTO 4100 1727  
 SUPLENIDOS 117,227  
 RECURSO 2,000 1,500 1,440  
 EST. # 2, 5 # 11,100  
 FLECHAS  
 F. PROPTO 1,440 FLECHAS 1,704 SUPLENIDOS 1,440  
 FLECHAS 1,704 FLECHAS 1,658

SECCION 7196E  
 PLANTE 20,000  
 LONGITUD 700,000  
 PRESUPUESTO 4100 1727

SECCION COMPLETA	248,272			
FENALTE	25,000	1,500	1,401	
CONTRIBUCION	250,000			
PRESENCIA ATOR 172"				
SUBVENCION	500,000			
RECURSO	2,000	1,500	1,440	
EST. # 2,5 #	11,100			
ELECTRICO	1,000			
TOTAL	1,005	PERMISIBIL	1,700	25,000

SECCION SIMPLE	20,000			
FENALTE	25,000			
CONTRIBUCION	250,000			
PRESENCIA ATOR 172"				
SUBVENCION	500,000			
RECURSO	2,000	1,500	1,440	
EST. # 2,5 #	11,100			
ELECTRICO	1,000			
TOTAL	1,005	PERMISIBIL	1,700	25,000

SECCION COMPLETA	25,000			
FENALTE	250,000			
CONTRIBUCION	500,000			
PRESENCIA ATOR 172"				
SUBVENCION	2,000	1,500	1,440	
RECURSO	12,000			
EST. # 2,5 #	1,000			
ELECTRICO	1,000			
TOTAL	1,245	PERMISIBIL	1,900	25,000

SECCION SIMPLE	25,000			
FENALTE	250,000			
CONTRIBUCION	500,000			
PRESENCIA ATOR 172"				
SUBVENCION	2,000	1,500	1,440	
RECURSO	12,000			
EST. # 2,5 #	1,000			
ELECTRICO	1,000			
TOTAL	1,005	PERMISIBIL	1,700	25,000

SECCION COMPLETA	25,000			
FENALTE	250,000			
CONTRIBUCION	500,000			
PRESENCIA ATOR 172"				
SUBVENCION	477,900			
RECURSO	2,000	1,500	1,440	
EST. # 2,5 #	12,000			
ELECTRICO	1,000			
TOTAL	1,457	PERMISIBIL	1,700	25,000

SECCION SIMPLE	25,000			
FENALTE	250,000			
CONTRIBUCION	500,000			
PRESENCIA ATOR 172"				
SUBVENCION	477,900			

11,160  
 11,160  
 1,000  
 2,071

50,000  
 50,000  
 112,345  
 2,000  
 11,100  
 1,000  
 1,201

50,000  
 50,000  
 112,345  
 2,000  
 11,100  
 1,000  
 1,201

50,000  
 50,000  
 204,110  
 2,000  
 11,100  
 2,000  
 1,253

50,000  
 50,000  
 204,110  
 2,000  
 11,100  
 2,000  
 1,253

50,000  
 50,000  
 204,110  
 2,000  
 11,100  
 2,000  
 1,253







Year	Production	Consumption	Stock	Imports	Exports
1971	12,450	11,000	1,450		
1972	13,500	12,000	1,500		
1973	14,500	13,000	1,500		
1974	15,500	14,000	1,500		
1975	16,500	15,000	1,500		
1976	17,500	16,000	1,500		
1977	18,500	17,000	1,500		
1978	19,500	18,000	1,500		
1979	20,500	19,000	1,500		
1980	21,500	20,000	1,500		
1981	22,500	21,000	1,500		
1982	23,500	22,000	1,500		
1983	24,500	23,000	1,500		
1984	25,500	24,000	1,500		
1985	26,500	25,000	1,500		
1986	27,500	26,000	1,500		
1987	28,500	27,000	1,500		
1988	29,500	28,000	1,500		
1989	30,500	29,000	1,500		
1990	31,500	30,000	1,500		
1991	32,500	31,000	1,500		
1992	33,500	32,000	1,500		
1993	34,500	33,000	1,500		
1994	35,500	34,000	1,500		
1995	36,500	35,000	1,500		
1996	37,500	36,000	1,500		
1997	38,500	37,000	1,500		
1998	39,500	38,000	1,500		
1999	40,500	39,000	1,500		
2000	41,500	40,000	1,500		
2001	42,500	41,000	1,500		
2002	43,500	42,000	1,500		
2003	44,500	43,000	1,500		
2004	45,500	44,000	1,500		
2005	46,500	45,000	1,500		
2006	47,500	46,000	1,500		
2007	48,500	47,000	1,500		
2008	49,500	48,000	1,500		
2009	50,500	49,000	1,500		
2010	51,500	50,000	1,500		
2011	52,500	51,000	1,500		
2012	53,500	52,000	1,500		
2013	54,500	53,000	1,500		
2014	55,500	54,000	1,500		
2015	56,500	55,000	1,500		
2016	57,500	56,000	1,500		
2017	58,500	57,000	1,500		
2018	59,500	58,000	1,500		
2019	60,500	59,000	1,500		
2020	61,500	60,000	1,500		
2021	62,500	61,000	1,500		
2022	63,500	62,000	1,500		
2023	64,500	63,000	1,500		
2024	65,500	64,000	1,500		
2025	66,500	65,000	1,500		
2026	67,500	66,000	1,500		
2027	68,500	67,000	1,500		
2028	69,500	68,000	1,500		
2029	70,500	69,000	1,500		
2030	71,500	70,000	1,500		



100,000  
 100,000  
 1,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000

100,000  
 100,000  
 1,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000

100,000  
 100,000  
 1,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000

100,000  
 100,000  
 1,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000

100,000  
 100,000  
 1,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000  
 100,000,000

SECTION 1000000000			
PERMITS	50,000		
CONSTRUCTION	1,000,000		
PRELIMINARY WORK	100,000		
CONSTRUCTION	1,000,000		
REVENUE	1,000,000	1,000,000	
EST. # 2,500	10,000		
PERMITS	5,000	5,000	
CONSTRUCTION	2,000	2,000	
PERMITS	2,000	2,000	

SECTION 1000000000			
PERMITS	50,000		
CONSTRUCTION	1,000,000		
PRELIMINARY WORK	100,000		
CONSTRUCTION	1,000,000		
REVENUE	1,000,000	1,000,000	
EST. # 2,500	11,000		
PERMITS	5,500	5,500	
CONSTRUCTION	2,000	2,000	
PERMITS	2,000	2,000	

SECTION 1000000000			
PERMITS	50,000		
CONSTRUCTION	1,000,000		
PRELIMINARY WORK	100,000		
CONSTRUCTION	1,000,000		
REVENUE	1,000,000	1,000,000	
EST. # 2,500	12,000		
PERMITS	6,000	6,000	
CONSTRUCTION	2,000	2,000	
PERMITS	2,000	2,000	

SECTION 1000000000			
PERMITS	50,000		
CONSTRUCTION	1,000,000		
PRELIMINARY WORK	100,000		
CONSTRUCTION	1,000,000		
REVENUE	1,000,000	1,000,000	
EST. # 2,500	11,000		
PERMITS	5,500	5,500	
CONSTRUCTION	2,000	2,000	
PERMITS	2,000	2,000	

SECTION 1000000000			
PERMITS	50,000		
CONSTRUCTION	1,000,000		
PRELIMINARY WORK	100,000		
CONSTRUCTION	1,000,000		
REVENUE	1,000,000	1,000,000	
EST. # 2,500	12,000		
PERMITS	6,000	6,000	
CONSTRUCTION	2,000	2,000	
PERMITS	2,000	2,000	

SECCION SIMUL

PERALTE 30,000  
 CREDITO 1,000,000  
 PRODUCCION BTGR 172  
 SUMERGENDA 14,735  
 RETORNO 2,040 F.SEG 1,020  
 EST. @ 2.5 % 11,100  
 F.LIQUID 1,020  
 P.FIJO 2,040 10,200 12,571 SOBRECARGO 2,040  
 FINA 2,047 10,601,100 2,047

SECCION OPERATIVA

PERALTE 30,000  
 CREDITO 1,000,000  
 PRODUCCION BTGR 172  
 SUMERGENDA 14,735  
 RETORNO 2,040 F.SEG 1,020  
 EST. @ 2.5 % 11,100  
 F.LIQUID 1,020  
 P.FIJO 2,040 10,200 12,571 FINE 2,040 SOBRECARGO 2,040  
 FINA 2,047 10,601,100 2,047

SECCION SIMUL

PERALTE 30,000  
 CREDITO 1,000,000  
 PRODUCCION BTGR 172  
 SOBRECARGA 109,451  
 RETORNO 2,040 F.SEG 1,020  
 EST. @ 2.5 % 11,100  
 F.LIQUID 1,020  
 P.FIJO 2,040 10,200 12,571 SOBRECARGO 2,040  
 FINA 2,047 10,601,100 2,047

SECCION OPERATIVA

PERALTE 30,000  
 CREDITO 1,000,000  
 PRODUCCION BTGR 172  
 SUMERGENDA 14,735  
 RETORNO 2,040 F.SEG 1,020  
 EST. @ 2.5 % 11,100  
 F.LIQUID 1,020  
 P.FIJO 2,040 10,200 12,571 FINE 2,040 SOBRECARGO 2,040  
 FINA 2,047 10,601,100 2,047

SECCION SIMUL

PERALTE 30,000  
 CREDITO 1,000,000  
 PRODUCCION BTGR 172  
 SUMERGENDA 14,735  
 RETORNO 2,040 F.SEG 1,020  
 EST. @ 2.5 % 11,100  
 F.LIQUID 1,020  
 P.FIJO 2,040 10,200 12,571 SOBRECARGO 2,040  
 FINA 2,047 10,601,100 2,047

SECTION SIMPLE

PERMITE 20,000  
 COMPLETO 1250,000  
 PRE-CONSTRUCCION 125  
 SUBCONTRATO 11,900  
 REFERENCIO 2,000 1,500  
 EST. # 2,5 # 11,100  
 ELECTRICOS 2,000 1,500  
 PLUMBOS 2,000 1,500  
 TUBOS 2,100 1,600

15,000 SUBCONTRATO 2,000

SECTION SIMPLE

PERMITE 20,000  
 COMPLETO 1250,000  
 PRE-CONSTRUCCION 125  
 SUBCONTRATO 11,900  
 REFERENCIO 2,000 1,500  
 EST. # 2,5 # 11,100  
 ELECTRICOS 2,000 1,500  
 PLUMBOS 2,000 1,500  
 TUBOS 2,100 1,600

15,000 SUBCONTRATO 2,000

SECTION SIMPLE

PERMITE 20,000  
 COMPLETO 1250,000  
 PRE-CONSTRUCCION 125  
 SUBCONTRATO 11,900  
 REFERENCIO 2,000 1,500  
 EST. # 2,5 # 11,100  
 ELECTRICOS 2,000 1,500  
 PLUMBOS 2,000 1,500  
 TUBOS 2,100 1,600

15,000 SUBCONTRATO 2,000

SECTION SIMPLE

PERMITE 20,000  
 COMPLETO 1250,000  
 PRE-CONSTRUCCION 125  
 SUBCONTRATO 11,900  
 REFERENCIO 2,000 1,500  
 EST. # 2,5 # 11,100  
 ELECTRICOS 2,000 1,500  
 PLUMBOS 2,000 1,500  
 TUBOS 2,100 1,600

15,000 SUBCONTRATO 2,000

SECTION SIMPLE

PERMITE 20,000  
 COMPLETO 1250,000  
 PRE-CONSTRUCCION 125  
 SUBCONTRATO 11,900  
 REFERENCIO 2,000 1,500  
 EST. # 2,5 # 11,100  
 ELECTRICOS 2,000 1,500  
 PLUMBOS 2,000 1,500  
 TUBOS 2,100 1,600

15,000 SUBCONTRATO 2,000

SECTION THREE  
 PERMITS 20,000  
 LICENSES 1,500,000  
 FEE COLLECTOR 122  
 CONTRACTS 102,763  
 EST. # 2,5 M 11,100  
 RECEIPTS 12,769  
 P. PROFIT 17,425  
 FINE 1,425

SECTION THREE  
 PERMITS 20,000  
 LICENSES 1,500,000  
 FEE COLLECTOR 122  
 CONTRACTS 102,763  
 EST. # 2,5 M 11,100  
 RECEIPTS 12,769  
 P. PROFIT 17,425  
 FINE 1,425

SECTION THREE  
 PERMITS 20,000  
 LICENSES 1,500,000  
 FEE COLLECTOR 122  
 CONTRACTS 102,763  
 EST. # 2,5 M 11,100  
 RECEIPTS 12,769  
 P. PROFIT 17,425  
 FINE 1,425

SECTION THREE  
 PERMITS 20,000  
 LICENSES 1,500,000  
 FEE COLLECTOR 122  
 CONTRACTS 102,763  
 EST. # 2,5 M 11,100  
 RECEIPTS 12,769  
 P. PROFIT 17,425  
 FINE 1,425

SECTION THREE  
 PERMITS 20,000  
 LICENSES 1,500,000  
 FEE COLLECTOR 122  
 CONTRACTS 102,763  
 EST. # 2,5 M 11,100  
 RECEIPTS 12,769  
 P. PROFIT 17,425  
 FINE 1,425

SECTION THREE  
 PERMITS 20,000

Cabe aclarar que se puede estandarizar cualquier elemento presforzado. - Esto se logra al cambiar ciertas instrucciones en el programa, como lo son: Las características geométricas, el acero de presfuerzo y la función que esta cumpliendo el elemento, ya sea como trabe losa, trabe portante ó trabe rigidizante.

Sin embargo, en algunos casos es posible obtener con calculadoras programables sistemas que desarrollen aspectos de ingeniería, tales como: el diseño estructural de una pieza presforzada y el cálculo de propiedades geométricas de secciones complicadas.

Así como, se desarrolló el programa de antepresupuestos para una calculadora HP-41C se presenta el siguiente programa, enfocado a diseños elementos de concreto presforzado por flexión.

La limitante que presenta este programa es que debe disponer de 62 registros en programa y de 37 memorias en operación normal. Esto significa que debe incluirse cuando menos módulo de memoria adicional en la calculadora.

Para iniciar el Sistema es necesario seguir los pasos indicados en el programa de antepresupuestos, y una vez efectuada la instrucción GTO . . . , se puede empezar el desarrollo de:

PROGRAMA PARA DISEÑAR POR FLEXION ELEMENTOS PRESFORZADOS. (EN HP-41C)

FASO	INSTRUCCIONES				COMENTARIOS
01.	LB	ALPHA	FLEXION	ALPHA	Se instala el título del programa - "FLEXION"
02.	ALPHA	f'c ?	ALPHA		Se pregunta la resistencia del concreto
03.	XEQ	ALPHA	PROMPT	ALPHA	Se detiene la ejecución del programa para introducir un dato
04.	STO	00			El dato " f'c " se almacena en la memoria 00
05.	ALPHA	fsr ?	ALPHA		Se pregunta la resistencia del Acero de presfuerzo
06.	XEQ	ALPHA	PROMPT	ALPHA	Se detiene la ejecución para introducir un dato
07.	STO	01			El dato "fsr" se almacena en la memoria 01.



PASO	INSTRUCCION	COMENTARIOS
08.	ALPHA A ? ALPHA	Se preguntan las características -- geométricas del elemento comenzando con: AREA DE LA SECCION
09.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	
10.	STO 02	Se detiene la ejecución e introduce el dato " A " en la memoria 02.
11.	ALPHA I ? ALPHA	Momento de inercia de la sección.
12.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	Se detiene la ejecución para intro- ducir un dato
13.	STO 03	" I " se almacena en la memoria 03.
14.	ALPHA YI ? ALPHA	Distancia de la fibra inferior al - E.N. de la sección.
15.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	Se detiene la ejecución para intro- ducir un dato
16.	STO 04	" Yi " se almacena en la memoria 04
17.	ALPHA Ys ? ALPHA	Distancia de la fibra superior al - E.N. de la sección
18.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	Se detiene la ejecución para intro- ducir un dato
19.	STO 05	" Ys " se almacena en la memoria 05
20.	ALPHA MA ? ALPHA	Momento actuante máximo en el ele- mento
21.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	Se detiene la ejecución para intro- ducir un dato
22.	STO 10	" MA " se almacena en la memoria 10
23.	ALPHA ESF. PEPM. TRANSF. ALPHA	Cálculo de esfuerzos permisibles en la transferencia
24.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	Se detiene la ejecución para intro- ducir un subtítulo
25.	RCL 00	Se calcula el esfuerzo permisible a compresión
26.	0.8	en la etapa de transferencia
27.	X	$f'ci = 0.8 f'c$
28.	0.6	
29.	X	$FCT = 0.6 f'ci$
30.	STO 06	" FCT " se almacena en la memoria 06
31.	ALPHA FCT = ALPHA	Esfuerzo de compresión permisible en la transferencia

LÍNEA	INSTRUCCION	COMENTARIOS
32.	ALPHA $\square$ RCL . X	Se saca a pantalla el resultado
33.	$\square$ VIEW ALPHA	de "FCT"
34.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Se detiene el programa para mantener
35.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	en pantalla el resultado de "FCT" durante
36.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	tres segundos
37.	RCL 00	Se calcula el esfuerzo permisible a tensión
38.	0.8	en la etapa de transferencia
39.	X	$f'ci = 0.8 f'c$
40.	$\sqrt{x}$	$FTT = \sqrt{f'ci}$
41.	STO 07	"FTT" se almacena en la memoria 07
42.	ALPHA FTT = ALPHA	Esfuerzo de tensión permisible en la transferencia
43.	ALPHA $\square$ RCL . X	Se saca a pantalla el resultado
44.	$\square$ VIEW ALPHA	de "FTT"
45.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Se detiene el programa para mantener
46.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	en pantalla el resultado de "FTT" durante
47.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	tres segundos
48.	ALPHA ESF. PERM. SERV. ALPHA	Cálculo de esfuerzos permisibles en condiciones de servicio
49.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	Se detiene la ejecución para introducir el sustituto
50.	RCL 00	Se calcula el esfuerzo permisible a compresión en
51.	0.45	condiciones de servicio
52.	X	$FCS = 0.45 f'c$
53.	STO 08	"FCS" se almacena en la memoria 08
54.	ALPHA FCS = ALPHA	Esfuerzo de compresión permisible en condiciones de servicio

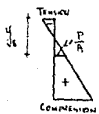
PASO	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
55.	ALPHA <input type="checkbox"/> RCL . X	Se saca a pantalla el resultado
56.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	
57.	XEQ ALPHA FSC ALPHA	Se mantiene en pantalla el resultado
58.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	durante tres segundos
59.	XEQ ALPHA ISL ALPHA	
60.	RCL 00	Se calcula el esfuerzo a tensión per- misible
61.	$\sqrt{x}$	en condiciones de servicio
62.		$FTS = 2 \sqrt{E'c}$
63.	X	
64.	STO 09	"FTS" se almacena en la memoria 09
65.	ALPHA FTS = ALPHA	Esfuerzo de tensión permisible en -- condiciones de serv.
66.	ALPHA <input type="checkbox"/> RC4 . X	Idem a paso 55
67.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
68.	XEQ ALPHA ISL ALPHA	Idem a paso 57
69.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 58
70.	XEQ ALPHA ISL ALPHA	Idem a paso 59
71.	ALPHA AREA TORON ? ALPHA	Se pregunta el área individual del -- acero de presfuerzo a utilizar
72.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	Idem a paso 03
73.	RCL 01	Se calcula el presfuerzo total per- cable
74.	X	
75.	0.7	
76.	X	$P_0 = (A_x f_{sc}) 0.7$
77.	STO 11	"Po" se almacena en la memoria 11
78.	ALPHA P0 = ALPHA	Presfuerzo aplicable a un cable (alar- bre o torón)
79.	ALPHA <input type="checkbox"/> RCL . X	Idem a paso 55

PAO	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
80.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
81.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 57
82.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 58
83.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 59
84.	RCL 11	Se calcula el presfuerzo efectivo por cable
85.	0.8	
86.	X	$P = 0,8 P_0$
87.	STO 12	"P" se almacena en la memoria 12
88.	ALPHA P = ALPHA	Presfuerzo efectivo en un cable (alambre torón)
89.	ALPHA RCL . X	Idem a paso 55
90.	VIEW ALPHA	Idem a paso 56
91.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 57
92.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 58
93.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 59
94.	ALPHA CAP. PRESF. ALPHA	Se calcula la capacidad de presfuerzo en la pieza
95.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	Idem a paso 24
96.	RCL 07	Capacidad de presfuerzo a tensión
97.	0.8	$Cap. tensión = K \sqrt{f'ci}$
98.	X	siendo $K = 0.8$
99.	STO 13	
100.	ALPHA TENS = ALPHA	Cap. de presfuerzo a tensión de <u>pan</u> talla
101.	ALPHA <input type="checkbox"/> RCL . X	Idem a paso 55
102.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
103.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 57
104.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 58

PASO	INSTRUCCION				COMENTARIOS
105.	XEQ	ALPHA	PSE	ALPHA	Idem a paso 59
106.	RCL	06			Capacidad de presfuerzo a compresión
107.		0.8			Capacidad compresión = 0.6 K f'ci
108.		X			Siendo K = 0.8
109.	STO	14			
110.	ALPHA	COMP =	ALPHA		Capacidad de presfuerzo a compresión en pantalla
111.	ALPHA	<input type="checkbox"/>	RCL	X	Idem a paso 55
112.	<input type="checkbox"/>	VIEW	ALPHA		Idem a paso 56
113.	XEQ	ALPHA	PSE	ALPHA	Idem a paso 57
114.	XEQ	ALPHA	PSE	ALPHA	Idem a paso 58
115.	XEQ	ALPHA	PSE	ALPHA	Idem a paso 59
116.	RCL	10			Se calcula el diagrama de
117.	RCL	03			esfuerzos actuantes, al $\phi$ debido
118.		=			a condiciones de servicio
119.	RCL	05			$f_{sup} = \frac{M_a}{I}$ Ys (el programa
120.		X			
121.	STO	25			contempla que el momento es positivo
122.	RCL	13			al $\phi$ por lo que se obtienen compresiones en el lecho superior).
123.		-			
124.	ALPHA	f <sub>sup</sub> =	ALPHA		Esfuerzo en el lecho superior al $\phi$ debido a las cargas por condiciones de servicio
125.	ALPHA	<input type="checkbox"/>	ARCL	X	Idem a paso 55
126.	<input type="checkbox"/>	VIEW	ALPHA		Idem a paso 56
127.	XEQ	ALPHA	PSE	ALPHA	Idem a paso 57
128.	XEQ	ALPHA	PSE	ALPHA	Idem a paso 58

PASO	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
129.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 59
130.	ALPHA FSUP : FCS ALPHA	Se compara el resultado contra el esfuerzo de
131.	ALPHA <input type="checkbox"/> RCL . X	compresión permisible en condiciones de servicio FCS
132.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	
133.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	
134.	RCL 08	Se saca a pantalla el valor de
135.	ALPHA <input type="checkbox"/> RCL . X	" FCS "
136.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	
137.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Se detiene el programa durante
138.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	2 segundos, para observar el valor de "FCS"
139.	RCL 10	
140.	RCL 03	Ahora se obtiene el esfuerzo actuante
141.	÷	al $\sigma$ en el lecho inferior
142.	RCL 04	
143.	X	$f_{inf} = - \frac{M_a}{I} Y_i$ ( Se obtienen --
144.	CHS	esfuerzos de tensión).
145.	STO 26	
146.	RCL 14	
147.	+	
148.	ALPHA F inf = ALPHA	Esfuerzo en el lecho inferior debido a condiciones de servicio
149.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL . X	Idem a paso 55
150.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
151.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 57
152.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 58
153.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 59
154.	ALPHA F inf : Fts ALPHA	Se compara el resultado contra el
155.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL . X	esfuerzo de tensión permisible en

PASO	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
156.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	condiciones de servicio (ITS), buscando
157.	XEQ ALPHA FSL ALPHA	a pantalla el valor de "ETS"
158.	RCL 09	
159.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL X	
160.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	
161.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Se detiene el programa durante
162.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	2 segundos para observar el valor ITS
163.	ALPHA NUEVA TENSION ? ALPHA	Se determina aquí si la sección
164.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	está correcta, sobrada o insuficiente
165.	STO 13	Si es insuficiente se regresa a proponer
166.	ALPHA NUEVA COMP. ? ALPHA	una nueva sección al inicio del
167.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	programa: si está sobrada, se
168.	STO 14	propone un nuevo diagrama de
169.	RCL 17	presfuerzo tal que la sección sea
170.	RCL 14	económicamente viable, finalmente --
171.	+	si está correcta simplemente se
172.	RCL 04	repite los datos que se obtuvieron:
173.	RCL 05	TENSION = Nueva tensión
174.	+	COMP. = Nueva compresión
175.	÷	Se obtiene ahora el presfuerzo
176.	RCL 05	efectivo total que se deberá aplicar
177.	X	a la pieza:
178.	RCL 13	
179.	-	
180.	STO 15	
181.	RCL 02	
182.	X	



Las Tensiones Similares

$$\text{COMP} + T_{\text{EAS}} \quad T_{\text{EAS}} = \frac{H_r}{h}$$

$$y \quad y/2$$

$$T_{\text{EAS}} = \left[ \frac{H_r}{y} (\text{COMP} + T_{\text{EAS}}) - T_{\text{EAS}} \right] A$$

De ahí:

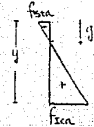
Paso	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
183.	STO 16	
184.	ALPHA $P_{ef} =$ ALPHA	Presfuerzo efectivo total = $P_{ef} = F$
185.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL . X	Idem a paso 55
186.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
187.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 57
188.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 58
189.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 59
190.	RCL 16	Se calcula el número de
191.	RCL 12	Torones que tendrá la pieza
192.	:	# Torones = $\frac{\text{Presfuerzo efectivo total}}{\text{Presfuerzo efectivo de cable}}$
193.	ALPHA * Tor = ALPHA	No. torones en la pieza
194.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL . X	Idem a paso 55
195.	<input type="checkbox"/> AVIEW ALPHA	Idem a paso 56
196.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 57
197.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 58
198.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 59
199.	RCL 14	Se calcula la excentricidad teórica
200.	RCL 15	de los torones con respecto al E.N. de la sección
201.	-	
202.	RCL 03	$E_t = \frac{I}{P_{ef} v_s} (f_{comp.} - \frac{P}{A})$
203.	X	
204.	RCL 16	f comp. = Nueva Compresión
205.	÷	
206.	RCL 04	
207.	÷	
208.	STO 17	



INSTRUCCIÓN	COMENTARIOS
209. ALPHA = ALPHA	E/T = Excentricidad teórica de los torones con respecto al eje neutro de la sección
210. ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL X	Idem a paso 55
211. <input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
212. XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 57
213. XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 58
214. XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 59
215. RCL 04	Se calcula e't como:
216. RCL 17	e't = Yi - et
217. -	
218. ALPHA E <input type="checkbox"/> ÷ T ALPHA	E/T = e't = excentricidad teórica de los torones con respecto a la fibra inferior de la sección
219. ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL X	Idem a paso 55
220. <input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
221. XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 57
222. XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 58
223. XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 59
224. ALPHA * TOR. REAL ? ALPHA	Se determina en base a los cálculos - y a
225. XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	criterio el # de torones real en la -- pieza
226. STO 18	y asimismo se determina:
227. ALPHA E <input type="checkbox"/> ÷ R ? ALPHA	E/R = e'r = excentricidad real de los
228. XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	torones propuestos con respecto a la
229. STO 19	fibra inferior de la sección
230. RCL 04	Se calcula la excentricidad
231. RCL 19	real Er con respecto al
232. -	eje neutro de la sección

PASO	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
233.	STO 20	$e_r = Y_i - e'r$
234.	ALPHA ER = ALPHA	ER = $e_r$ = Excentricidad Real
235.	ALPHA □ ARCL . X	Idem a paso 55
236.	□ VIEW ALPHA	Idem paso 56
237.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 57
238.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 58
239.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 59
240.	ALPHA REV. ESF. REAL ALPHA	Se revisan los esfuerzos reales
241.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	debido al presfuerzo y excentricidad
242.	ALPHA APOYO ALPHA	propuestas en las secciones críticas
243.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	1) En el Apoyo
244.	RCL 11	
245.	RCL 18	
246.	X	$f_{sta} = \frac{P_o}{A} - \frac{P_{oe}}{I} Y_s$
247.	RCL 02	El valor que se obtenga debe
248.	÷	compararse contra el esfuerzo de
249.	STO 21	tensión permisible inmediatamente
250.	RCL 11	después de la transferencia ITT almacenado en la memoria 07.

PASO	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
251.	RCL 18	
252.	X	
253.	RCL 20	
254.	X	
255.	RCL 03	
256.	÷	
257.	STO 22	
258.	RCL 05	
259.	X	
260.	CHS	
261.	RCL 21	
262.	+	
263.	STO 23	
264.	ALPHA FSTA = ALPHA	Esfuerzo superior de tensión en el apoyo
265.	ALPHA ARCL . X	Idem a paso 55
266.	VIEW ALPHA	Idem a paso 56
267.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 57
268.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 58
269.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 59

PASO	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
270.	RCL 23	En caso de necesitarse se calcula la
271.	CHS	distancia en donde el
272.	RCL 22, RCL 04, X, RCL 21, +	esfuerzo es cero en el apoyo = "R <sub>1</sub> "
273.	+	
274.	RCL 04	
275.	RCL 05	
276.	+	
277.	÷	$\frac{f_{sca}}{y} = \frac{f_{sca} + f_{sca}}{y}$
278.	STO 29	
279.	RCL 23	
280.	CHS	$d_1 = \frac{y * f_{sca}}{(f_{sca} + f_{sca})}$
281.	RCL 29	
282.	÷	
283.	STO 35	
284.	ALPHA G1' = ALPHA	Dist. de la fibra sup. a donde f = 0
285.	ALPHA ARCL . X	Idem a paso 55
286.	VIEW ALPHA	Idem a paso 56
287.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 57
288.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 58
289.	XEQ ALPHA PSE ALPHA	Idem a paso 59
290.	RCL 23	Se hace la resta - FSTA + Ftt; si el
291.	RCL 07	valor que se obtiene es negativo sig
292.	+	nifica
293.	STO 30	que se requiere de acero de refuerzo
294.	XEQ ALPHA X < 0? ALPHA	ordinario
295.	XEQ 01	adicional para tensión en la zona de
296.	RCL 22	apoyo mismo
297.	RCL 04	que se calcula en la subrutina No. 1
298.	X	
299.	RCL 21	Si el valor es positivo simplemente -
300.	+	el programa continúa
		Se manda a la subrutina 01
		Se calcula el esfuerzo de compresión
		en el lecho
		inferior de la pieza en la zona del
		apoyo
		Fica = $\frac{P_0}{A} + \frac{P_0}{I} * Y_i$ ; el valor que se
		obtiene debe compararse contra fct -
		almacenado

PASO	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
301.	STO 24	en la memoria 06
302.	ALPHA FICA = ALPHA	Fica = Esfuerzo inferior de expresión en el apoyo
303.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL . X	Idem a paso 55
304.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
305.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 57
306.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 58
307.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 59
308.	RCL 24	Se hace la resta - FICA + FCT; si el valor
309.	CHS	resulta negativo significa que se requiere disminuir la contribución del presfuerzo en la zona de apoyo. Esto se logra al desviar o enductar el o los cables de acero de presfuerzo a la longitud necesaria tal que el esfuerzo que se obtenga sea menor que el permisible. El programa, en la subrutina 02 indica si hay que regresar a proponer engrase de torones.
310.	RCL 06	
311.	+	
312.	STO 31	Si el valor es positivo el programa simplemente
313.	XEQ ALPHA X < 0 ? ALPHA	continúa
314.	XEQ 02	Se manda a la subrutina 02
315.	ALPHA C. CLARO ALPHA	Se empieza a revisar los esfuerzos
316.	XEQ ALPHA FICENT ALPHA	finales al centro del claro (C).
317.	RCL 23	superponiendo los efectos del diagrama
318.	0.8	de presfuerzo contra el diagrama de
319.	X	esfuerzos actuales
320.	RCL 25	$F_{scl} = \frac{P}{A} - \frac{P_e}{I} Y_s + \frac{M_a}{I} Y_s$
321.	+	
322.	STO 27	Siendo F <sub>scl</sub>
323.	ALPHA FSCL = ALPHA	El esfuerzo en la fibra superior al C
324.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL . X	Idem a paso 55
325.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
326.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 57
327.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 58

PASO	INSTRUCCIONES				COMENTARIOS
328.	XEQ	ALPHA	PSE	ALPHA	Idem a paso 59
329.	RCL	24			Se calcula ahora
330.		0.8			$FICL = \frac{F}{A} + \frac{F_e}{I} Y_i - \frac{M_e}{I} Y_i$
331.		X			
332.	RCL	26			
333.		+			Siendo FICL:
334.	STO	28			
335.	ALPHA	FICL =	ALPHA		Esfuerzo en la fibra inferior al $\sigma_c$
336.	ALPHA	ARCL =	X		Idem a paso 55
337.		VIEW	ALPHA		Idem a paso 56
338.	XEQ	ALPHA	PSE	ALPHA	Idem a paso 57
339.	XEQ	ALPHA	PSE	ALPHA	Idem a paso 58
340.	XEQ	ALPHA	PSE	ALPHA	Idem a paso 59
341.	RCL	28			Se hace la resta: FTS - FICL; si el
342.	RCL	09			valor resulta negativo significa que
343.		+			se requiere armado adicional por tensión
344.					al $\sigma_c$ mismo que se calcula en la --
345.					subrutina 03
346.		STO	33		Si el valor es positivo el programa --
347.					simplemente
348.	XEQ	ALPHA	X < 0 ?	ALPHA	continúa
349.	XEQ	03			Se manda a la subrutina 03
350.	LBL	01			Empieza la subrutina No. 03
351.	RCL	35			Se calcula el Area de Acero de refuer-
352.	RCL	30			zo adicional
353.					que deberá colocarse por tensión en la
354.					zona del acero
355.	CHS				$A_s1 = \frac{F1}{f_y}$
356.		X			Siendo: $F1 = \left( \frac{f_{STA} - F_{T1}}{2} \right) X$ Si x ancho tributario
357.		2			
358.		÷			$f_a = 0.6 f_y = 0.6(4200) > 2100 \text{ kg/cm}^2$
359.	ALPHA	ANCHO TRIB ?	ALPHA		Se pregunta el ancho tributario de la
360.					pieza
361.	XEQ	ALPHA	PROMPT	ALPHA	Se detiene la ejecución hasta introdu-
362.		X			cir el dato
363.		2100			$2100 = f_a$

PASO	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
358.	÷	
359.	ALPHA ASI = ALPHA	ASI = Area de acero faltante en la sección
360.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL . X	por tensión en la zona del apoyo
361.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
362.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 57
363.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 58
364.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 59
365.	RTN	Fin de la subrutina
366.	LBL 02	Empieza la subrutina No. 02
367.	RCL 11	Se saca a pantalla el valor de la diferencia FICA - FCT
368.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL . X	Idem a paso 55
369.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
370.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 57
371.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 58
372.	ALPHA DIGRASE ALPHA	Conc el resultado del paso 367 es negativo se introduce el subtítulo
373.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL . X	"DIGRASE" para indicar que es necesario enductar torones
374.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
375.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 57
376.	ALPHA <input type="checkbox"/> X TOR APOYO? ALPHA	Se pregunta el número de torones actuantes en el apoyo
377.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	para el primer tanteo y se detiene la ejecución hasta introducir el dig.
378.	STO 18	El # TOR en el apoyo se almacena en STO 18
379.	RCL 11	Se calcula el nuevo valor del esfuerzo de
380.	X	compresión en el lecho inferior del apoyo con la
381.	RCL 02	fórmula de la escuadría.
382.	÷	
383.	RCL 18	$FICA = \frac{F_0}{A} + \frac{F_{0er}}{I}$ Y; el valor que se
384.	RCL 20	obtenga, nuevamente debe compararse -
385.	FCT almacenado en la memoria STO 06	

PASO	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
386.	RCL 03	
387.	÷	
388.	RCL 04	
389.	X	
390.	+	
391.	STO 24	
392.	ALPHA FICA = ALPHA	FICA= Esfuerzo inf. de compresión - en el apoyo del ter. tanteo en rutina STG 24.
393.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL ...	Idem a paso 55
394.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem a paso 56
395.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 57
396.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 58
397.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem a paso 59
398.	RCL 24	Se hace la resta FCT - FICA; si el - valor
399.	CHS	resulta positivo la rutina termina - con
400.	RCL 06	el primer tanteo.
401.	+	Si el valor resulta negativo, significa que la reducción de los torones actuantes en el apoyo
402.	STO 31	no fué suficiente, por lo que se tiene que regresar a proponer un segundo tanteo y así
403.	XEQ ALPHA X < 0 ? ALPHA?	sucesivamente hasta lograr que $FICA \leq FCT$
404.	GTO 366	En este último caso el programa se - regresa al paso 366, que es donde comienza la subrutina 02.
405.	RIN	FIN DE LA SUBROUTINA.
406.	LBL 03	Empieza la subrutina No. 03
407.	RCL 27	Se calcula el área de acero de re--- fuerzo
408.	RCL 28	adicional que deberá colocarse por - tensión
409.	CHS	al $\frac{1}{2}$ . Se supone que la pieza adquiere
410.	+	un diagrama final de esfuerzo corres pondiente
411.	RCL 04	a una pieza con poca flecha



PASO	INSTRUCCIONES	COMENTARIOS
412.	PCL 05	
413.	+	
414.	.	
415.	STO 36	$E_3 = \frac{Y \cdot fscl}{(fscl + ficl)}$
416.	PCL 04	
417.	PCL 05	
418.	+	$E_2 = Y - E_3$
419.	PCL 13	
420.	PCL 36	$AS2 = \frac{E_2}{fa}$
421.	+	
422.	-	Siendo:
423.	PCL 33	
424.	GHS	$E_2 = \frac{(ficl - fts)}{2} \times g_2 \times \text{ancho tributario}$
425.	X	
426.	2	y $fa = 2100 \text{ kg/cm}^2$
427.	.	
428.	ALPHA ANCHO TRIB ? ALPHA	Se pregunta el ancho tributario de la pieza
429.	XEQ ALPHA PROMPT ALPHA	Se detiene la ejecución hasta introducir el dato
430.	X	
431.	2100	$2100 = fa$
432.	.	
433.	ALPHA AS2 = ALPHA	$AS2 = \text{Area de acero faltante en la sección, por tensión}$
434.	ALPHA <input type="checkbox"/> ARCL . X	en la zona del $\llcorner$
435.	<input type="checkbox"/> VIEW ALPHA	Idem paso 56
436.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem paso 57
437.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem paso 58
438.	XEQ ALPHA FSE ALPHA	Idem paso 59
439.	RTN	FIN DE LA SUBROUTINA
440.	GTO . .	FIN DEL PROGRAMA.

OPERACION DEL PROGRAMA

Una vez terminado el programa, se tecldea de nuevo la función PRGM, regresando de esta forma a la posición normal de operación de la calculadora. Una vez hecho esto se ejecutan las instrucciones de la tabla que sigue a continuación.

ETAPA	INSTRUCCION	UNIDADES	COMENTARIOS
01.	XEQ ALPHA SIZE ALPHA 037		Se determina el número de miembros
		0.00	
02.	XEQ ALPHA CLPG ALPHA		Se borran los registros que existen
		0.00	en las memorias
03.	XEQ ALPHA PLEXION ALPHA		Se inicia la operación del programa
		780 ?	
04.	DATO: f'c R/S		Resistencia a la comp. del concreto en MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
		FSR ?	
05.	DATO: f'st R/S		Resistencia del Acero de Refuerzo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
		A ?	
06.	DATO: Area de la sección transversal R/S		A = Area de la sección transversal en cm <sup>2</sup>
		I ?	
07.	DATO: Momento de inercia de la sección R/S		I = Momento de Inercia en cm <sup>4</sup>
		YI ?	
08.	DATO: Dist. fibra inf. al E.N. R/S		YI = Distancia fibra inf. al E.N. en cm.
		YS ?	
09.	DATO: Dist. Fibra Sup. al E.N. R/S		YS = Distancia fibra sup. al E.N. en cm.
		Ma ?	
10.	DATO: Momento máximo actuante R/S		Ma = Momento máx. actuante en cm <sup>4</sup>
			en MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
		ESF.MEM.TRANSF.	
11.	(SUBTITULO) R/S		El programa calcula los esfuerzos permitidos

FCT =

PASO	INSTRUCCION	PANTALLA	COMENTARIOS
12.	Resultado 1: Se obtiene el esfuerzo de compresión permisible en la transferencia.	FTC =	FTC se almacena en la memoria SIO 06 cada resultado obtenido debe apuntarse
13.	Resultado 2: Se obtiene el esfuerzo de tensión permisible en la transferencia.	FTT =	FTT se almacena en la memoria 07.
14.	(SUBTITULO) R/S	REF. FERM. SERV.	Se calculan los esfuerzos permisibles en condiciones de servicio
15.	Resultado 3: Se obtiene el esfuerzo de compresión permisible en condiciones de servicio.	FCS =	FCS se almacena en la memoria SIO 08 (kg/cm <sup>2</sup> )
16.	Resultado 4: Se obtiene el esfuerzo de tensión permisible en condiciones de servicio.	FTS =	FTS se almacena en la memoria SIO 09 (kg/cm <sup>2</sup> )
17.	DATA: Area individual del acero de presfuerzo a utilizar R/S	AREA TORON?	Area del acero de presfuerzo = (cm <sup>2</sup> )
18.	Resultado 5: Se obtiene el presfuerzo aplicable a un cable (alambre o torón).	PE =	Pe se almacena en la memoria SIO 11 (kg)
19.	Resultado 6: Se obtiene el presfuerzo efectivo en un cable (alambre o torón).	P =	P se almacena en la memoria SIO 12 (kg)
20.	(SUBTITULO) R/S	CAP. PRESF.	Se calcula la capacidad de presfuerzo en la pieza
21.	Resultado 7: Se obtiene la capacidad de presfuerzo a tensión	TTNS =	la capacidad a tensión se almacena en la memoria SIO 13 (kg/cm <sup>2</sup> )
22.	Resultado 8: Se obtiene la capacidad de presfuerzo a compresión	COMP =	la capacidad a compresión se almacena en la memoria SIO 14 (kg/cm <sup>2</sup> )
23.	Resultado 9: Se obtiene el esfuerzo actuante en el lecho superior al $\phi$ bajo condiciones de servicio	FSUP =	FSUP se considera como esfuerzo de compresión suponiendo -- que el momento al $\phi$ es positivo. (kg/cm <sup>2</sup> ).
		FSUP.FCS	

PASO	INSTRUCCION	PANTALLA	COMENTARIOS
24.	(SUESTITULO) Aparece 1 segundo		Se compara el resultado 9 con el 13 (Paso 15)
		X	
25.	El esfuerzo de compresión permisible en condiciones de servicio aparece 2 segundos		Se saca a pantalla el valor de FCS para compararlo con el resultado anterior
26.	Resultado 10: Se obtiene el esfuerzo actuante en el lecho inferior al $\phi$ bajo condiciones de servicio	FINF =	FINF se considera como esfuerzo de tensión suponiendo que el momento al $\phi$ es positivo. (kg/cm <sup>2</sup> )
		FINF:PTS	
27.	(SUESTITULO) Aparece 1 segundo		Se compara el resultado 10 con el 4 (PASO 16).
		X	
28.	El esfuerzo tensión permisible -- en condiciones de servicio aparece 2 seg.		Se saca a pantalla el valor de PTS para compararlo con el resultado anterior
		NUEVA TENSION?	
29.	DATO: Nueva Tensión R/S		Se determina aquí si la sección propuesta es correcta, sobrada o insuficiente. En
		NUEVA COMP.?	
30.	DATO: Nueva Comp. R/S		caso de ser insuficiente se regresa al paso 23 para proponer una nueva sección. Si esta sobrada, se propone un nuevo diagrama de capacidad de presfuerzo tal que la sección sea económicamente viable. Finalmente -- si esta correcta simplemente se repiten los datos que se obtuvieron en los pasos 21 y 22.
		PeF =	
31.	Resultado 11: Se obtiene el presfuerzo efectivo total en la pieza		El presfuerzo efectivo se saca de acuerdo al nuevo diagrama de capacidad de presfuerzo dado en los pasos 29 y 30. PeF se almacena en STG 16 (kg).
		* TOP =	
32.	Resultado 12: Se obtiene el número de torones en la pieza		El diámetro del alambre o torón es el que se propone en el paso 17.
		ET =	
33.	Resultado 13: Se obtiene la excentricidad teórica de los torones con respecto al Eje Neutro de la sección		la excentricidad teórica con respecto al E.N. se almacena en -- STG 17 (cm).
		E/T =	

PASO	INSTRUCCION	PANTALLA	COMENTARIOS
34.	Resultado 14: Se obtiene la excentricidad real de los torones con respecto a la fibra inferior de la sección.		E/T = e't en (cm)
35.	DATO: # Torones real ?	# TOR. REAL	Se determina en base a los cálculos obtenidos y a criterio
36.	DATO: E/T = excentricidad real de los torones con respecto a la fibra inferior de la sección	E/T =	el No. de torones (enteros) en la pieza, ya que los cálculos por lo general dan fracciones de torones; ej: 6.85 torones $\approx$ 7 torones. En la misma forma se propone la cantidad de torones de almacenar en STO 18; la e't se almacena en STO 19 (cm).
37.	Resultado 15: Se obtiene la excentricidad real de los torones con respecto al eje neutro de la sección	EP =	EP se almacena en STO 20 (cm)
38.	(SUBTEMA) R/S	REV. DEF. REAL	Se revisan los esfuerzos reales debido al prefuerzo y excentricidad propuestos (PASOS 35 y 36)
39.	(SUBTEMA) R/S	E/STO	Revisión de esfuerzos finales en el apoyo
40.	Resultado 16: Se obtiene el esfuerzo superior de tensión en el apoyo	FSTA =	FSTA se considera como esfuerzo de tensión suponiendo E=0 en el apoyo, por lo que la única contribución la aporta el prefuerzo
			FSTA se almacena en STO 23 (kg/cm <sup>2</sup> )
			En caso de que este valor sea mayor que el obtenido en el paso 13, significa que se requiere de acero de refuerzo ordinario adicional en el lecho superior del apoyo. Si FSTA < FTT VER PASO 41

PASO	INSTRUCCION	PANTALLA	COMENTARIOS
41.	Resultado 17: Se obtiene la dis-- tancia de fibra superior a donde el esfuerzo = 0 en la zona de --- apoyo	G1	se almacena en STO 35 (cm)
42.	Si $FSTA \leq FTT$ (PASO 13) ir a paso 45		En caso de necesitarse Acero - adicional ( $FSTA > FTT$ ) este se calcula automáticamente en la subrutina No. 01 del programa.
ANCHO TRIB?			
43.	DATO: Ancho tributario de la pieza		Se da ancho tributario en (cm)
		AS1 =	
44.	Resultado 18: Se obtiene el área de acero faltante por tensión en el le cho superior de la zona del apoyo, finalizando la subrutina 01		AS1 se considera como Area de acero de refuerzo de $f_y = 4200$ kg/cm <sup>2</sup> (AS1 se da en cm <sup>2</sup> ).
		FICA =	
45.	Resultado 19: Se obtiene el esfuer zo inferior de compresión en el -- apoyo		FICA se considera como esfuer zo de compresión ya que la car ga externa la aporta el pres-- fuerzo FICA se almacena en STO 24 (kg/ cm <sup>2</sup> ). En caso de que este valor sea - mayor que el obtenido en el paso 12 significa que se requiere dis minuir la contribución del pres fuerzo en la zona del apoyo. Es to se logra desviando o enductan do (engrasando) el acero de pres fuerzo en la long. y número de -- cables necesarios para que el --- esfuerzo inferior de compresión sea menor que el permisible (PCD)
46.	Si $FICA \leq FCT$ (PASO 12) ir a paso 51		Si $FICA \leq FCT$ Ver Paso 51 En caso de necesitarse (Si $FICA >$ $FCT$ ) se tantea con el no. de to rones adecuados para la zona del apoyo, engrasando los restantes, hasta obtener que $FICA \leq FCT$ . -- Este tanteo se realiza con la -- subrutina No. 02 del programa.

X

PASO	INSTRUCCION	PANTALLA	COMENTARIOS
47.	Resultado 20: Obtenemos el esfuerzo que resulta de FICA - FCT		Se saca a pantalla el valor de a diferencia de FICA - FCT.
48.	SUBTITULO R/S	ENGRASE TOR APOYO?	Significa que se necesita(n) - engrasar algún(os) cable(s) de presfuerzo
49.	DATO: 1er. tanteo del número de torones actuantes en el apoyo		Se proporciona el número de torones que deberán actuar en el apoyo, teniendo que engrasar los demás.
50.	Resultado 21: Se obtiene el nuevo esfuerzo inferior de compresión en el apoyo en base al 1er. tanteo de torones	FICA=	Al igual que el obtenido en el paso 45 FICA se considera como esfuerzo de compresión, FICA - se vuelve a comparar con FCT. Si FICA < FCT se continua el programa. Si por el contrario todavía FICA > FCT se regresa a proponer un segundo tanteo de torones actuantes en el apoyo recalculándose el valor de FICA, hasta que este sea menor o igual a FCT.
51.	SUBTITULO R/S	C.CIARO FSCL =	Revisión de esfuerzos finales al $\phi$ .
52.	Resultado 22: Se obtiene el esfuerzo superior al centro del claro		FSCL puede ser esfuerzo de compresión o de tensión, dependiendo de la revisión final de esfuerzos y de la magnitud del momento actuante en la sección. Generalmente la sección resulta con una pequeña compresión en el lecho superior al $\phi$ . FSCL se almacena en STO 27 ( $k_p/cm^2$ ). Aunque es improbable que se presente el caso FSCL debe compararse con el valor de FCS (PASO 15) o con FTS- (PASO 16) dependiendo si resultó esfuerzo de compresión para el primero o de tensión para el segundo. El caso más desfavorable sería si

## INSTRUCCION

## PANTALLA

## COMENTARIOS

FSCL > FCS (flecha excesiva) y que se tendría que proponer una nueva sección. Si FSCL > PTS - (contraflecha excesiva) posible mente con reducir el presfuerzo aplicado a la pieza pueda obtenerse una mejor distribución de esfuerzos.

El programa no recalcula FSCL - por considerar que este esfuerzo es improbable que sobrepase los permisibles.

FICL =

Resultado 23: Se obtiene el esfuerzo inferior al centro del claro

FICL Puede ser también esfuerzo de compresión o de tensión, pero por lo general después de la revisión final, la sección resulta con una pequeña tensión.

FICL Se almacena en STO 28 --- (kg/cm<sup>2</sup>) si FICL resulto ser esfuerzo de compresión, significa que la pieza tiene contraflecha y deberá compararse con FCS (PASO 15).

FICL debe ser siempre < a FCS; el caso contrario es indicio de que al presfuerzo esta sobrando, por lo que puede regresarse al paso 35 de la operación del programa para proponer otra cantidad de torones.

Ahora bien, si FICL resultó ser esfuerzo de tensión, significa que la pieza tiene flecha, y deberá compararse con PTS (PASO 16). En caso de que FICL > PTS, es que se necesita acero de refuerzo ordinario adicional en el lecho inferior del  $\mathcal{C}$ .

Si FICL < PTS el programa simplemente termina.

Si se necesita colocar acero de refuerzo adicional en el lecho inferior del  $\mathcal{C}$ , este se calcula automáticamente en la subrutina No. 03 del programa

54. Si FICL < PTS (PASO 16) ir a PASO 57

ANCHO TRIB?

55. TRIBO: Ancho tributario de la pieza

Se da el ancho tributario en (cm)



PASO	INSTRUCCIONES	PANTALLA	COMENTARIOS
56.	Resultado 24: Se obtiene el área de acero faltante por tensión, en el lecho inferior del centro del centro del claro de la pieza, finalizando la subrutina 03.	AS2 =	AS2 se considera como área de acero de refuerzo de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (AS2 se da en $\text{cm}^2$ ).
57.	FIN DEL PROGRAMA		
58.	Para un nuevo diseño regresar al - paso 03 de la operación del programa.		

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA.- Las actividades que desempeña este departamento están determinadas por el desarrollo de cada proyecto en cuestión, ya que es el encargado de evaluar dichos proyectos, y aportar soluciones técnicas que pueden servir:

1) Al Departamento de Promoción y Ventas, si es que se necesita elaborar estructuras que convengan a clientes respecto de su eficiencia.

2) Al Departamento de Precios Unitarios y Presupuestos, si es que se necesitan diseños y cuantificaciones de los elementos a presupuestar.

3) Al Departamento de Producción, se le informan las características de los elementos a fabricar. Para esto es necesaria la intervención de su Departamento de Dibujo, mismo que plasma en papel, las soluciones planteadas por el Departamento de Ingeniería.

4) Al Departamento de Construcción se le proporciona el proyecto desarrollando en su totalidad, para que coordinándose con el de Fletes y Montajes, se lleve a cabo la construcción de la obra.

DEPARTAMENTO DE FLETE Y MONTAJE.- Es el encargado de coordinar los trabajos entre la Gerencia de Producción y el Departamento de Construcción. -- Además de ejecutar como su nombre lo indica, el transporte y la colocación de los elementos que la empresa fabrica en la planta, realizando estos trabajos -- conforme al sistema de manejo y distribución de piezas que se apunta en el inciso 7 del capítulo 5 del presente trabajo.

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION.- En los casos que la obra de referencia necesite de trabajos adicionales, tales como conexiones y nudos colados en sitio, firmas estructurales, e inclusive hasta instalaciones y acabados, sin que exista un contratista general de dicha obra, será necesaria la intervención de este departamento, para la consecución de los trabajos, a fin de que pueda llevarse a buen término cualquier proyecto de obra.

Asimismo este departamento controlará en coordinación con el de Flete y Montaje - las estimaciones de avance de obra, para que el sistema administrativo de la compañía, pueda intervenir en beneficio de los intereses de la misma.

Por otra parte, forma parte de este Departamento, la subdivisión de precios unitarios y presupuestos, cuyas actividades son las siguientes:

PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTOS.- Esta subdivisión prepara la información de -- costos del proyecto, basándose en el programa de construcción, así como en los materiales y mano de obra. Mantiene comunicación directa con los departamentos de la empresa: con el Departamento de Compras obtiene información del precio de los materiales y los descuentos que los proveedores otorgan por determinado volumen de compra; con el Departamento de Construcción obtiene datos de los rendimientos de los materiales, mano de obra y equipos que se utilizan en la fabricación, flete y montaje de las piezas que se requieran en determinada obra. Muchas veces este departamento no se encuentra aislado del de Construcción sino que es una parte del mismo, tal que se optimiza la circulación de reportes e informes entre estos.

Así de esta forma, se obtienen cotizaciones por escrito de cada proyecto conservado por el Departamento de Promoción y Ventas, la cual es revisada y aprobada por el Presidente de la compañía, o por el Director General. Una vez efectuado este trámite, el presupuesto es entregado al cliente, ya sea este un Contratista general, un propietario, una Inmobiliaria, o cualquier tipo de cliente que solicite los servicios de la empresa.

Los presupuestos se presentan con el precio unitario y el importe de cada elemento que se requiere en el proyecto, obteniéndose un importe total por la obra a ejecutar.

La forma de desglosar el importe de cada presupuesto es la siguiente:

- 1) Importe del material Libre a Bordo (L.A.B.) en planta
- 2) Importe del Flete a Obra
- 3) Importe del Montaje

Los importes se integran con precios unitarios para cada elemento que interviene en la obra. Para elaborar los precios unitarios, se toman en cuenta los insumos que cada elemento requiere (materiales, mano de obra y equipo) obteniéndose un costo directo de fabricación, flete o montaje según sea el caso y finalmente -- aplicando un porcentaje de indirectos y utilidad al costo directo, que la empresa determine como apropiado, según los gastos de administración, financiamiento, impuestos, imprevistos, etc., así como la utilidad propuesta por el Departamento, siendo el formato:

$$P.U. = C.D. + C.I. + U.$$

$$\text{donde } C.I. \text{ y } U. = A \times C.D.$$

$$\text{y } A = \% \text{ de Indirectos y Utilidad}$$

A cualquier cotización, además de los importes desglosados de la obra, es necesario agregarle ciertas condiciones como son:

- 1) Plazos de entrega para fabricación, flete y montaje
- 2) Forma de pago
- 3) Observaciones Adicionales

Mismas que servirán posteriormente para integrar las cláusulas del contrato de obra, si es que la empresa se beneficia siendo la elegida para ejecutar el trabajo.

Se presenta para mejor comprensión un ejemplo de presupuesto desglosado de una obra imaginaria, en el inciso No. 3 del capítulo cinco del trabajo.

#### GERENCIA DE PRODUCCION:

Es la encargada a través de sus Departamentos de Producción, Control de Calidad, Mantenimiento y dibujo de realizar la fabricación de los elementos y productos que una planta de prefabricados puede ofrecer, dentro de las premisas de calidad, tiempo y costo que anteriormente se han comentado en el capítulo No. 1, y con el procedimiento que se indica en el inciso No. 6 del capítulo No. 5.

## CAPITULO V

### SISTEMA DE OPERACION:

El presente capítulo describe en sí la parte principal del presente trabajo, es decir, las necesidades que tiene una Prefabricadora para poder operar como tal, ya que en muchos aspectos es necesario tener un excesivo cuidado en cada una de dichas necesidades, por ejemplo:

Si una empresa sobrepasa su capacidad de producción, ofreciendo entrega de piezas en plazos imposibles de cumplir debido a esa saturación de producción podría verse afectada su imagen en el mercado.

Como ya mencionamos en el Capítulo II deberán coordinar muy detalladamente todas las actividades de cada departamento, es decir, no saturar alguno de éstos, tal que se provoque una insuficiencia en los mismos y no se cumplan plazos especificados.

Muchas veces la realización de una operación, no se logra tan fácilmente como lo es la elaboración de un pedido y consecuentemente el contrato y la orden de producción, sino que para lograr este último tuvo que haberse hecho una verdadera campaña en la que intervienen prácticamente todos los departamentos en que se divide una empresa de este tipo.

Una vez expuesto lo anterior podremos hacer mención que para llevar a cabo todo el sistema de operación se necesita primero que nada la captación y promoción de los proyectos a realizar; en seguida será necesario llevar a cabo el análisis estructural de dichos proyectos y en base a esto elaborar el presupuesto de los mismos.

Así después de estos pasos llegamos en caso de que el cliente acepte el presupuesto, a la contratación de la obra y por lo tanto a la elaboración de su programa de producción en planta para ofrecer plazos de entrega y demás condiciones estipuladas en un contrato. Como último paso se encuentra lo que es en sí el procedimiento de producción en planta, punto que se describe con más detalle en el transcurso del capítulo.

En el caso de que para la realización de una obra no se necesiten los pasos antes citados (como ya mencionamos), es que por lo general se debe a que el proyecto es considerablemente grande y ya sea el cliente o la misma empresa Prefabricadora contrata los servicios de un Despacho de Proyecto y Cálculo dándoles, - en el caso que sea la Prefabricadora todas las características de sus productos - que ella misma fabrica, a fin de que el Despacho tenga los elementos necesarios para elaborar el proyecto motivo de la obra. En tales circunstancias, la Prefabricadora a través del Despacho de Cálculo se hace responsable tanto del diseño como de la fabricación de las piezas, a fin de que estos trabajen satisfactoriamente bajo condiciones de servicio. En el caso de que el cliente haya contratado por su cuenta al Despacho de Cálculo, la responsabilidad de la Prefabricadora se limita únicamente a la fabricación de las piezas, haciendo estar de acuerdo a las especificaciones indicadas por el despacho.

En seguida en los siguientes puntos del capítulo se describen los pasos - citados con anterioridad los cuales ya mencionamos son parte esencial en la producción de su contrato, por consiguiente, de la fabricación en planta de las piezas a que se refiere dicho contrato.

## 5.1 PROMOCION Y CAPTACION DE PROYECTOS

Dentro de las Prefabricadoras son dos actividades primordiales que en determinado momento llevarán a las empresas a realizar las obras promocionadas por ellas mismas. Esto significa, que estas actividades deberán ser llevadas a cabo por uno de los Departamentos en que se divide una Prefabricadora y que como ya mencionamos en el Capítulo IV es precisamente el Departamento de Promoción y Ventas el que se encarga de llevarlas a cabo.

Es necesario por lo tanto que el Departamento de Promoción y Ventas tenga a su disposición información de los análisis de nuevas construcciones a realizar tanto en el Sector Privado como en el Sector Público, las cuales pueden estar en cualquiera de las siguientes etapas:

1. PLANEACION
2. PROYECTO
3. CONSTRUCCION

Dependiendo de la etapa en la que se encuentren las nuevas obras a realizar se atacará en diferente forma.

Si están en la etapa de planeación será necesaria la intervención de prácticamente todos los departamentos en los que se divide la empresa y en lo que se refiere al de Promoción y Ventas se tendrá que realizar una labor de convencimiento para que el cliente pueda observar los beneficios y ventajas de usar sistemas prefabricados hasta que finalmente se realice la obra.

Para lo anterior se necesitará seguir los pasos que se describen a continuación:

1. ANALISIS DE LA CARTERA DE CLIENTES.- Significa llevar a cabo la captación de los proyectos posibles de realizar.

2. PROMOCION DE LOS PROYECTOS DE LA EMPRESA.- Significa ofrecer al cliente de acuerdo a sus necesidades toda la gama de elementos que la empresa pueda fabricar y que se aboque a dichas necesidades. Lo anterior obliga a realizar la labor de convencimiento a fin de que el cliente pueda apreciar las ventajas de su

sistema prefabricado (de concreto) y comparar con las ventajas que puedan ofrecer otros sistemas de construcción.

Posteriormente entrarán en acción las demás actividades que forman parte del sistema de operación para poner punto final al proyecto promocionado por la empresa. Estas actividades se describen al detalle en el transcurso del capítulo.

Si las obras se encuentran en cualquier otra de las etapas, como son proyecto, construcción, las actividades de promoción y captación se reducen a la obtención de los datos que servirán para desarrollar las demás actividades del sistema de operación, es decir, si una obra se encuentra en la etapa de proyecto, solo será necesario indicarle al proyectista los productos existentes en el mercado de la prefabricación para que él a su vez decida la estructuración del proyecto; finalmente en una obra en construcción si se van a utilizar prefabricados la promoción y captación se reduce a ofrecer los servicios al propietario de la obra o al contratista ejecutante en lo que se refiere a la presupuestación de los elementos que pudiesen ser fabricados. Asimismo, al estar desarrollando estas actividades se podrán obtener datos para realizar las siguientes, como es precisamente el análisis de los proyectos u operación, el presupuesto de los mismos y finalmente la contratación.



## 5.2 ANALISIS DE LOS PROYECTOS

Una vez determinado el proyecto a analizar, será necesario ofrecer al cliente la solución prefabricada de su obra.

Para tal efecto, entrarán en acción los recursos de los que el Departamento de Ingeniería (otras veces Gerencia Técnica) dispone, evaluando desde el inicio, 1) si el proyecto de referencia se adecúa a los productos que la empresa maneja y 2) como ya se mencionó, los riesgos de cada obra a fin de verificar su factibilidad.

El análisis de cada proyecto deberá atender a los criterios de diseño y estructuración expuestos en el capítulo 3 del presente trabajo. Asimismo deberá lograrse la máxima estandarización posible, a fin de que el proyecto sea fácil de asimilar y ejecutar. Al obtenerse el mayor número de elementos idénticos o similares, todo el proceso constructivo se simplifica.

En los casos en que el proyecto prefabricado se encuentra definido (ej.: concursos de obra), el análisis se limita a la simple extracción de datos de una estructuración ya resuelta por técnicos ajenos a la empresa, tales como algún despacho de cálculo o departamento técnico del propio cliente.

Así los resultados obtenidos en el análisis, serán la base del siguiente paso, que es precisamente la elaboración del presupuesto respectivo, englobando todas las consideraciones y recomendaciones que el caso amerite. (ver inciso 5.3).

Esta actividad es uno de los puntos claves de la organización y del sistema de operación de una empresa de prefabricados, pues dependiendo de la eficiencia con la que se analicen los proyectos, tanto en tiempo como en calidad podrá competirse con una solución que sea atractiva para el cliente, ya sea por su economía, rapidez de ejecución o simplemente tal vez por el buen servicio y atención que se le haya dado.

Debe mantenerse una continua comunicación entre el Departamento de Promoción, Ventas y el Departamento de Ingeniería, a fin de obtener como ya se

mencionó la máxima eficiencia. Esto es, que cada proyecto se atenderá de acuerdo a una programación de prioridades entre estos departamentos , valorando la importancia y urgencia de ataque, dándoles de esta forma entrada programada para análisis.

### 5.3 PRESUPUESTOS DE LOS PROYECTOS

Se realizan a través del Departamento de Precios Unitarios y Presupuestos de la empresa, desglosándose para cada obra. Los conceptos que la integran:

- 1) Cantidades de obra
- 2) Importe de la fabricación I.A.B. (libre a bordo) planta
- 3) Importe del Flete a obra
- 4) Importe del Montaje
- 5) Plazos de entrega
- 6) Forma de pago
- 7) Observaciones

En los presupuestos se deben tomar en cuenta todas las circunstancias particulares que rigen en la construcción, tal que se formen los datos necesarios para elaborar cotizaciones razonables y realistas. Las variables a que estarán sujetas las diferentes etapas de construcción así como sus riesgos, deberán ser evaluadas conjuntamente tanto por el Departamento de Construcción como por el Departamento de Precios Unitarios y Presupuestos.

Así, se prepara la información acerca del costo del proyecto a ejecutar, basándose en:

- Programa de construcción (plano de ejecución en base a la ocupación de la planta)
- Materiales y Mano de Obra, tanto disponibles como proyectados
- Precios de mercado y descuentos otorgados a la empresa
- Pendimientos de materiales, mano de obra y equipo a utilizar en la fabricación, Flete y Montaje del proyecto.

Posteriormente por medio de análisis de Precios Unitarios se obtiene para cada proyecto el costo de fabricación de los elementos, su flete a obra y el montaje de los mismos.

Finalmente, con las cantidades de obra y los precios unitarios de cada una de ellas se integran los presupuestos, desglosando los conceptos que lo integran como se muestra en el siguiente ejemplo:

## PRESUPUESTO No. 0206/89

México, D.F., 5 de Febrero 1989

CONSTRUCTORA ABC, S.A.  
 Domicilio conocido  
 Ciudad

AT'N: DIRECTOR DE PROYECTOS

De acuerdo a sus instrucciones, presentamos a su amable consideración, el mejor presupuesto para la fabricación, flete y montaje del sistema de entrepisos y cubierta a base de traves RB'n, trabelosas T's, trabelosas ITV's y traves RL's y T invertida, para su obra Centro Comercial Los Colibrines, ubicado en el Fraccionamiento La Herradura, Edo. de México.

## SOBRECARGA UTIL CONSIDERADA

Azotea----- 100 kg/m<sup>2</sup>  
 Entrepisos----- 500 kg/m<sup>2</sup>

## PRESUPUESTO

Material L.A.B. planta Edo. de Mexico.

ELEMENTO	DIMENSIONES	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
T- 1	225/100 L=12.00 m	14 Pzas.	\$ 2'853,600.00	39'950,400.00
T- 2	225/100 L= 9.00 m	16 Pzas.	2'140,200.00	34'243,200.00
T- 3	225/100 L= 5.00 m	1 Pza.	1'426,800.00	1'426,800.00
T- 4	225/100 L= 5.50 m	1 Pza.	1'307,900.00	1'307,900.00
T- 5	300/100 L=12.00 m	50 Pzas.	2'853,600.00	142'680,400.00
T- 6	300/100 L= 9.00 m	36 Pzas.	2'140,200.00	77'047,200.00
T- 7	150/100 L=12.00 m	1 Pza.	2'140,200.00	2'140,200.00
T- 8	300/100 L= 4.50 m	1 Pza.	1'070,100.00	1'070,100.00
T- 9	300/100 L= 4.00 m	1 Pza.	951,200.00	951,200.00
T-10	300/100 L= 3.50 m	1 Pza.	832,300.00	832,300.00
T-11	300/100 L= 3.00 m	1 Pza.	713,400.00	713,400.00

ELEMENTO	DIMENSIONES	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
T-12	300/100 L=19,00 m	1 Pza.	4'200,400.00	4'200,400.00
T-13	300/100 L=17,50 m	1 Pza.	4'161,500.00	4'161,500.00
T-14	300/100 L=17,00 m	1 Pza.	4'042,600.00	4'042,600.00
T-15	300/100 L=13,50 m	1 Pza.	3'210,300.00	3'210,300.00
T-16	150/100 L=13,00 m	1 Pza.	3'091,400.00	3'091,400.00
T-17	300/100 L=13,00 m	1 Pza.	3'091,400.00	3'091,400.00
T-18	225/100 L=12,50 m	1 Pza.	2'972,500.00	2'972,500.00
T-19	225/100 L=12,00 m	2 Pzas.	2'853,600.00	5'707,200.00
T-20	300/100 L= 6,50 m	1 Pzas.	1'545,700.00	1'545,700.00
T-21	300/100 L=12,00 m	2 Pzas.	2'853,600.00	5'707,200.00
T-22	225/100 L=12,00 m	1 Pza.	2'853,600.00	2'853,600.00
T-23	300/100 L=14,50 m	1 Pza.	3'448,100.00	3'448,100.00
T-24	300/100 L=11,00 m	1 Pza.	2'615,800.00	2'615,800.00
T-25	300/100 L=12,50 m	1 Pza.	3'210,300.00	3'210,300.00
T-26	300/100 L=10,00 m	1 Pza.	2'378,000.00	2'378,000.00
T-27	225/100 L=12,50 m	1 Pza.	2'972,500.00	2'972,500.00
T-28	225/100 L=12,00 m	1 Pza.	2'853,600.00	2'853,600.00
T-30	267/100 L= 9,00 m	4 Pzas.	2'140,200.00	8'560,800.00
T-31	267/100 L=18,00 m	2 Pzas.	2'853,600.00	5'707,200.00
T-32	225/100 L= 7,00 m	2 Pzas.	1'664,600.00	3'329,200.00
T-33	225/100 L= 6,50 m	2 Pzas.	1'545,700.00	3'091,400.00
T-34	225/100 L= 6,50 m	4 Pzas.	1'426,800.00	5'707,200.00
T-35	225/100 L= 5,50 m	3 Pzas.	1'307,900.00	3'923,700.00
T-36	300/100 L= 5,00 m	3 Pzas.	1'189,000.00	3'567,000.00
T-37	300/100 L= 4,50 m	3 Pzas.	1'070,100.00	3'210,300.00
T-38	300/100 L= 4,00 m	3 Pzas.	951,200.00	2'853,600.00
T-39	267/100 L= 3,50 m	3 Pzas.	832,300.00	2'496,900.00
T-40	267/100 L= 3,00 m	3 Pzas.	713,400.00	2'140,200.00
T-41	267/100 L= 2,50 m	3 Pzas.	594,500.00	1'783,500.00
T-42	225/100 L=10,50 m	1 Pzas.	2'496,900.00	2'496,900.00
T-43	275/100 L=12,00 m	2 Pzas.	2'853,600.00	5'707,200.00
T-44	267/100 L=14,00 m	3 Pzas.	3'329,200.00	9'987,600.00
T-45	267/100 L=12,00 m	1 Pza.	2'853,600.00	2'853,600.00
T-46	267/100 L= 5,50 m	1 Pza.	1'307,900.00	1'307,900.00
T-47	267/100 L= 6,00 m	1 Pza.	1'426,800.00	1'426,800.00
T-48	267/100 L= 6,50 m	1 Pza.	1'545,700.00	1'545,700.00
T-49	300/100 L= 7,00 m	1 Pza.	1'664,600.00	1'664,600.00
T-50	300/100 L= 7,50 m	1 Pza.	1'783,500.00	1'783,500.00
T-51	300/100 L= 8,00 m	1 Pza.	1'902,400.00	1'902,400.00
T-52	300/100 L= 8,50 m	1 Pza.	2'021,300.00	2'021,300.00
T-53	300/100 L= 9,00 m	1 Pza.	2'140,200.00	2'140,200.00
T-54	225/100 L= 9,50 m	1 Pza.	2'259,100.00	2'259,100.00
T-55	225/100 L=10,00 m	1 Pza.	2'378,000.00	2'378,000.00
T-56	300/100 L=10,50 m	1 Pza.	2'496,900.00	2'496,900.00
T-57	300/100 L=11,00 m	1 Pza.	2'615,800.00	2'615,800.00

ELEMENTO	DIMENSIONES	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
T-58	300/100 L=11.50 m	1 Pza.	2'734,700.00	2'734,700.00
T-59	300/100 L=12.00 m	1 Pza.	3'030,000.00	3'030,000.00
TIV-1	300/105 L=21.00 m	16 Pzas.	4'384,800.00	70'156,800.00
TIV-2	300/105 L=18.00 m	6 Pzas.	3'758,400.00	22'550,400.00
TIV-3	300/105 L= 9.00 m	1 Pza.	1'879,200.00	1'879,200.00
TIV-4	300/105 L= 9.50 m	1 Pza.	1'983,600.00	1'983,600.00
TIV-5	300/105 L=10.00 m	1 Pza.	2'088,000.00	2'088,000.00
TIV-6	300/105 L=10.50 m	1 Pza.	2'192,400.00	2'192,400.00
TIV-7	300/105 L=11.50 m	1 Pza.	2'401,200.00	2'401,200.00
TIV-8	300/105 L=12.00 m	1 Pza.	2'505,600.00	2'505,600.00
TIV-9	300/105 L=12.50 m	1 Pza.	2'610,000.00	2'610,000.00
TIV-11	300/105 L=13.00 m	1 Pza.	2'714,400.00	2'714,400.00
TIV-12	300/105 L=13.50 m	1 Pza.	2'818,800.00	2'818,800.00
TIV-13	300/105 L=14.00 m	1 Pza.	2'923,200.00	2'923,200.00
TIV-14	300/105 L=14.50 m	1 Pza.	3'027,600.00	3'027,600.00
TIV-15	300/105 L=15.00 m	1 Pza.	3'132,000.00	3'132,000.00
TIV-16	300/105 L=15.50 m	1 Pza.	3'236,400.00	3'236,400.00
TIV-17	300/105 L=16.00 m	1 Pza.	3'340,800.00	3'340,800.00
TIV-18	300/105 L=16.50 m	1 Pza.	3'445,200.00	3'445,200.00
TIV-19	300/105 L=17.00 m	1 Pza.	3'549,600.00	3'549,600.00
TIV-20	300/105 L=17.50 m	1 Pza.	3'654,000.00	3'654,000.00
TIV-21	300/105 L=18.00 m	1 Pza.	3'758,400.00	3'758,400.00
TIV-22	300/105 L=18.50 m	1 Pza.	3'862,800.00	3'862,800.00

RB-1	30/30 L= 6.00 m	109 Pzas.	1'008,000.00	109'872,000.00
RB-2	30/30 L= 7.00 m	7 Pzas.	1'176,000.00	8'232,000.00
RB-3	30/30 L= 9.00 m	3 Pzas.	1'512,000.00	4'536,000.00
RB-4	30/30 L= 9.50 m	12 Pzas.	1'596,000.00	19'152,000.00
RB-5	25/80 L= 6.00 m	20 Pzas.	1'254,000.00	25'080,000.00
RB-7	25/80 L=12.00 m	2 Pzas.	2'508,000.00	5'016,000.00

RL-1	20/100 L=12.00 m	12 Pzas.	1'764,000.00	21'168,000.00
RL-2	20/100 L= 6.00 m	18 Pzas.	982,000.00	15'676,000.00
RL-3	20/100 L= 3.00 m	3 Pzas.	441,000.00	1'323,000.00
RL-4	20/100 L= 9.00 m	2 Pzas.	1'323,000.00	2'646,000.00
RL-5	20/100 L=12.50 m	2 Pzas.	1'837,500.00	3'675,000.00

ELEMENTO	DIMENSIONES	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
TINV-1	55/80 L = 6.00 m	10 Pzas.	1,802,000.00	<u>18,020,000.00</u>

IMPORTE MAT. L.A.B.: \$ 864,410,000.00

- FLETE:

T's	33 pzas. hasta 2.00 m x	\$ 131,000.00/pza	4,323,000.00
T's	160 pzas. hasta 13.00 m x	261,000.00/pza	41,760,000.00
T's	7 pzas. hasta 18.00 m x	522,000.00/pza	3,654,000.00
TTV's	9 pzas. hasta 13.00 m x	251,000.00/pza	2,259,000.00
ITV's	16 pzas de 13.01 a 18.00 m x	464,000.00/pza	7,424,000.00
ITV's	17 pzas de 18.00 a 21.00 m x	551,000.00/pza	9,367,000.00
RB's	20/30 1,882 ml x	5,000.00/ml	4,220,000.00
RB's	25/80 2,124 ml x	8,700.00/ml	1,852,800.00
RL's	20/100 304 ml x	8,700.00/ml	2,664,800.00
T INV.	55/80 50 ml x	15,000.00/ml	<u>900,000.00</u>

IMPORTE FLETE: \$ 77,894,600.00

-MONTAJE:

T's	1,942.00 ml x	\$ 38,000.00/ml	73,796,000.00
ITV's	2,124.00 m2 x	15,000.00/m2	31,860,000.00
RB's	700.00 ml x	30,000.00/ml	21,000,000.00
RL's	304.00 ml x	30,000.00/ml	9,120,000.00
TINV.	60.00 ml x	30,000.00/ml	<u>1,800,000.00</u>

IMPORTE MONTAJE: 146,576,000.00

Subtotal: 1,068,521,000.00  
 + 15% I.V.A.: 160,278,150.00  
 IMPORTE TOTAL: \$ 1,228,799,150.00

#### PLAZO DE ENTREGA

**Fabricación:** 75 días calendario a partir de la entrega del anticipo y de la aprobación por parte del cliente de los croquis de fabricación.

**Flete:** Conforme a programa de montaje.

**Montaje:** 60 días calendario, una vez que el cliente entregue los apoyos totalmente terminados, debiendo realizarse en una sola etapa continua y de acuerdo al programa de montaje elaborado por CIA. PREFABRICADOS XYZ, S.A.

#### FORMA DE PAGO

**Fabricación:** 50 % de anticipo y el resto contra estimaciones semanales de producción.

**Flete y Montaje:** 50 % de anticipo y el resto contra estimaciones semanales de avance.

#### OBSERVACIONES

##### **DE PRODUCCION:**

1. Si el cliente no puede recibir las piezas en obra, deberá liquidar el importe de la fabricación al dar CIA. PREFABRICADOS XYZ, S.A., el aviso al cliente de la terminación de la producción.
2. El cliente se compromete a respetar los claros de entre apoyos de acuerdo a las piezas que se están cotizando y que de aceptarse el presupuesto CIA. PREFABRICADOS XYZ, S.A., entregará croquis de las mismas para aprobación, comprometiéndose el cliente a proporcionar las medidas reales de la obra para así evitar recortes o ajustes de las piezas, trabajos que en caso de realizarse serán por cuenta del cliente.
3. En caso de aceptarse el presupuesto CIA. PREFABRICADOS XYZ, S.A., y el cliente deberán ponerse de acuerdo en cuanto al sistema de rigidización de la construcción.



4. En el presupuesto de las piezas se incluye el diseño de las mismas basándose éste, en las sobrecargas proporcionadas por el cliente, en el reglamento del D.D.F., y en lo prescrito en el manual de diseño del P.C.I. (Prestressed Concrete Institute), por lo tanto cualquier variación en el proyecto que altere dicho diseño, obligará a un nuevo presupuesto.
5. El concreto que CIA. PREFABRICADOS XYZ, S.A., produce se hace con las diferentes marcas de cemento existentes en el mercado, por lo que nos responsabilizamos por las variaciones de color que puedan presentar las piezas prefabricadas.
6. Cualquier trabajo adicional como pretilas, remates, chafanes, cajas fiteas, impermeabilizaciones, etc., serán por parte del cliente.
7. Los precios de fabricación, flete y montaje, indicados en el presupuesto son los vigentes a la fecha; por lo que en el caso de una variación extraordinaria, en los costos que integran dichos precios, que impliquen un incremento de más del 5% del importe de cada concepto, nos veremos obligados a actualizarlos. Para la fabricación se efectuará en base a las siguientes incidencias:

	I's	TTV's	RB's	RL's
CONCRETO	30 %	31 %	11 %	26 %
ACERO DE REFUERZO	27 %	24 %	35 %	26 %
ACERO DE PREFUERZO	5 %	21 %	7 %	3 %
ACCESORIOS	2 %	2 %	15 %	4 %
CIMBRA	5 %	2 %	3 %	3 %
MANO DE OBRA	13 %	11 %	15 %	15 %
GASTOS FIJOS	4 %	4 %	5 %	5 %
EQUIPOS	14 %	5 %	9 %	10 %

Los incrementos de precio se computarán de acuerdo a como se vayan efectuando los pagos por el saldo remanente.

#### DE TRANSPORTE Y MONTAJE:

1. Para el montaje el cliente deberá proporcionar la energía eléctrica requerida por los equipos necesarios para efectuar el trabajo. El tipo de energía requerida es: trifásica de 220 volts y para operar dos soldadoras de 300 amperes c/a.

6

2. Se deberá dejar libre acceso, tanto para el transporte de las piezas como para la grúa que efectuará el montaje, el cual según datos proporcionados por el cliente, comprende los entrejes de la estructura, situándose la grúa por el centro del claro de los marcos. El terreno deberá estar nivelado y compactado de tal forma que sea capaz de soportar la descarga de los equipos de transporte y montaje, por lo que si hay necesidad de rellenos, rampas y mejoramientos del terreno para dichos equipos, estos trabajos serán por cuenta del cliente.

3. Si por cualquier circunstancia existen retrasos en la obra que sean imputables al cliente, y estos afecten directamente a los trabajos de transporte, descarga y/o montaje se cobrarán al cliente los tiempos muertos de la maquinaria que CIA. PREFABRICADOS XYZ, S.A., haya decidido emplear para efectuar dichos trabajos a razón de:

- Grúa Telescópica 75 ton. cap.            \$ 300,000.00/hr.
- Trailer de transporte y maniobras       \$ 85,000.00/hr.

Estos retrasos los acordarán en campo el cliente e CIA. PREFABRICADOS XYZ, S.A. mediante el levantamiento de reportes.

4. Una vez efectuada la colocación de las piezas, deberá efectuarse el colado de nudos, secciones compuestas y del firme estructural de las trabes T's con concreto  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup> armado con malla electrosoldada 4-6-6/6; asimismo deberá efectuarse la impermeabilización y el calafateo de las trabes TIV's. Ambos trabajos serán por cuenta del cliente.

CONFORME

CONFORME

EL CLIENTE

CIA. PREFABRICADOS XYZ, S.A.

Los análisis de Precios Unitarios, se desarrollan de la misma forma que se hacen para cualquier obra civil.

$$P.U. = C.D. + C.I. \text{ y } U$$

donde P.U. = Precio Unitario del concepto que se este utilizando.

C.D. = Costo Directo del concepto - Intervienen los materiales, Mano de Obra y Equipo necesarios para ejecutar el concepto.

C.I. y U. = Costo Indirecto y Utilidad del concepto. Obtenido generalmente como un porcentaje del C.D. en el que se incluyen los gastos administrativos, financieros y fiscales - de la empresa. También se incluye en el porcentaje, la utilidad que la empresa obtendrá por la ejecución del -- concepto.

NOTA: Algunas veces se separa en el precio unitario el porcentaje de utilidad del porcentaje de indirectos.

INDUSTRIAL PREFABRICADORA, S.A. DE C.V.  
LISTADO DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA NUM. 1

NUMERO	UNIDAD	DESCRIPCION	FECHA	RENDIMTO.		
111 00230	ML	BASICO DE FABR. TABE TI TIPO A DE 270/55, L=7.50 m S.C. 750 KG/m2 GIGANTE DEP. ITAL.	89/05/31	1,000		
CODIFICACION	UNIDAD	MATERIALES	FECHA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
*** 11 10 0057	M3	CONCRETO F'c=350KG/CM2 PREMEZC	87/11/16	.2860	94,911.59	27,144.71
03 03 0290	KG	ACERO DE PRESFUERZO G. 270N. TORON 1/2"	88/03/23	1.8722	2,622.56	4,909.96
03 03 0325	KG	ACERO F=4200 KG/CM2 14 (1/2")	87/03/08	4.8530	953.20	4,625.88
03 03 0295	KG	ACERO F=4200 KG/CM2 12.5 (5/16")	89/03/03	2.0000	1,025.53	2,133.10
03 03 0355	KG	ALAMBRO LISO DE 1/4" (No. 2)	89/03/03	5.1310	983.05	5,044.03
03 03 0310	KG	ALAMBRO PEOCCISO	89/03/08	.4180	1,446.96	604.83
03 04 0100	PE	TRIPLEX DE PINO DE 16 MM. 1 CARA	88/09/22	.0720	20,088.69	1,446.39
05 03 0060	KG	CLAVO	89/03/03	.2100	1,447.00	312.25
03 16 0026	LT	DIESEL PARA CIMBRA	88/10/24	1.2050	145.00	534.00
03 24 0010	MS	TUBO FOLICULO 13 MM (1/2")	88/09/23	.7000	690.90	476.00
03 04 0311	ML	MOLE METALICO C/PLACA 1/8" (T, TT, TTV)	88/08/28	1.0000	3,900.00	3,900.00
03 04 1006	MS	MOLE FALSO DE CONCRETO	88/07/23	.0033	150,000.00	1,485.00
03 04 0105	PC4	ANCLAJE COMPLETO STRONGHOLD TORON 1/2"	88/10/25	.0200	35,000.00	700.00
03 03 0420	M2	MALLA ELECTROCOLDADA 6/6-6/6	89/03/03	2.9700	2,792.17	8,292.74
*** 11 14 0113	M3	CUFAC A VAPOR DE	88/09/23	.2860	33,332.14	9,532.99
*** 11 12 0015	KG	ACCESORIOS DE PLACA DE ACERO	88/09/23	.9330	3,295.46	3,074.66

SUB-TOTAL: 74,216.84

CODIFICACION	UNIDAD	M A N O DE O B R A:	FECHA	RENDIMIENTO	PRECIO	IMPORTE
*** 11 00 0020	JOR	CUADRILLA No. 2 ACERO	88/03/08	20.2000	87,254.20	4,319.51
*** 11 00 0032	JOR	CUADRILLA No. 3 PRODUCCION	88/02/13	36.0000	154,125.60	4,559.07
*** 11 00 0010	JOR	CUADRILLA No. 1 PRELIMINARES,	88/03/13	260.0000	194,821.00	974.11
*** 11 00 0010	JOR	CUADRILLA No. 4 CIMBRAS	89/03/08	42.0000	44,432.40	1,057.20
*** 11 00 0050	JOR	CUADRILLA No. 5 ALBAJERIA	88/03/08	35.0000	43,549.20	1,244.01
*** 11 00 0040	JOR	CUADRILLA No. 6 DETALLES ALBAJ	88/03/08	45.0000	45,964.40	1,021.88
*** 11 00 0140	JOR	CUADRILLA No. 14 MONT. LIGERO	88/02/13	200.0000	133,271.60	666.36

SUB-TOTAL: 13,842.14

CODIFICACION	UNIDAD	MAQUINARIA Y EQUIPO:	FECHA	CANT./REND.	PRECIO	IMPORTE
09 00 0001	MTO	H E R R A M I E N T A	88/03/08	.0300	13,842.14	415.26
*** 46 16 0161	HR	COMPRESOR 125 PCM	88/07/04	1.0000	27,657.55	276.98
*** 46 39 0000	HR	EMPAQUETADORA 300 KI	88/06/25	25.0000	91,701.66	3,688.07
*** 46 64 0025	HR	PLANTA DE LUZ 125 KVA	88/07/04	25.0000	47,775.12	1,998.31
*** 46 94 0000	HR	VIBRADOR ELECTRO 250	88/02/08	9.5000	6,108.78	642.40
*** 46 31 0016	HR	GATO DE TENSADORA HSJ-48	88/07/04	50.0000	21,975.12	439.78
08 41 0040	ML	IMPORTE OPERACION PLANTA PREFABRICADORA	88/02/04	1.0000	3,240.00	3,240.00

SUB-TOTAL: 10,681.50

TOTAL COSTO EFECTIVO: 98,746.48

CONCORSO  
 CONCORSO

Unidad

**MATERIALES**

Descripción	Cantidad	Unidad	Costos directos	Importe

SUBTOTAL ( 1 ) IMPORTE DE MATERIALES \$ \_\_\_\_\_

**MANO DE OBRA**

Categoría	Cantidad	Unidad	Salario	Importe

RENDIMIENTOS SUMA \$ \_\_\_\_\_

SUBTOTAL ( 2 ) IMPORTE POR MANO DE OBRA \$ \_\_\_\_\_

**MAQUINARIA**

Descripción	Cantidad	Unidad	Renta	Importe

RENDIMIENTOS SUMA \$ \_\_\_\_\_

IMPORTE ( 3 ) IMPORTE EN LA MAQUINARIA \$ \_\_\_\_\_

IMPORTE SUBTOTAL ( 4 ) \$ \_\_\_\_\_

Finalizando el presupuesto, se remite al Departamento de Promoción y Ventas, para que sea entregado al cliente en cuestión, el cual generalmente dispone de cotizaciones de las demás prefabricadoras.

Comparando las diferentes proposiciones, no solo en cuanto a precio, sino también respecto de los plazos de entrega y ventajas de estructuración, el cliente selecciona la mejor proposición.

Se procede entonces a elaborar el contrato de obra respectivo entre las partes. Es en este momento cuando el Departamento de Promoción y Ventas logra su objetivo, dejando paso a las demás etapas del proceso de operación de la planta.

#### 5.4 CONTRATACION DE LA OBRA

Al aceptarse el presupuesto entregado por el Departamento de Promoción y Ventas, el aspecto administrativo entra en funcionamiento, para la elaboración del convenio respectivo entre la empresa y el cliente.

Así, el Departamento de Contratación ejecuta las actividades descritas en el inciso 4.1 del Capítulo anterior resumiendo los requisitos de acuerdo al tipo de contrato:

1) Contrato por Obra Pública.- Significa un convenio de obra con el gobierno Federal y/o Estatal.

REQUISITOS:

- Fianza de cumplimiento y de anticipo
- Registro en S.P.P. (Proveedor y/o Contratista)
- Registro Patronal IMSS
- Registro en CNIC y/o CANACINTRA
- Registro Federal de Causantes
- Registro de Empadronamiento de I.V.A.
- Registro de Infonavit

Depende del tipo de obra si el contrato se realiza incluyendo la colocación de los elementos, en cuyo caso el Registro SPP necesario es el de Contratista, o si solamente se realiza el suministro del producto elaborado, siendo requerido entonces el Registro SPP de Proveedores de la Administración Pública Federal.

2) Contrato por Obra Privada.- Es un convenio entre particulares para la ejecución de una obra. El cliente puede ser persona física o moral, sin que esta situación modifique cláusulas del contrato. De hecho, es la prefabricadora la que generalmente presenta al cliente un formato de éste, para su consentimiento, agilizando de esta forma los trámites necesarios.

En cuanto a requisitos se refiere, el cliente solicitará a la prefabricadora los mismos que arriba se relacionan, a excepción del Registro S.P.P., substituyendo este, usualmente por el curriculum vitae de la empresa.

Cualquier tipo de contrato (Público o Privado), deberá contemplar las bases y condiciones particulares de la obra en cuestión, siendo parte integrante del contrato para Sector Público, las bases de concurso, y para sector privado, las observaciones, plazos de ejecución y condiciones de pago señaladas en el pro supuesto aceptado por ambas partes.

Finalmente el Departamento de Contratación, tendrá la obligación de documentar a los demás departamentos de la Gerencia Administrativa acerca de las nuevas transacciones a fin de que tanto Contabilidad, como Crédito y Cobranzas, tomen conocimiento del hecho. Informará también a la Gerencia de Producción del contrato obtenido para que este se coordine con el Departamento de Ingeniería, para el desarrollo del proyecto, y de esta forma elaborar la Programación de la Producción.



## 5.5 PROGRAMACION DE LA PRODUCCION EN PLANTA

Al tiempo que se firma el contrato de obra, el Departamento de Promoción y Ventas informa a los Departamentos de Contabilidad, Construcción e Ingeniería, así como a la Gerencia de Producción acerca de la nueva obra contratada, a fin de que comiencen los preparativos para la ejecución de la obra. El Departamento de Ingeniería perfeccionará el diseño de las piezas propuestas, procediéndose después a preparar los croquis de fabricación, contando con la aprobación del cliente como lo indica la observación número 2 de producción del ejemplo de presupuesto descrito en el inciso 5.3 de este capítulo. En este paso el Departamento de Ingeniería y la Gerencia de Producción a través del Departamento de Dibujo contactan para hacer correctamente los croquis mencionados.

En proyectos donde se utilicen elementos arquitectónicos prefabricados, aprobaciones adicionales se requieren, una para la sección a utilizar, lo que permite proceder a la fabricación de los moldes y otra para el diseño, la cual permite ordenar la elaboración de anclajes y conexiones (generalmente son cortes de placas de acero unidas con las varillas del refuerzo adicional), así como empezar el habilitado de dicho acero de refuerzo ordinario ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ) que llevara la pieza a fabricar. La aprobación definitiva de las secciones a fabricar es usualmente manejada como un anexo al contrato de obra.

La Gerencia de Producción, basándose en los croquis de fabricación y en el número de piezas a elaborar, prepara el programa de operación de la planta. La coordinación del proyecto en la etapa de fabricación generalmente se maneja a través de la misma Gerencia, si el proyecto es pequeño o de mediana talla. En compañías grandes y si la obra a ejecutar lo amerita se designa a un Coordinador o Gerente de Proyecto tal que se aseguren los planes de entrega propuestos, siempre bajo un estricto control de calidad. Para esto es necesario que cada planta tenga sus propias instalaciones de inspección y prueba como parte de un programa establecido de control de calidad; por lo tanto en la planta deberá existir un laboratorio de concreto, tanto para hacer el diseño de las mezclas, como para tomar cilindros de prueba de los colados efectuados en la planta, a fin de verificar las resistencias obtenidas a diferentes edades del concreto. Los resultados se registran en formatos especiales que para tal efecto se desarrollan en la planta.

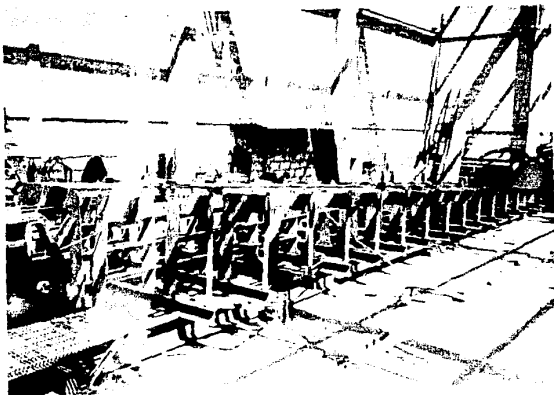
Esta se hace con el objeto de llevar un control tanto de los pedidos efectuados como de un registro de piezas que serán enviadas posteriormente al sitio de la obra.

El Departamento de Compras, además de ser el responsable por la compra de materiales para la fabricación de los elementos precalados, en algunas organizaciones, también se encarga de contratar los servicios de transporte y montaje, cuando estos no estén dentro de las capacidades de la empresa.

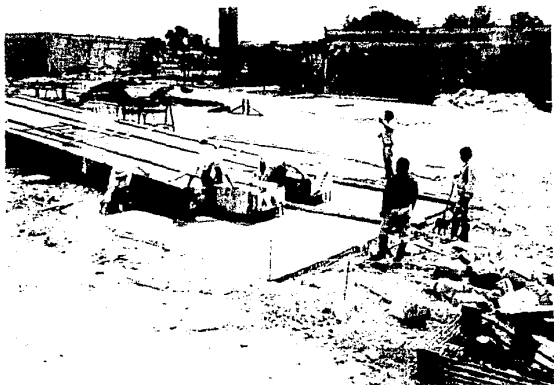
## 5.6 PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION EN PLANTA

La producción de las unidades comienza con la fabricación de los moldes, si es que estos se requieren, siguiendo con la elaboración de los accesorios de conexión; después de colocar los cables de presfuerzo (ya sean alambres o torones, - ver cap. 1.4) junto con los accesorios de conexión. Posteriormente se hace el colado de las piezas, vibrándolas y después curándolas a vapor. Una vez que el concreto haya alcanzado el 80% de la resistencia nominal a compresión ( $f'_{ci} = 0.8 f'_{c}$ ) se realizan el detensado o corte de los cables y el desmoldeo o descimbrado de las piezas desmoldeadas antes de enviarlas al almacén, donde son estibadas. Al tiempo que se está realizando el procedimiento de producción, el Departamento de Control de Calidad hace su trabajo; en un principio diseña la mezcla a utilizar en el colado, posteriormente va tomando los cilindros de prueba durante el colado de las piezas, y al día siguiente después de haberse efectuado el curado a vapor se pasan los cilindros de prueba al laboratorio para verificar su resistencia a la compresión. Una vez efectuado el detensado de cables y el desmoldeo de las unidades, interviene nuevamente el control de calidad en planta para revisar la producción y determinar si alguna pieza necesita de resanes, o en su caso rechazar los elementos que no cumplan alguna de las especificaciones estipuladas en el proyecto, tales como las características geométricas, posición de los accesorios, etc. todo esto atendiendo a las tolerancias de fabricación de cada pieza (ver capítulo 2). Resanada la producción, y los resanes, se coloca el sello de control de calidad a un lado de la marca del número de la pieza y de su fecha de fabricación, a fin de que el elemento de referencia pueda ser considerado como totalmente terminado y listo para ser enviado a su destino final.

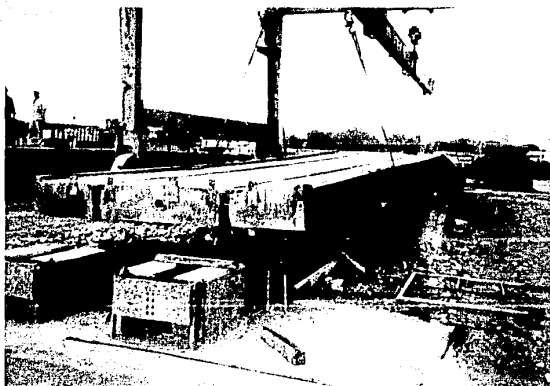
FIG. V SECUENCIA GRAFICA DE PRODUCCION,  
TRANSPORTE Y MONTAJE.



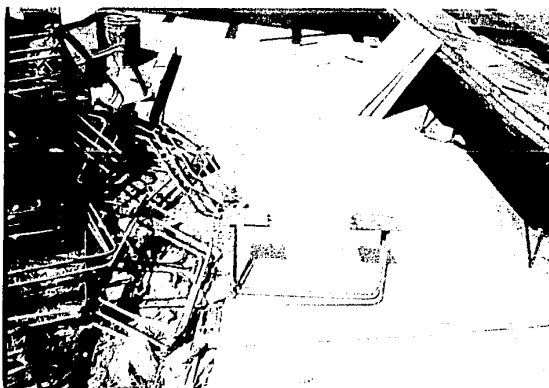
1) FABRICACION DE MUELE METALICAS



2) COLADO DEL MUERTO DE ANCLAJE



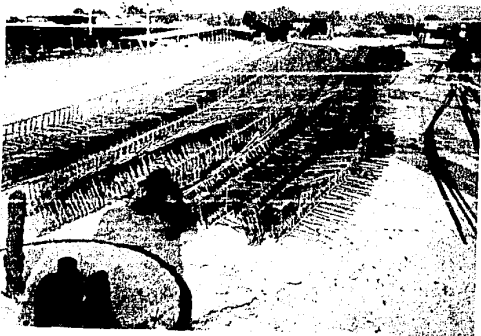
1) COLOCACION DEL WIDE



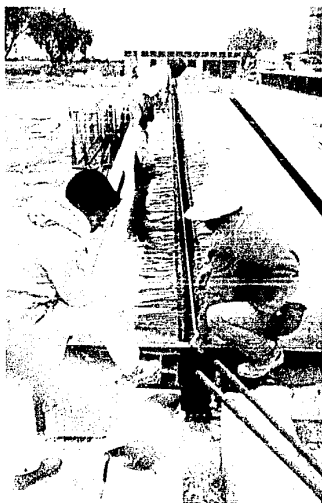
4) FABRICACION DE ACCESORIOS DE ANCLAJE



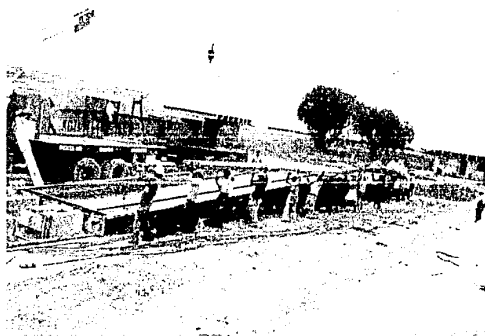
59 HABILITAMO DE LAS ESCALAS DE  
ESTRIBOS

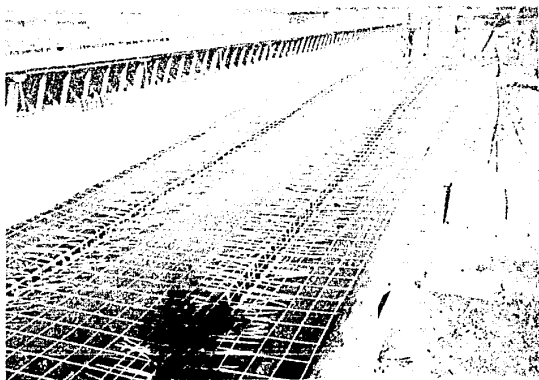


60 ANILLO DE LAS  
NERVIAS  
PRINCIPALES

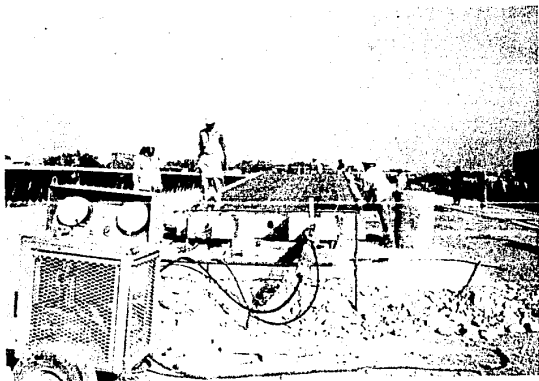


7 - 8) COLOCACION DE LOS ARMAPOS EN EL MOLDE.



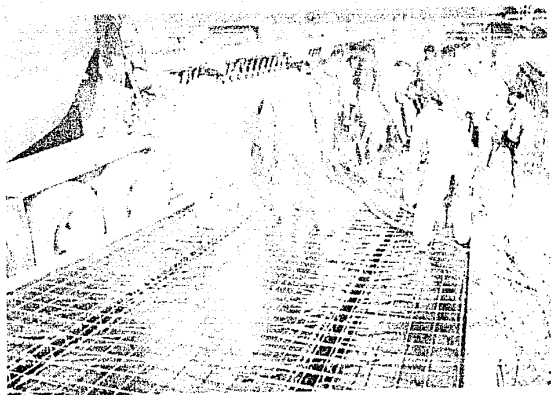


9) COLOCACION DE LA MALLA ELECTROSOLDADA PARA EL PATIN



10) TENSADO DEL ACERO DE PRESFUERZO





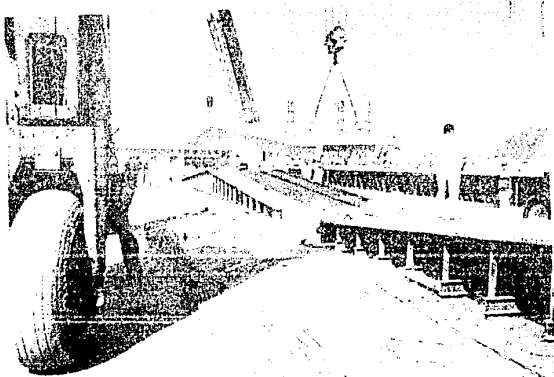


Fig. 1. Vista general.

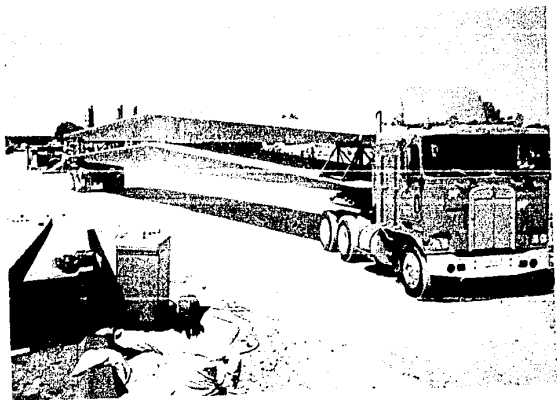
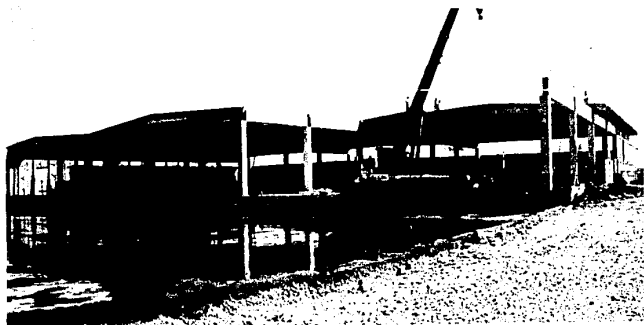


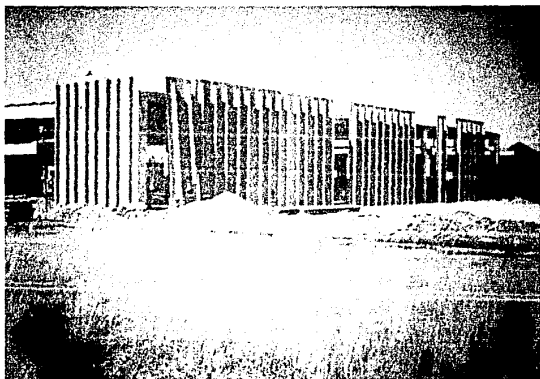
Fig. 2. Envío de los elementos a obra.



15) MONTAJE DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE (COLUMNAS Y TRABES PORTANTES).



16) COLOCACION DE LAS LOSAS DE CUBIERTA (LOSAS TTV)



17) COLOCACION DE LOS ELEMENTOS DE FACHADA ( MUROS TT )

## 5.7 SISTEMA DE MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE PIEZAS

El fabricante de elementos elaborados en planta es responsable por el manejo de estos desde su construcción hasta cuando son colocados en forma permanente al edificio. En el caso de que el fabricante venda sus productos L.A.B. (Libre a bordo) en obra, entonces es responsable hasta que el cliente descargue el camión - en el sitio de la obra. Algunas veces en contratos L.A.B. en obra o en planta (en planta, el fabricante solo entrega sus productos cargados al camión del cliente), el fabricante quiere proporcionar información de manejo y maniobras a ser utilizada por el contratista de montaje, aunque su responsabilidad no se extiende a este aspecto. En cualquier caso, el manejo adecuado de unidades prefabricadas y/o prefabricadas consiste en evitar fisuras y agrietamientos en las mismas usando correctamente los puntos tanto de izaje como de apoyo.

Los accesorios para el izaje de los productos son también diseñados con suficientes factores de seguridad para garantizar la seguridad del personal de planta y obra así como la integridad del producto. Las cargas de diseño usadas para calcular los esfuerzos por el manejo de las piezas incluye tolerancias para impacto el cual repercute en la magnitud de las cargas dinámicas a las que el elemento está sujeto. En este inciso se presentaron algunos de los accesorios e insertos para el manejo de los elementos, así como algunas de las variables, que intervienen en el desmoldeo, almacenamiento, transporte, montaje y finalmente el proceso paso a paso que se usó para analizar el manejo y distribución de piezas.

### GANCHOS DE IZAJE E INSERTOS

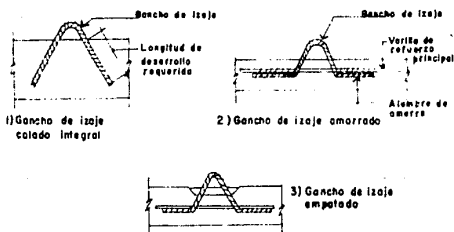
Los insertos, son accesorios que se colocan dentro del elemento que será fabricado, usándose estos para el manejo de la unidad o para conectar el elemento al sistema estructural o para anclarlo. Cuando se utilizan para ambos casos los insertos reducen su costo por los usos a que son sometidos, aunque esto es difícil de comprobar.

Los ganchos de izaje (generalmente a base de torón) son usados solamente como accesorios para levantar las unidades. Los ganchos se elaboran de secciones cortas de torón, el cual está disponible por los desperdicios de las operaciones del pretensado.

Usándose como accesorio de izaje, el gancho de torón se coloca dentro de la unidad prefabricada antes de que sea colada; el gancho usualmente se dobla hacia un lado mientras dura el proceso de producción y que la regla vibratoria haya terminado de pasar por encima del elemento. Una vez efectuada esta operación los ganchos se enderezan hasta la posición que tendrán durante el manejo de las unidades. Cuando el peralte del elemento es escaso (losas extruídas, losas macizas, etc.), la longitud de desarrollo del gancho dentro del elemento es crítica; en la mayoría de los casos los ganchos de izaje se amarran con alambre recocido al refuerzo de acero ordinario que lleve el elemento.

Cuando la pieza prefabricada vaya a trabajar como sección compuesta, es decir, que se le vaya a colar un firme estructural, la protuberancia que implica el gancho puede ser cortada o dependiendo del espesor del firme, puede extenderse hacia un lado. Este último es el caso más común para vigas doble T, T simple, T invertida, pilotes y losas de entrepiso y techo.

FIG. V.. 18 GANCHOS DE IZAJE



La dimensión y número de ganchos de izaje son determinados al calcular la carga a que estará sujeto cada punto de apoyo, incluyendo el impacto, para después aplicar un factor de seguridad de 4 a la capacidad última del gancho (generalmente a base de torón de 1/2" #) que reduzca la posibilidad de falla en la etapa de manejo. Por ejemplo: si se utiliza torón de 1/2" de diámetro y grado 70K --- ( $70,000 \text{ lbs./pulg}^2 = 19027.5 \text{ kg/cm}^2$ ) como gancho de izaje entonces su resistencia última será:

$$f_{sr} = f_{tu} = \frac{P_u}{A}$$

$$P_u = f_{pu} \times A = 19027.5 \text{ kg/cm}^2 \times 0.9871 \text{ cm}^2$$

$$P_u = 18,782.05 = 18.8 \text{ ton.}$$

Y aplicando el factor de seguridad, entonces la carga máxima que deberá soportar cada gancho será:

$$P = \frac{P_u}{F_s} = \frac{18.8 \text{ ton.}}{4} = 4.70 \text{ ton.}$$

$$P = 4.70 \text{ ton.} \quad \text{Carga máxima/gancho izaje usando torón } 1/2" \text{ Ø G. 270 K}$$

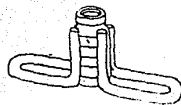
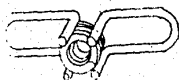
La longitud de desarrollo del cable usado como gancho de izaje dentro del concreto puede ser conservadoramente de 50 DIÁMETROS. En casos especiales el método del cono de cortante puede ser usado para checar la resistencia del concreto en la zona del gancho de izaje. (Este método, así como información adicional se encuentra descrito con más profundidad en el capítulo 5 páginas 42 a 46 del Manual de Diseño del F.C.I.).

En cuanto a los insertos de manufactura especial, puede apuntarse que por lo general se encuentran disponibles, siendo el fabricante de estos el que proporciona un listado indicando tanto capacidades últimas como las cargas máximas de trabajo para cada uno, aplicándoles el factor de seguridad de 4.

Algunos ejemplos de insertos se presentan en la siguiente lámina:

FIG. V.19

INSERTOS DE MANUFACTURA ESPECIAL

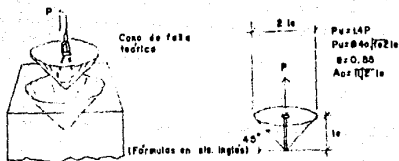


INSERTO ROSCA ESPECIAL  
(Acepta Pernos de Cuerda Especial)

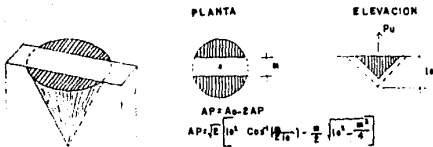
INSERTO ROSCA ESTANDAR  
(Acepta Pernos de Cuerda Estandar)

Cabe aclarar que los factores de seguridad pueden variar según las circunstancias aplicables al caso.

Los insertos se hacen en diámetros variados, desde 3/8" a 1" (como piezas estándar). Vienen también con diferentes tipos de fijación para maximizar la resistencia del concreto al jalón. Cuando el inserto trabaja a tensión plena, y existe suficiente área de concreto alrededor del mismo, entonces se desarrolla el siguiente patrón de cortante:



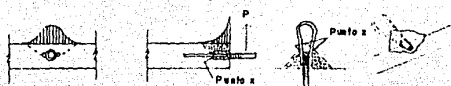
Sin embargo, si no hay suficiente área de concreto, entonces solamente una parte del cono se desarrolla. El área ahurada en el cono muestra la reducción que se hace del área de aplicación.



(Fórmulas en sistema inglés)



Cuando el elemento se levanta por un extremo, se presenta el siguiente patrón de esfuerzos.



El inserto tiende a torcerse alrededor del punto "x" y la última figura indica la probable falla del concreto en el canto de la pieza.

Una nota final de precaución acerca de los accesorios de izaje se presenta: Solamente deben usarse como tales, ya sean ganchos de izaje a base de tornón o insertos de manufactura especial. Deberá evitarse el uso de varillas de acero de refuerzo ordinario como accesorios de izaje para elementos prefabricados de tipo estructural.

#### DESMOLDEO O DESCIMBADO

La relativa facilidad (o dificultad) de la operación de desmoldeo varía de acuerdo a la geometría del elemento. Durante la operación de desmoldeo debe procurarse mantener los esfuerzos de cortante y torsión al mínimo. Las cargas de diseño a considerar durante esta etapa son:

1. El peso propio del elemento
2. Succión (1)
3. Fricción Mecánica (2)

Los elementos de fachada o muros, requieren de más consideraciones durante la etapa del desmoldeo que los demás elementos prefabricados.

(1) y (2) estas se explican con más detalle en el capítulo III del presente trabajo.

1. Las cargas tanto por manejo como por desmoldeo, que son perpendiculares al plano de las fachadas, son mucho más grandes que las fuerzas de sismo o viento que se aplicarán al elemento si ya estuviera colocado.

2. Las fachadas se fabrican acostadas, como miembros de poco espesor, con relativamente poca profundidad de la sección que resista los momentos aplicados.

3. El efecto de succión tiende a ser grande para estos elementos.

4. Las variaciones de las superficies expuestas con acabados decorativos tienden a incrementar el grado de la fricción mecánica entre el molde y la superficie con acabado especial.

En muchos casos, el refuerzo de acero por desmoldeo y manejo en planta es mayor que el adecuado para las cargas a que estará sujeto el muro o fachada en su posición definitiva. El secreto de un buen manejo y desmoldeo en planta es el de seleccionar el número adecuado de puntos de apoyo para levantar las unidades prefabricadas y a su vez mantener los esfuerzos de tensión dentro de los permisibles, y entonces evitar el refuerzo de acero en exceso del que se utiliza para satisfacer las cargas de servicio en la posición final del elemento.

Las otras secciones estructurales pretensadas (vigas, columnas, trabes, etc.) son las más fáciles de desmoldear ya que:

1. Las cargas por desmoldeo son usualmente menores que las cargas de diseño a que estará sujeto el elemento una vez instalado.

2. Las secciones son relativamente peraltadas y por lo tanto capaces de desarrollar altos momentos resistentes.

3. La succión se libera cuando el presfuerzo se transfiere al elemento.

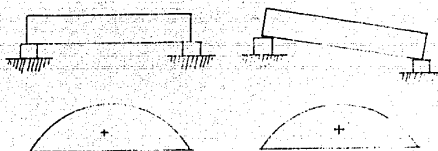
4. Los acabados especiales (del tipo decorativo) en estas piezas tienden a ser mínimos.

## ALMACENAMIENTO Y ESTIBADO

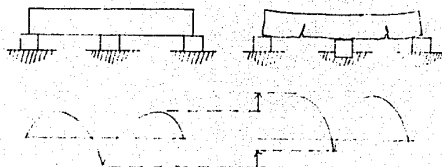
El sistema de soporte usado en el almacenamiento es muy importante. El efecto de los asentamientos diferenciales en los apoyos debido a la poca resistencia del terreno donde se realiza el estibado es fundamental. Los movimientos de los sistemas dos o tres puntos de apoyo durante el almacenamiento se muestran a continuación.

FIG. V.20 SISTEMAS DE APOYO

### DOS PUNTOS



### TRES PUNTOS



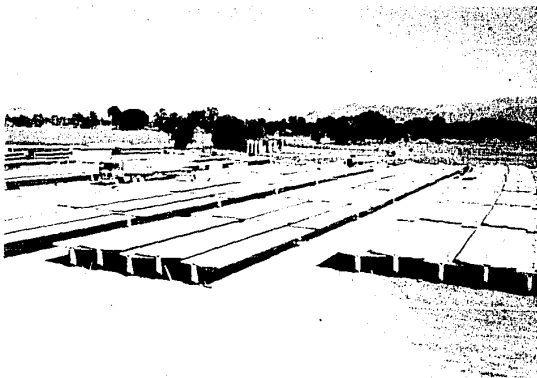


FIGURA 2. ESTADO DE ALMACENAMIENTO DE PIEZAS TERMINADAS

El sistema de dos puntos de apoyo es el que se usa normalmente para la mayoría de las secciones prefabricadas. Si se usara un sistema de tres puntos -- (o más), en el cual uno de los apoyos se asentara, entonces la redistribución de esfuerzos resultante podría dañar severamente a la unidad. En cambio como se observa en la figura anterior, en un sistema de dos puntos, el asentamiento de uno de los apoyos no obliga a la redistribución de esfuerzos y solo se presenta una pequeña y casi inapreciable inclinación como se indica en la figura anterior. Sin embargo hay plantas que tienen definida la zona de almacenamiento, haciendo que el sistema de estibado se apoye en cimentaciones rígidas, permitiéndose entonces puntos de apoyo múltiples al restringir el desarrollo de asentamientos diferenciales. En losas macizas presforzadas puede usarse una alternativa diferente de estibado, esto es, apoyando a las piezas en forma continua en toda su longitud. En general el sistema de apoyo durante el almacenamiento será semejante al sistema usado para el transporte de las unidades. Por ejemplo, si un sistema de dos puntos de apoyo satisfacen los esfuerzos por manejo y transporte, entonces se convierte en el método más lógico para almacenar las piezas. Si el elemento a transportar se envía de canto o lado (como algunas fachadas de poco espesor), entonces deberán almacenarse de la misma forma. Los pilotes y pilas presforzadas de gran longitud generalmente se almacenan y transportan en cuatro puntos de apoyo, con el arnés de transporte agarrado de pivotes especiales o soldado a la plataforma.

La zona de almacenaje en planta es realmente importante si se encuentra un poco restringida. Si los elementos se diseñan de tal manera que puedan estibar uno encima de otro, entonces puede lograrse alguna flexibilidad y economía del tiempo total de producción (en el caso de tener muy restringida la zona de almacenaje). Por ejemplo, el estibado podría permitir al fabricante, empezar con el ciclo de operación continua en etapas tempranas, ir almacenando piezas una encima de la otra (generalmente hasta 3 unidades) para posteriormente suministrar al encargado del montaje las unidades necesarias a través del desarrollo de un muestrario de piezas fabricadas. Cuando esto se logra, el plazo de ejecución de la obra depende más del programa de montaje que del de fabricación. Si los elementos no pueden -- ser estibados o el fabricante no tiene suficiente zona de almacenaje, entonces tanto éste como el encargado del montaje se verán sujetos a los costosos tiempos muertos de maquinaria y personal por la insuficiencia de almacenamiento.

Ya que se estaría efectuando el siguiente proceso: 1) Iniciar fabricación, 2) Parar fabricación hasta que las unidades almacenadas sean sacadas de la planta y 3) Reiniciar fabricación.

Algunas de las secciones que usualmente se estiban son: doble "T", losas macizas, viguetas, durmientes, columnas, muros o fachadas de iguales dimensiones. Por el contrario la "T" simple, la "Y", las vigas portantes y rigidizantes de gran peralte se almacenan individualmente, es decir, sin estibarse. Algunas piezas como la sección TTV pueden estibarse siempre y cuando se utilicen arneses especiales de apoyo para no dañar la pieza que se coloca por debajo. Por último, las fachadas arquitectónicas con acabados especiales de tipo decorativo se almacenan verticalmente separando unas de otras para evitar cualquier daño a la superficie expuesta del elemento.

#### TRANSPORTE

Los miembros prefabricados deben diseñarse para resistir las cargas de impacto que se presentan mientras son transportados al sitio de la obra. La forma de colocación (individuales, estibados o contraventeados) y la posición en el transporte (verticales, horizontales o inclinados) influye en la magnitud y dirección de estas tan importantes cargas de diseño, ya que los elementos prefabricados usualmente:

1. Se carga al vehículo de transporte (trailer con plataforma o dolly) en la misma posición que se almacenan.
2. Se acarrea de la planta al sitio de la obra en el trailer.
3. Son izados de la plataforma del trailer para reubicarlos según se necesite.
4. Descargados del trailer para colocarlos en su posición definitiva en la estructura donde el elemento es conectado (a menudo en forma temporal) tan rápido como sea posible.

Los procedimientos de izado, reubicado y conexión temporal se repiten -- hasta que el trailer es descargado por completo. Siempre que sea posible deberá evitarse la doble maniobra de descargar, almacenar en obra y volver a cargar las piezas. Si la operación de transporte se define como un movimiento acompasado de la planta al sitio definitivo de colocación de las unidades (usando conexiones -- temporales) entonces cualquier sistema que requiera almacenaje en el sitio de la obra así como doble maniobra de izado, puede describirse como ineficiente.

La geometría y el peso de las unidades determinan cuantas serán transportadas en cada trailer. Si la unidad puede estibarse, entonces cada trailer puede moverse con su capacidad máxima de carga (si la geometría del miembro lo permite, esto es, que no se rebasan las tolerancias indicadas en punto 5.7.2 de este capítulo).

Ahora bien, algunas piezas que usualmente se almacenan individualmente -- pueden enviarse según dimensiones en dos y hasta tres piezas por envío (Sección -- "T" simple, Sección TTV) haciendo uso de los arneses, mismos que estabilizan y -- protegen la carga que será transportada.

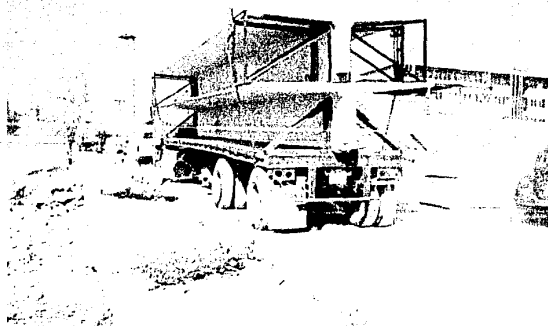


FIG. V.26 Ejemplo de un Arnes para Sección "T" Simple

De esta forma el número de envíos (o viajes) puede optimizarse, aunque -- no se ocupe la capacidad de carga máxima del trailer.

En resumen, el sistema de apoyo más común para el transporte es el de 2 puntos de soporte tal que se reduzcan los esfuerzos adicionales por impacto y por alabeo de la plataforma durante el tiempo que dure la operación.

### MONTAJE

El manejo de las piezas durante el montaje, consiste en rotar el elemento de la posición horizontal o de canto que traiga en el camión, a la posición vertical definitiva para muros o fachadas, o simplemente transferir del trailer a la estructura los elementos del sistema de piso. Aunque antes que nada es necesario que se considere durante el diseño del elemento que para la etapa de montaje será necesario proporcionar insertos o ganchos de izar para facilitar su transferencia del trailer a la estructura.

Debe procurarse que en la etapa de izado, los estrobos de la grúa no desarrollen un ángulo de más de 45° con respecto a la proyección del gancho o inserto, a fin de evitar esfuerzos de cortante excesivos.

### SISTEMA DE MANEJO

El siguiente procedimiento es el más conveniente para chequear punto por punto los elementos prefabricados y/o presforzados para la etapa de manejo.

1. En base a la circunstancias geométricas del elemento, se calculan sus propiedades (Área, momento de inercia, eje neutro, etc.).
2. Se calcula el peso propio y el centro de gravedad del elemento.
3. Checar los esfuerzos en el concreto durante las etapas en que se hace manejo de los elementos: Desmoldeo, Transporte y Montaje. Los esfuerzos de tensión, en el concreto durante estas etapas deberán mantenerse por debajo del módulo de ruptura del concreto ( $M_r$ ) dividido entre un factor de seguridad de 1.5

$$f_t = \frac{M_r}{1.5} = \frac{2 \sqrt{f'_c}}{1.5} = 1.33 \sqrt{f'_c}$$



$f'c$  es la resistencia del concreto en el elemento al momento de ser analizado, en  $kg/cm^2$ .

Para concretos ligeros, se multiplicará el valor anterior por un factor de 0.85

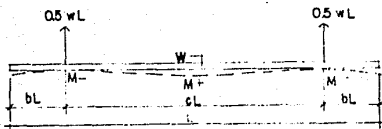
$$f_t = 0.85 \times 1.33 f'c = 1.13 f'c$$

Se aplicaran los siguientes factores de impacto para calcular los momentos de las cargas de servicio durante las diferentes etapas de manejo: (1)

Desmoldeo	1.5
Transporte	2.0
Montaje	1.25

A continuación se presentan diagramas para diferentes puntos de apoyo y sus ecuaciones para determinar los momentos de diseño y también diferentes condiciones de manejo.

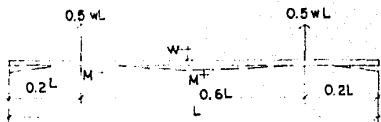
1. Ecuación General.- 2 Puntos de Izaje para Desmoldeo. Reacciones Iguales.



$$M+ = (2c-1) \frac{wL^2}{8}$$

$$M- = 0.5 b^2 wL^2$$

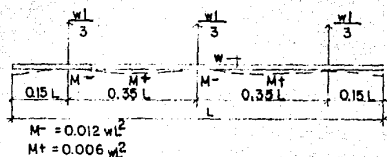
2. 2 Puntos de Izaje para Desmoldeo y 2 Puntos de Soporte para Transporte. Momento Flexionante Positivo y Negativo Idéntico.



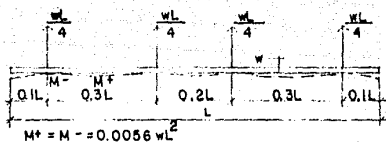
$$M+ = M- = 0.025 wL^2$$

(1) Otros fabricantes aplican diferentes valores de que estos son valores de --  
Reglamento.

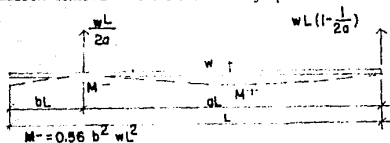
3. 3 Puntos de Izaje para Desmoldeo.- Reacciones Iguales.



4. 4 Puntos de Izaje para Desmoldeo. Reacciones Iguales Momento Flexionante Positivo y Negativo Idéntico.

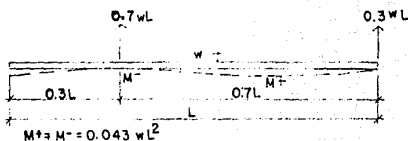


5. Ecuación General.- 2 Puntos de Izaje para Desmoldeo. Reacciones Diferentes.

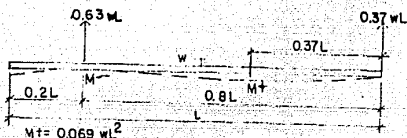


$$M^+ = \frac{wL^2}{2} \left(1 - \frac{1}{2a}\right)^2$$

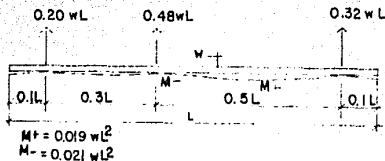
6. 2 Puntos de Apoyo para Montaje. Momento Positivo y Negativo Idéntico.



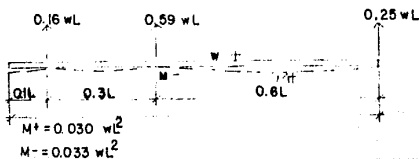
7. 2 Puntos de Apoyo para Montaje, utilizando un Inserto en la Parte de Abajo de la Pieza en Piezas que originalmente tenían 2 puntos para Desmoldeo (Se descarta un punto de desmoldeo para el Montaje).



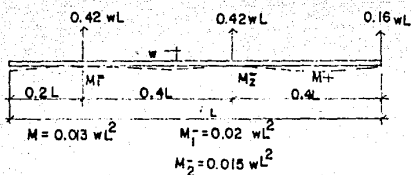
8. 3 Puntos de Apoyo para Montaje de una Pieza que utilizó 4 para Desmoldeo.



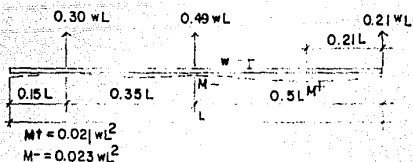
9. 3 Puntos de Apoyo para Montaje con un Inserto en el Parte de Abajo de la Pieza en la que originalmente se utilizaron 4 puntos de Izaje para Desmoldeo.



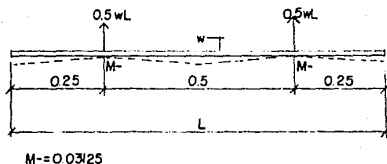
10. 3 Puntos de Apoyo para Montaje. 2 Reacciones Iguales.



11. 3 Puntos de Apoyo para Montaje con un Incruto en la Parte de Abajo de la Pieza en la que Originalmente se utilizaron 3 Puntos para -- Desmoldeo con Reacciones Iguales.



Para el montaje los elementos prefabricados que integran sistemas de piso generalmente se utilizan los diagramas 1 y 2 anteriores, o también se puede utilizar el siguiente procedimiento.

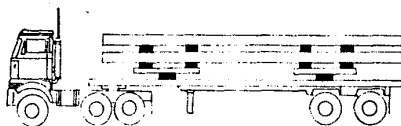


### 5.7.1 TRANSPORTE

Las empresas prefabricadas usualmente incluyen en sus contratos no solamente la fabricación, sino que también indican los costos de flete y montaje de las unidades. (Ver ejemplo de cotización inciso 5.3). Algunas tienen su propio equipo para efectuar el transporte de las unidades al sitio de la obra, siendo estas normalmente enviadas por trailer con plataforma. Consecuentemente, las rutas disponibles, así como los reglamentos de caminos y las especialidades de los trailers, tienen efecto definitivo sobre el tamaño y peso de los elementos.

Los elementos prefabricados son generalmente soportados en dos puntos para prevenir esfuerzos adicionales por el alabeo que se produce en la plataforma durante el transporte de estos al sitio de la obra. Por tal motivo se deben revisar los esfuerzos a que estarán sujetas las unidades tal que puedan ser transportadas en estas condiciones. A menudo los puntos de apoyo que se usan para el transporte son los que se utilizan para el manejo en planta de las unidades, tal como el desmoldeo y la estiba en almacén. Para el montaje también se utiliza el sistema de dos puntos de apoyo si las unidades pertenecen a un sistema de piso o cubierta, tales como la sección doble T, sección T, sección L, sección T invertida, sección I, sección rectangular, losas planas y extruídas, sección TTV, sección TY, etc. Sin embargo si la unidad es una fachada o muro de carga prefabricado, entonces serán necesarios más de dos puntos de izaje, además de los insertos en la parte de arriba de la pieza que pueden ser usados en la descarga, ya que estas piezas por lo general necesitan ser rotadas para obtener su verticalidad. Cuando el tamaño de una unidad prefabricada es tal que más de dos apoyos sean requeridos, entonces es utilizado el sistema de enroque o balancín para el transporte, equilibrando de esta forma la carga.

FIG. V.27 Diferentes formas de Transporte de Elementos Prefabricados



SISTEMA DE BALANCIN O ENROQUE

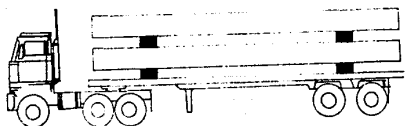


FIG. V.28 SISTEMA TIPICO DE APOYO EN DOS PUNTOS

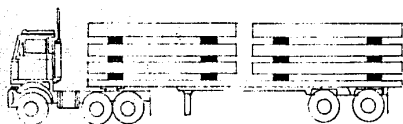


FIG. V.29  
SISTEMA SANDWICH PARA MUROS

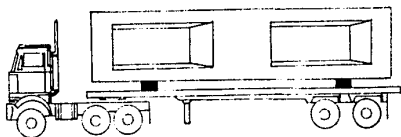


FIG. V.30 MUROS APOYADOS DE CANTO

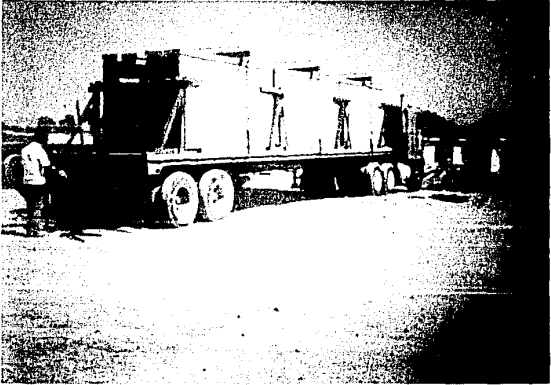


FIG. V.31 PRECOLADOS DE FACHADAS APOYADOS DE CANTO

Cabe aclarar que cuando la pieza es autoestable, puede transportarse simplemente apoyando los puntos de soporte con polines (4" x 4" x 8") hacia la plataforma del trailer. Tal es el caso de las piezas: doble T, TTV, " T " invertida, losas extruídas. Por el contrario para piezas T, TY, I y L será necesario el uso de arneses para sujetar las piezas al trailer. Ahora bien dependiendo de las dimensiones y del peso de las piezas, será posible o no transportar hasta 3 piezas por trailer, siendo limitantes, las características y reglamentos de las carreteras federales y caminos secundarios, en las que se restringen el ancho máximo de la carga, la altura debido a los puentes existentes así como el peso de la misma. De esta forma se deberá tener especial cuidado en chequear la ruta si es que piezas muy altas o muy pesadas o una combinación de las mismas serán transportadas.

En la mayoría de las carreteras y a menos que se obtengan permisos especiales para circular (ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes) las restricciones en cuanto a peso y dimensiones son las siguientes:

1. Altura máxima: 4.25 metros

Incluyendose en esta dimensión la altura de la plataforma más la altura de la carga.

Considerando que la altura de plataforma es de 1.80 metros, entonces es posible transportar 3 doble " T " de peralte = 70cm.

3 piezas TT de 0.70 m. =	2.10m.
3 polines de apoyo =	0.30m.
Altura plataforma =	<u>1.80m.</u>
	4.20m. < 4.25

2. Ancho máximo = 2.50m.

Pudiendose transportar pagando sobrepago por cada centímetro -- excedente de 2.50m. piezas de hasta 3.00m. de ancho. Para fletar piezas de ancho mayor que 3.00m. será necesario solicitar permiso ante la S.C.T. especificándose el día y la carretera por la que transitará el vehículo, llevando forzosamente carros pilotos, tanto al frente como en la parte posterior del vehículo.



3. Largo máximo: En México esta especificación varía dependiendo de la carretera o camino en el que circule la carga. Se permite que la carga circule sin carro piloto, siempre y cuando no se exceda la longitud de la plataforma en la parte trasera, hasta 18m.

Para plataformas normales de 40' ó 12.20 metros, la longitud máxima de las piezas será de 15 metros, teniendo que volarse la pieza por ambos extremos. Al frente el volado máximo por restricción del trailer es de 1 metro y para la parte posterior para asegurar la estabilidad de la carga, hasta 2 m. Esta condición hace necesario el uso de carro piloto que vaya siguiendo al --- trailer. Algunas compañías de transporte especializadas poseen trailers con plataformas extensibles hasta 18m. e inclusive hasta 20m. Esto evita el uso del carro piloto para piezas de hasta 19 metros de longitud, pero no así para piezas mayores ya que se excede la restricción de los 18m. En este caso el carro piloto va al frente del trailer y si la plataforma no es de 20 metros se necesita otro carro piloto que cubra el voladizo trasero. Algunas de estas piezas y mayores a 23 metros serán transportadas preferentemente con dollys o diablitos que sujetan a los extremos quedando las unidades suspendidas.

Resumiendo, es necesario solicitar permiso de circulación especial en cualquiera de los siguientes casos:

- 1) Que la carga exceda los 18m. de longitud (sea transportada con -- plataforma o con dolly).
- 2) Que la carga tenga voladizo en la parte posterior aunque esta sea menor a 18m. Este es el caso de las piezas de más de 13 metros - que se transportan en plataformas normales.

En el primer caso el carro piloto va en la parte de enfrente del --- trailer, siendo la parte posterior la posición del carro piloto en el segundo caso.

Finalmente si ambos casos se combinan, entonces serán necesarios dos carros pilotos, uno al frente y el otro atrás del trailer.

4. Peso máximo: 30 toneladas

Siendo esta una restricción impuesta por la mayoría de los equipos de transporte de acuerdo a su capacidad para desplazarse con carga. Solo en algunos caminos secundarios y de terracerías, se restringe la carga máxima que debe circular. Algunos equipos de transporte son capaces de acarrear hasta 40 toneladas de peso.

### 5.7.2 MONTAJE

Si algún concepto es la clave del éxito de un proyecto de prefabricados es seguramente el montaje. Sumas enormes de dinero pueden perderse por una instalación ineficiente; por otro lado, el captar los problemas y soluciones -- con relación a poner juntas piezas prefabricadas en la obra, puede dar a los -- prefabricadores alta competitividad, al analizar una rápida construcción. Una planeación adecuada de las fases del proceso constructivo es esencial tal que se asegure un montaje eficiente.

Es vital que para el éxito en la fase de montaje, se toman en cuenta las circunstancias que se afectarían por el uso de determinados productos. Así, se pone especial atención en los siguientes aspectos.

- Consideraciones preliminares de diseño del Arquitecto y del Estructurista.

Los proyectistas generalmente toman decisiones respecto de las dimensiones y pesos de los elementos prefabricados desde el inicio del proyecto. Se toma como un punto base que el peso de los componentes debe ser limitado a once toneladas o menos cada uno, no importando si son elementos arquitectónicos o -- elementos estructurales, a menos que se consulte directamente con personal especializado en montaje de prefabricados, pesos mayores de hasta 22 toneladas pueden manejarse si se dispone de buenos accesos que estén adyacentes al sitio de

montaje. Los proyectistas deberán tener cuidado de la importancia de tener accesos adecuados, especialmente en lugares donde existan conglomerados, y que el sitio de la obra se encuentre entre estructuras ya existentes, tal que se tengan algunas veces que emplear grandes y costosos equipos de montaje, mismos que no estén disponibles localmente. Se requiere también tolerancias reales entre los elementos prefabricados y los demás elementos de obra. Por ejemplo: las tolerancias de construcción para elementos de soporte colados en sitio o de acero estructural deben añadirse a las de fabricación de los elementos elaborados en planta a fin de determinar los claros de las piezas prefabricadas y las dimensiones de las ménsulas, trabes, columnas, etc., que serán coladas en sitio.

Muy importante es que el estructurista defina el inicio del proyecto, el tipo de conexiones y los accesorios que se deberán dejar preparados para sostener los elementos de fachada.

#### - Consideraciones del Fabricante

Los fabricantes de elementos prefabricados usualmente sellan su propia suerte en las decisiones que toman al ofrecer sus productos a determinado precio. Esto se presenta especialmente en las consideraciones que afectan al montaje. Por tanto se deberá tener cuidado que las conexiones diseñadas sean eficientes y que además permitan las tolerancias consideradas. Si algún rediseño se requiere a la hora de extra presupuestando, se debe asegurar que el contratista general este enterado de los efectos que causarán los cambios a otros aspectos de la obra, de lo contrario cualquier extra tanto de materiales como de mano de obra y equipo se cargará a la cuenta del fabricante. Asimismo, el fabricante debe elaborar el programa de montaje de los elementos, añadiendo este al contrato, con sus cláusulas de escalación, previniendo de esta forma cualquier incremento de los conceptos que lo integran (Cuadrilla de montaje, renta de equipos y combustibles). Las demoras en el montaje por los propios retrasos de la obra son comunes en proyectos de gran tamaño, mismas que pueden causar efectos desastrosos en los costos ya calculados debido a la inflación.

#### - Tipo de producto

Cada sección posee diferentes problemas de montaje, por tanto la sección que se utilice como determinado miembro estructural o arquitectónico influye en el diseño de las conexiones, las cuales deberán facilitar la instalación así como de dar una estabilidad razonable.

Los elementos verticales tales como los muros de carga y las columnas requieren de más cuidado durante el montaje ya que estos actúan a menudo como puntos de referencia para los miembros que ellos soportan. Los procedimientos de montaje deben desarrollarse para asegurar que los muros de carga y las columnas sean plomados, mientras las conexiones para estos elementos deben diseñarse para facilitar tanto el alineamiento temporal como el permanente y finalmente la estabilidad.

Por ejemplo: el gran ancho del patín y el estulto nervio (ó alma) de una trabe "T" simple, hace que la sección sea un miembro relativamente difícil de colocar, al punto de que una "T" simple puede caer sobre alguno de sus lados sino se apuntala el patín o se estabiliza de alguna otra forma. La estabilidad a menudo se realiza por medio de una combinación de apuntalamiento y secuencia. Por ejemplo, la primera "T" en la secuencia de montaje, se apuntala o detiene con la grúa, mientras sueldan las placas de conexión de trabe a elemento de soporte del sistema estructural y la segunda pieza se conecta a la primera a través de los conectores longitudinales de las piezas; así las piezas subsiguientes se colocan de forma similar, cada una conectada a la previamente instalada con los conectores longitudinales, mismos que finalmente forman parte del sistema general de conexión.

Hay otros productos que también son difíciles de instalar como lo son los elementos de fachada y paneles prefabricados, los que probablemente sean el punto más crítico para que el montaje sea eficiente. Las conexiones deberán diseñarse tal que se permita estabilidad y alineamiento inmediatos, maximizando la productividad del montaje. Así, la selección de las conexiones, ya sean soldadas, a base de pernos e insertos o coladas en sitio debe hacerse siempre con el aspecto montaje en mente. Cabe mencionar que algunas veces para dar el alineamiento y estabilidad temporal se utiliza el sistema de pernos e insertos, mientras y cuando la conexión final se vaya a realizar en un tiempo futuro.

También hay otros productos, cuya colocación es relativamente fácil, ya que no presentan problemas particulares de estabilidad y a menudo prescindien de conexiones temporales durante la secuencia de montaje. Algunos de estos pueden ser: 1) elementos portantes como la sección T invertida o la sección L. 2) Elementos rigidizantes como la sección I o rectangular. 3) Losas de entrepiso o cubierta como la sección " TT ", losas extrudidas o la sección TTV. La cuadrilla de montaje simplemente coloca este tipo de piezas en su posición definitiva, tan rápido como sea posible (sin el uso de conectores temporales) y hasta que todas las unidades sean instaladas; entonces la cuadrilla regresa al punto de partida para completar las conexiones permanentes a la estructura.

Ciertos croquis son esenciales para el personal tanto de montaje como de supervisión. Se necesitan alzados del edificio y los planos que muestren la posición definitiva de las unidades para que estas se marquen, eliminando así la posibilidad de error en su colocación. Es ampliamente recomendado que el procedimiento de marcado para elementos prefabricados, sea el mismo que se utiliza para edificios de acero estructural, por ejemplo: que la marca hecha en la parte superior izquierda de la pieza, corresponda a su colocación en los croquis de montaje (lado derecho para el miembro del lado opuesto).

También será necesario elaborar un plan de Apuntalamiento y refuerzo o también llamado " contraventeo " para elementos prefabricados inestables o que se incorporen a la estructura antes de liberarlos del equipo de montaje. Este plan, lo elabora el fabricante a través de sus departamentos de Ingeniería y de Construcción el cual se le proporciona al Contratista General de la obra, al personal de montaje, y al de supervisión, todo esto antes de empezar la colocación de las unidades.

#### - Coordinación con el Contratista General

Antes de empezar el montaje de los elementos prefabricados, se requiere alguna coordinación entre Fabricante y Contratista General. Primero, se debe determinar que los accesos alrededor y dentro de la obra sean adecuados y suficientes.

El especialista de montaje, basándose en el proyecto, debe asegurar se que los conceptos que integran la construcción se hagan correctamente, para que la estructura que soportará a los elementos prefabricados esté hecha de acuerdo a las tolerancias impuestas, proporcionando suficientes marcas, para que así, los elementos puedan ser instalados sin muchos problemas de reposición, recorte o aumento que corrijan la colocación de las unidades.

Ayudándose en la secuencia del montaje, el encargado de éste, hace las relaciones de piezas que se necesitan en obra, para que sean enviadas desde la planta, como se vayan requiriendo para ir cerrando el edificio. En la relación de piezas también se indicará la colocación individual en el trailer, para ahorrar de esta forma tiempo por doble maniobra (descarga y acomodo).

Algún acuerdo adicional será necesario cuando un propietario o contratista general suministre la grúa para el montaje de los elementos prefabricados. Se deberá preveer que el contrato indique que la grúa en el momento de empezar el montaje, será única y exclusivamente para colocar las unidades, tal que se logre una instalación ininterrumpida.

#### - Equipos de Montaje

El equipo de montaje usado para instalar componentes prefabricados, generalmente varía de acuerdo a la altura del Edificio.

#### Para Edificios Altos, de más de 16 pisos.

- a. Grúa Torre fija
- b. Grúa Torre sobre vía
- c. Grúa autoelevable

#### Para Edificios Medianos, de 5 a 16 pisos.

- a. Grúa Torre fija ó autoelevable

- b. Grúa estructural sobre orugas: 140 - 200 ton.
- c. Grúa estructural sobre camión: 125 - 140 ton.

Para Edificios Bajos, de hasta 4 pisos.

- a. Grúa estructural sobre camión: 50 - 125 ton.
- b. Grúa hidráulica de hasta 50 ton. (para elementos ligeros).

A veces es necesario estibar un tiempo las piezas prefabricadas en obra debido a problemas ocasionales en la secuencia de montaje. Al hacerlo, la estiba en obra debe realizarse de la misma forma que se almacenan las piezas en planta, usando los soportes adecuados en lugares también adecuados. Debe tenerse cuidado para proteger los componentes prefabricados de lugares que tengan acumulamientos de lodo.

Las cuadrillas de montaje varían en composición, dependiendo en el alcance y la variedad del trabajo a desarrollar en el sitio de la obra. En general, la cuadrilla básica de montaje tanto para elementos arquitectónicos como para estructurales, se compone de un operador de grúa y su ayudante, un sobrestante y cuatro maniobristas, y cualquier otro personal adicional atendiendo al trabajo requerido como parte del montaje, tal como soldaduras (oficiales soldadores), colados en sitio (albañiles), calafateo y empates (resanadores) y armados (fierros). Algunas veces, el sobrestante también sirve como supervisor de montaje, pero es recomendable que el fabricante tenga su propio empleado en la obra para que proporcione la supervisión total del montaje así como la coordinación con la planta y el contratista general.

En general, los elementos de soporte de concreto colado en sitio tales como vigas, columnas, muros de carga, etc., deben diseñarse de tal forma que puedan terminarse antes de que el montaje de las unidades prefabricadas empiece, permitiendo que estos elementos sean instalados en forma continua, evitando los costosos tiempos muertos de la maquinaria que al final resultaría en una pérdida de productividad comparada contra una operación ininterrumpida. La forma más eficiente de colocar unidades prefabricadas en edificios es la de cerrar ejes, es decir, que se monte un paquete de unidades que completen una por-

ción vertical del edificio sin que se necesite desplazar la grúa, hasta que se cierre un eje del edificio, repitiéndose la operación en el siguiente punto de apoyo de la grúa. Los elementos verticales altos, como columnas o muros prefabricados son alzados a su posición vertical utilizando 2 líneas de montaje. Algunos insertos para maniobras de manejo son usados también como puntos finales de conexión al edificio cuando es posible.

En el proceso de instalación algunas veces se amarran los elementos prefabricados (se amarran con estroboos largos alrededor de las unidades sin usar puntos específicos de manejo), usándose este proceso solo como último recurso, por razones de seguridad y daño potencial a las superficies expuestas de los prefabricados. Debe tenerse cuidado de que al amarrar las piezas, el cable que esté en contacto con las piezas se le agreguen protecciones acoginadas (como hule espuma) para evitar cualquier daño a las superficies que estén en contacto.

Concluyendo, la seguridad del personal, es el punto más importante que debe considerar el encargado del montaje. La totalidad de las estructuras a base de elementos prefabricados, son verdaderas "Casas de Naipes", hasta que se realizan las conexiones de los elementos a la estructura y al Sistema resistente.

Un adecuado contravento para resistir fuerzas horizontales (sismo o viento) es elemental para todos los proyectos de esta naturaleza. Los elementos de fachada deben empalmarse a la estructura antes de que se liberen del equipo de montaje. También es recomendable elaborar un plan para cada movimiento de la grúa, a fin de minimizar las pérdidas de tiempo en campo.

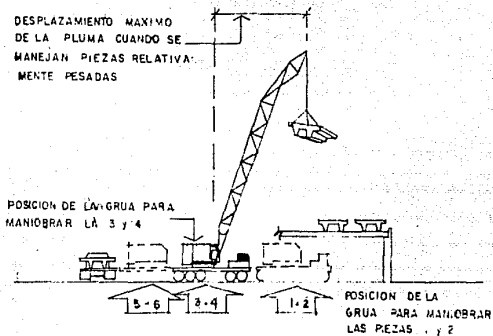
A continuación se muestran esquemáticamente las secuencias de movimiento de una grúa instalando tanto cargas pesadas como ligeras.



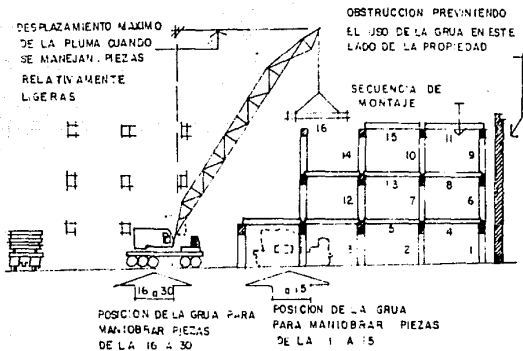
FIG. V. 32

SECUENCIA DE MONTAJE

a) Cargas Pesadas



b) Cargas Ligeras



Se deberá tener cuidado especial en el montaje de las unidades. Para esto el Superintendente a cargo realizará varias funciones:

- Asegurar que el sitio de la obra está realmente listo para recibir los elementos prefabricados.
- Coordinar con el Contratista general de la obra o con el cliente los accesos adecuados y la disponibilidad de espacios libres para estibar piezas en obra mientras se efectúa el montaje.
- Checar que la estructura colada en sitio se vaya ejecutando conforme al programa de obra y esté acorde con el proyecto, a fin de evitar retrasos en la obra y asegurar la distribución correcta del sistema portante donde apoyarán las unidades precoladas.
- Checar la posición de los accesorios en inserto colocados en los elementos colados en sitio, conforme a los croquis y tolerancias máximas, mismos que servirán de empuje con las piezas prefabricadas.
- Mantener control estricto de los procedimientos de montaje, para asegurar que la adecuada coordinación sea obtenida, que permita una rápida colocación de las unidades.
- Asegurar que los ganchos o accesorios de izaje estén colocados como se indica en los croquis de fabricación, proporcionando así, seguridad para el personal de obra.
- También supervisará que se cumpla con el sistema de rigidización del edificio especificado en el proyecto generalmente propuesto por el Prefabricador. Significa checar que las conexiones a base de cierres de concreto colado en sitio y el firme estructural hagan correctamente.
- Realizar las estimaciones de montaje conforme al programa indicado en la cotización y el contrato así como la entrega total de la obra al contratista general o al cliente, para que finalmente se realicen los últimos pagos que el cliente adeude a la empresa por concepto de fondo de garantía.

Estamos en el comienzo de una nueva era en la metodología de construcción moderna: La Era de la Prefabricación. Después de varios falsos arranques, el concreto prefabricado finalmente vendrá por sí mismo, debido principalmente a - la reestructuración que nuestra sociedad requerirá en un futuro no muy lejano. - La carencia de viviendas para entonces será básica. (Siendo en muchas partes -- del mundo un problema actual); ya que el hombre como sabemos, necesita de un es pacio propio para poder vivir.

Dos tendencias básicas desarrollarán rápidamente el avance de la Tecnología del Concreto Prefabricado en planta:

1. Ocurrirá el desarrollo de más secciones de elementos prefabricados, similares en concepto a las formas que actualmente existen en la Industria del Acero Estructural. Entonces la estandarización de unidades -- estructurales y/o arquitectónicas prefabricadas facilitará el diseño mo dular, y prácticamente será un complemento natural para el establecimiento de un concepto genérico en el diseño de edificios, mismo que será -- predominante para determinar el método de construcción de estructuras - de concreto prefabricado en su totalidad.
2. Con el incremento en la escasez mundial de hidrocarburos, el automóvil saldrá gradualmente de escena como un modo predominante de transpor te. Lo anterior forzará un cambio drástico en la forma de vida como ac tualmente la conocemos. Los elementos prefabricados pasarán a ser el - material estructural prevalectante a usar para edificar la nueva sociedad y el nuevo medio ambiente del siglo 21. Las nuevas agrupaciones -- tenderán al concepto de vida vertical es decir, edificios de condominios, integrando unidades habitacionales, las que contarán con los servicios és enciales para la vida diaria, rodeadas de áreas abiertas y parques, e interconectadas por monorrieles y sistemas de desplazamiento de gente, -- por medio de vehículos impulsados electricamente, que moverán a las per sonas individual o colectivamente hacia los sistemas de tránsito en masa.

El tráfico de trenes se reafirmará como el medio predominante de transporte masivo para cubrir largas distancias. El uso de los hidrocarburos será restringido a la producción en las grandes industrias, el transporte aéreo esencial y tal vez a los equipos de defensa nacional. Al mismo tiempo se ocasionará que los métodos de construcción tradicionales dejen de ser económicamente factibles. La edificación con sistemas prefabricados será usada para proveer de ahorros de energía y de estructuras permanentes, con el uso de componentes que serán instalados con equipos eléctricos de izaje. Sistemas de captación de energía solar se intercalarán con construcciones prefabricadas a base de paneles tipo sandwich tanto para subir como bajar la temperatura según sea el caso (sobre todo para zonas donde los cambios de temperatura son extremos, como en los Estados Unidos y Canadá).

El concreto presforzado en las estructuras, con su muy eficiente relación de capacidad de carga contra el peso del refuerzo de acero, será aprovechado al máximo. Tal vez, se usarán materiales híbridos para reemplazar el acero de refuerzo ordinario y el acero estructural como materiales de construcción, atendiendo a los fuertes incrementos en costo de estos materiales así como la escasez de hidrocarburos para la producción de aceros.

Posiblemente se utilizarán como refuerzo adicional en el concreto presforzado, materiales de fibra de vidrio, o tal vez se elaborará concreto polímero y otros compuestos que resistan altos esfuerzos de tensión.

También se requerirán otros procesos de producción que actualmente no se estén empleando en la industria de la prefabricación, tales como extrusores ya dispuestos en los moldes, procesos utilizados para obtener cerámica, o la automatización de todos los pasos en el procedimiento de producción, para por ejemplo, colocación, vibrado y retiro de la humedad excesiva en el concreto, para agilizar el desmoldeo; o tal vez utilizar métodos computarizados de corte, almacenaje y manejo de las unidades precoladas.

En algunas partes de Estados Unidos y también de México, se pueden observar ciertos avances que ya son apreciables, como:

- Estructuras de Monoriel (en Disneylandia)
- Durmientes de ferrocarril de concreto presforzado (1)
- Estructuras de transporte en masa
- Sistemas de desplazamiento a corta distancia (Aeropuertos Modernos)
- Viviendas con sistema de captación de energía solar

Los Ingenieros y Arquitectos del futuro se enfrentarán al creciente reto de diseñar tanto el aspecto estructura como construcción de forma eficiente, y tomar en cuenta la economía que representa el uso de los prefabricados, basándose en las ventajas que esto reporta. De muchas formas, nuevas oportunidades son creadas para diseñadores con imaginación al tiempo que estos tomen en cuenta la seguridad de los edificios combinada con las ventajas de usar el concepto del presfuerzo en cualquiera de sus modalidades (pre o postensado).

(1) Siendo este aspecto visible actualmente en México, en lo que respecta a la construcción de la ferrovía México-Querétaro para el tren bala de carga Cooper E-72.

## B I B L I O G R A F I A

COLEGIO DE INGENIEROS  
CIVILES

SEMINARIO DE CONCRETO PRESFORZADO

T.Y. LIN

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE  
CONCRETO PREEFORZADO

WILLIAM R. PHILLIPS  
DAVID A. SHEPPARD

PLANT CAST PRECAST AND PRESTRESSED  
CONCRETE . A DESIGN GUIDE.

PAUL W. ABELES

INTRODUCTION TO PRESTRESSED CONCRETE  
VOLUME 2

PCI (PRESTRESSED CONCRETE  
INSTITUTE).

PCI MANUAL FOR STRUCTURAL DESIGN OF  
ARCHITECTURAL PRECAST CONCRETE

PCI (PRESTRESSED CONCRETE  
INSTITUTE).

ARCHITECTURAL PRECAST CONCRETE ----  
DAFTING HANDBOOK

PCI (PRESTRESSED CONCRETE  
INSTITUTE).

MANUAL ON DESIGN OF CONNECTIONS FOR  
PRECAST PRESTRESSED CONCRETE

PCI (PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE)

PCI DESIGN HANDBOOK