



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

28  
131

ESTUDIO COMPARATIVO DE CUATRO SISTEMAS  
DE LOSAS PREFABRICADAS Y PRESFORZADAS.

## TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de  
INGENIERO CIVIL  
P r e s e n t a

GUILLERMO MECALCO DIAZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

**ESTUDIO COMPARATIVO DE CUATRO SISTEMAS DE  
LOSAS PREFABRICADAS Y PRESFORZADAS**

PROLOGO . . . . . 1

**CAPITULO I. INTRODUCCION A LA PREFABRICACION**

I.1 Concepto de Prefabricación . . . . . 3  
I.2 Ventajas y Desventajas de la Prefabricación . . . . . 3  
I.3 Concreto Presforzado . . . . . 6  
I.4 Métodos de Presforzado. . . . . 9  
    1. Pretensado . . . . . 10  
    2. Postensado . . . . . 11  
I.5 Curado . . . . . 13

**CAPITULO II. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS  
CUATRO SISTEMAS DE LOSAS ANALIZADAS**

II.1 Introducción . . . . . 15  
II.2 Sección Compuesta . . . . . 17  
    1. Estados de Carga . . . . . 19  
    2. Propiedades de la Sección . . . . . 20  
II.3 Vigueta y Bovedilla . . . . . 22  
II.4 Losa Extruída . . . . . 28  
II.5 Losa Doble TT . . . . . 33  
II.6 Viga T . . . . . 39

## CAPITULO III. DISEÑO

III.1	Introducción . . . . .	45
III.2	Notación . . . . .	45
III.3	Pérdida de Presfuerzo . . . . .	49
III.4	Análisis por Esfuerzos Permisibles . . . . .	52
1.	Esfuerzos Permisibles . . . . .	55
1.	Esfuerzos Permisibles en el Concreto . . . . .	55
2.	Esfuerzos Permisibles en el Acero . . . . .	56
III.5	Resistencia a la Flexión (Estados Límites) . . . . .	57
1.	Bloque Rectangular de Esfuerzos Equivalentes . . . . .	58
2.	Ancho Efectivo del Patín . . . . .	59
3.	Ecuaciones para la Resistencia a la Flexión . . . . .	60
4.	Resistencia al Corte . . . . .	62
1.	Refuerzo en el Alma por Cortante . . . . .	64
III.6	Suposiciones de Diseño . . . . .	67
III.7	Ejemplo . . . . .	70
III.8	Tablas de Resultados . . . . .	82
III.9	Tablas de Materiales . . . . .	91

## CAPITULO IV. ASPECTOS DE FABRICACION, TRANSPORTE Y MONTAJE

IV.1	Aspectos de Fabricación . . . . .	96
IV.2	Aspectos de Transporte . . . . .	100
IV.3	Aspectos de Montaje . . . . .	102

## CAPITULO V. CONCLUSION . . . . . 104

## BIBLIOGRAFIA . . . . . 113

**PROLOGO**

## PROLOGO

=====

Día con día en todo el Mundo, principalmente en --- países en vías de desarrollo, la industria de la construcción está creciendo a pasos agigantados. Debido a la explosión demográfica tan acelerada, existe una demanda continua de nuevas construcciones tanto comerciales e industriales como habitacionales. Esto obliga a técnicos y profesionales del área a continuar en la incesante búsqueda de nuevas técnicas, procesos y métodos constructivos que vayan acorde con la época en que vivimos.

La característica sobresaliente de nuestra época es - la desmesurada inflación que trae como consecuencia problemas de orden económico en países subdesarrollados y en vías de desarrollo. Es por ésto que ahora más que nunca se necesitan - obras que sean seguras, económicas y de rápida construcción - aprovechando al máximo los materiales y elementos con que se cuenta. El tiempo de ejecución de una obra es de gran importancia en la actualidad, ya que en la medida en que ésta se - construya en un menor tiempo, se disminuirá considerablemente el costo de la misma. La industria de la PREFABRICACION en -- cuenta su futuro en este aspecto.

El principio de PREFABRICACION, como su nombre lo dice, es la fabricación en serie de elementos estructurales de gran calidad a costos menores, teniendo como principal ventaja el abatir tiempos de construcción por ser fabricada fuera de la obra. Cualquier cosa que se produce en gran escala lo--

gra tener un costo menor que si se fabricara una sola vez.

El presente trabajo tratará de una pequeña parte de -  
lo que es el mundo de la prefabricación: los "SISTEMAS DE LO-  
SAS PREFABRICADAS Y PRESFORZADAS".

**CAPITULO I**

**INTRODUCCION A LA  
PREFABRICACION**



# I. INTRODUCCION A LA PREFABRICACION

## I.1 CONCEPTO DE PREFABRICACION

Por "PREFABRICACION" se entiende un sistema constructivo basado en la fabricación de elementos estructurales, generalmente en plantas de producción especializadas, o bien en plantas provisionales montadas en el lugar de la obra. Las estructuras pueden ser totalmente prefabricadas o mixtas en las cuales se combinan elementos prefabricados con elementos colados en el lugar. En cualquier caso los elementos prefabricados pueden ser de concreto reforzado o de concreto presforzado, según las características del proyecto.

## I.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PREFABRICACION

### VENTAJAS:

#### a) Economía en cimbra y obra falsa.

La utilización de prefabricados reduce de manera significativa el uso de obra falsa, existiendo por ende un ahorro económico, siendo éste mayor cuanto mayores sean los claros y las alturas de la estructura en cuestión.

Los moldes de elementos estandar pueden diseñarse para usarse un número de veces mayor que el usual en construcciones de concreto convencional.

#### b) Economía en la mano de obra.

El empleo de sistemas de producción en serie y la

mecanización, tanto de la fabricación de los elementos prefabricados como de su montaje, implica economía en la mano de obra. Se reducen los tiempos muertos al poder programar mejor una obra.

c) Economía de materiales.

La fabricación en serie de elementos estructurales permite aplicar sistemas de control de calidad que en obras convencionales serían difíciles de lograr, aunando una reducción de secciones al utilizar elementos presforzados. Un buen control de calidad hace posible un aprovechamiento más eficiente de los materiales.

d) Rapidez de ejecución.

La posibilidad de traslapar las distintas etapas de la construcción se ve incrementada con la utilización de prefabricados, reduciendo notablemente los tiempos de ejecución. Con una programación adecuada se puede lograr que los elementos prefabricados estén listos en la obra en el momento en que se termina la cimentación. El tiempo de montaje, cuando se dispone del equipo adecuado, puede ser cortísimo.

Las instalaciones y acabados pueden iniciarse antes que en las obras convencionales, debiendo en estas últimas, esperar a que se retire la obra falsa y limpiar los escombros y desechos.

La reducción de los tiempos de construcción no sólo supone una disminución en los gastos de administración y supervisión, sino también de los intereses sobre el capital, aunando también a esto un menor riesgo inflacionario.

## DESVENTAJAS:

Las dificultades o desventajas que se presentan en las estructuras prefabricadas son:

a) Necesidad de invertir en equipo especial.

Cualquier sistema de prefabricación requiere de una inversión en equipo especial tal como: plantas de fabricación, equipo de transporte y montaje de los elementos estructurales, los cuales no son necesarios en obras convencionales.

b) Dificultad de diseño de juntas y conexiones.

Este punto es quizá el aspecto más delicado del proyecto de estructuras a base de elementos prefabricados. En obras convencionales, al ser coladas in situ, se logran juntas monolíticas obteniéndose fácilmente la continuidad entre los diferentes elementos estructurales, lo cual es difícil obtener en obras prefabricadas, ya que los elementos se fabrican por separado para después unirlos, como si fuera un gran rompecabezas.

c) Necesidad de una supervisión cuidadosa.

La fabricación, transporte y montaje de los elementos prefabricados, requieren de una supervisión adecuada sobre todo en lo que se refiere a sus dimensiones y construcción de juntas.

Un elemento fuera de las dimensiones especificadas puede quedar inservible.

d) Necesidad de proyectar y programar con detalle.

El éxito de la prefabricación en una obra depende en gran-

parte de que se haya programado en forma correcta. Se necesita prever la colocación de ductos para instalaciones eléctricas sanitarias, etc., o detalles de colocación de accesorios ahogados en los elementos que permitan las conexiones.

Esto implica un mayor costo de estudios, proyectos y planos.

e) Posibles pérdidas de elementos prefabricados.

Desde que termina su fabricación hasta que se coloca en su posición final, cada elemento estructural tiene que -- ser transportado y manejado con gruas, aumentando el riesgo de que sufra alguna rotura.

En resumen se puede decir que una obra prefabricada es costeable cuando su naturaleza permite estandarización razonable de los elementos estructurales que la integran y justifica las inversiones de equipo e instalaciones necesarias.

Cada día aumenta en grado superlativo la utilización de elementos prefabricados, debido a los progresos logrados, por una parte en las soluciones al problema de las juntas y - al "no" monolitismo de los elementos en conjunto; y por otra, al perfeccionamiento de los equipos de transporte y montaje - los cuáles permiten el manejo de elementos de más de 30 toneladas de peso.

### I.3 CONCRETO PRESFORZADO.

Los elementos de concreto presforzado son una rama de la industria de la prefabricación, como se mencionó anteriormente y son objeto de estudio en este trabajo.

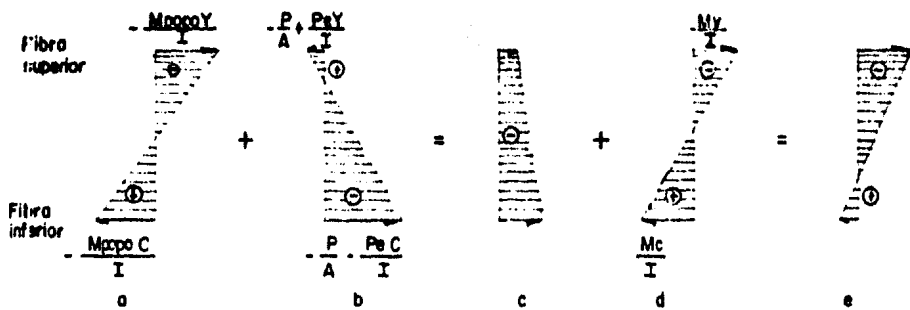
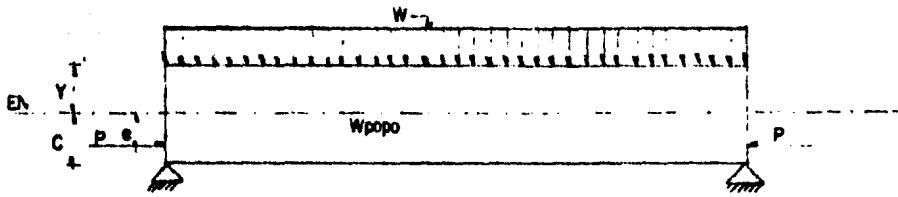
Eugene Freyssinet es considerado como el padre del -- concreto presforzado, pues en 1928 logró la primera patente y publicó su libro "Una Revolución en el Arte de la Construcción", estableciendo la teoría del presfuerzo.

Una definición de Concreto presforzado, dada por el - "Comité de Concreto presforzado del Instituto Americano del Concreto" (A.C.I.), es el siguiente:

"El concreto Presforzado es aquel concreto en el --- cuál se han introducido esfuerzos internos de tal magnitud y distribución, que los esfuerzos resultantes de las cargas externas dadas se equilibran hasta un grado deseado".

Dada la "debilidad" del concreto para soportar tensiones y su gran capacidad ante la compresión, el elemento es -- estructural se somete a esfuerzos de compresión (se precompri-- me) en aquellas zonas donde se desarrollarán esfuerzos de tensión bajo las cargas de trabajo, de ahí el nombre de "pres--- fuerzos" (esfuerzos anteriores y contrarios a los esfuerzos - de trabajo). El concreto reacciona como si tuviese una gran resistencia a la tensión. Mientras no sean excedidos los es-- fuerzos permisibles de tensión para el concreto, debidos a la flexión, el elemento no presentará agrietamiento en su parte inferior.

El Ing. Ben C. Gerwick Jr. lo define de la siguiente manera: "El presforzado consiste en crear un estado de esfuerzos y deformaciones dentro de un material, a fin de mejorar - su comportamiento para satisfacer la función a que está destinado. El método más común para aplicar el presfuerzo es --- crear un esfuerzo de compresión en el concreto con el que se balancean total o parcialmente los esfuerzos de tensión que - surgirán en condiciones de servicio."



- a) Esfuerzos debidos al Peso propio  
 b) Esfuerzos debidos al Presfuerzo  
 c) Esfuerzos debidos al Propio + Presfuerzo (Etapa de Transferencia)  
 d) Esfuerzos debidos a las Cargas  
 e) Esfuerzos finales menores a los esfuerzos permisibles
- ⊖ compresión  
 ⊕ tensión

Fig. 1.1 DISTRIBUCION DE ESFUERZOS

Esta precompresión se logra por medio de alambres redondos estirados en frío, varillas de acero de aleación o cables trenzados llamados torones, los cuales están formados generalmente por 7 o 19 alambres de alta resistencia a la tensión, torcidos en forma de hélice alrededor de un eje longitudinal formado por uno de los alambres. Se fabrican en dos gra-

dos: el grado 250 y grado 270 los cuales tienen una resistencia última mínima de 250 000 y 270000 lb/pulg.<sup>2</sup> (17590 y 19000-kg/cm<sup>2</sup>), en diámetros desde  $\frac{1}{4}$  pulg. hasta 0.60 pulg. las varillas de acero de aleación se consiguen en diámetros que varían de  $\frac{1}{2}$  pulg. hasta 13/8 pulg. y en dos grados: 145 y 150 teniendo resistencias últimas mínimas de 145000 y 150000 lb/pulg.<sup>2</sup> - (10200 y 11260 kg/cm<sup>2</sup>).

El concreto para una obra de presfuerzo deberá cumplir con las normas de calidad establecidas por la A.S.T.M. (American Society of Testing Materials). Las resistencias utilizadas para este efecto son de  $f'c = 300, 350, 400$  y  $450$  kg/cm<sup>2</sup>, siendo la más utilizada de  $f'c = 350$  kg/cm<sup>2</sup>. El uso de concreto de alta resistencia permite la reducción de las dimensiones de la sección de los elementos a un mínimo. Estos se someten a esfuerzos más altos que a un elemento normal, por lo que un aumento en su calidad generalmente conduce a resultados más económicos. El concreto de alta resistencia tiene un módulo de elasticidad más alto que uno de baja resistencia, de tal manera que se reduce cualquier pérdida de la fuerza pretensora debida al acortamiento elástico del concreto. También tiene una mayor resistencia a la tensión, de tal forma que se disminuye la posibilidad de formación de grietas debidas a la flexión.

#### I.4 METODOS DE PRESFORZADO

Aunque se han empleado muchos métodos para producir el estado de precompresión deseado, todos los elementos de concreto presforzado pueden considerarse dentro de una de estas dos categorías: pretensado o postensado.

### I.4.1 PRETENSADO

El pretensado se efectúa "estirando" los cables o torones anclándolos luego en apoyos o "muertos" exteriores que forman parte permanente de las instalaciones de la planta. Con la cimbra en su lugar, el concreto se cuela y se cura de tal modo que alcance una resistencia suficiente a la compresión. Una vez alcanzada dicha resistencia se sueltan los torones de los anclajes, los cuales tienden a acortarse, transfiriendo el "presfuerzo" al concreto por adherencia. El presfuerzo sólo se puede transmitir por medio del acortamiento elástico del concreto.

Este método es utilizado principalmente en plantas de fabricación, en la producción de vigas en gran cantidad. El presfuerzo que se obtiene es lineal por la condición de tensarlo antes de colar, sin embargo, por medio de dispositivos especiales se puede dar una trayectoria a los cables.

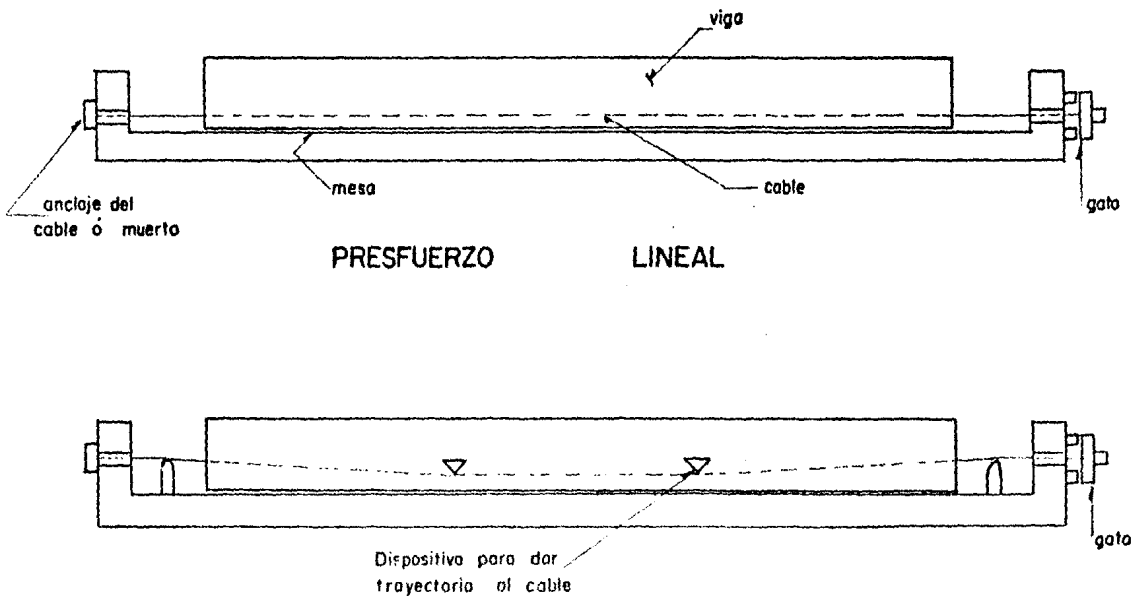


Fig. I.2 PRESFUERZO CON TRAYECTORIA



## I.4.2 POSTENSADO

El postensado es la imposición del presfuerzo al elemento de concreto ya fraguado.

Antes de vaciar el concreto en el molde, se colocan ductos que alojarán a los cables de presfuerzo. Estos ductos generalmente siguen una trayectoria definida según lo requiera el proyecto de la viga, y para evitar desplazamiento accidentales o que el ducto se salga de su posición, éste se amarra al refuerzo auxiliar.

Se introducen los cables en el ducto y se cuela el elemento. Cuando éste ha adquirido la resistencia suficiente y necesaria se tensan los cables con gatos hidráulicos transfiriendo directamente y desde el principio el presfuerzo. Los cables se anclan directamente en la pieza en accesorios previamente colocados y ahogados en el concreto.

Para confinar los tendones o cables en los ductos se inyecta una lechada a presión logrando lo siguiente:

1. Confinar el acero en un medio ambiente alcalino, protegiéndolo contra la corrosión.
2. Llenar el ducto con cemento para que el agua no entre ni se congele dentro del mismo.
3. Asegurar la adherencia necesaria entre los cables y el cemento estructural.
4. Complementar la sección transversal del concreto.

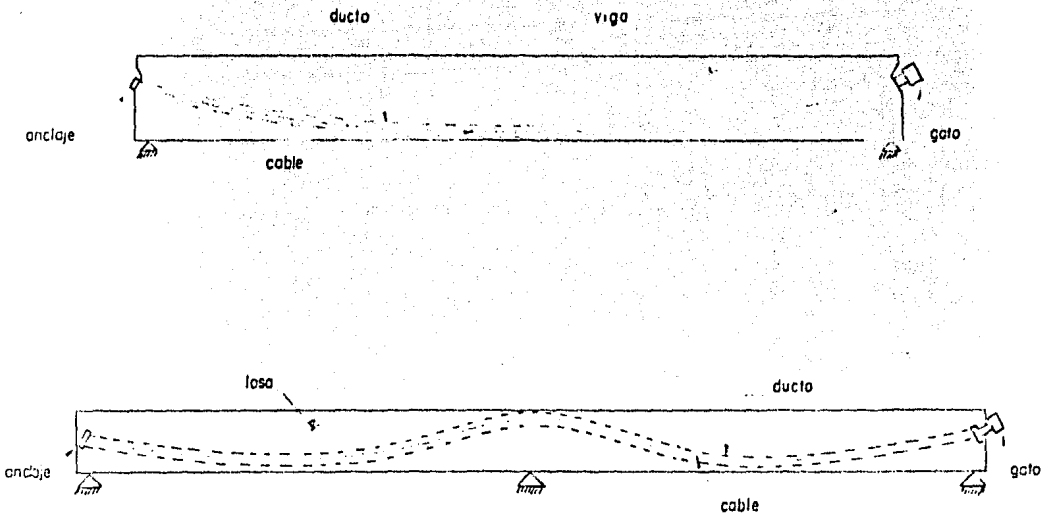


Fig. 1.3 SISTEMA DE POSTENSADO

## I.5 CURADO

Todo tipo de concreto debe ser curado, de tal forma que permita la terminación de las reacciones químicas que producen un concreto resistente y durable. De lo contrario la resistencia puede llegar a reducirse hasta un 50%.

El método de curado más utilizado en elementos prefabricados presforzados es el de curado con vapor. Con la aplicación de este sistema se hace posible la producción de elementos presforzados en forma económica y rápida al permitir la utilización diaria de los moldes.

El ciclo de curado con vapor es el siguiente:

- a) Después del colado se debe esperar de 3 a 4 hrs. hasta que el concreto llegue a su fraguado inicial, protegiéndolo para evitar su secado.
- b) Se inicia un período de calentamiento elevando la temperatura hasta 33° o 35°C. por el lapso de una hora. En las siguientes 2 hrs. se elevará gradualmente hasta llegar a 70° u 80°C.
- c) El proceso de vaporizado durará de 6 a 8 hrs., manteniendo la temperatura a 70 u 80°C.
- d) Seguirá un período de enfriamiento gradual cubriendo al elemento para lograr que éste sea más lento y uniforme.
- e) Finalmente se expondrá a la intemperie, logrando concluir el proceso en aproximadamente 17 hrs. lo cual permite, como se mencionó anteriormente, la utilización del molde a diario.

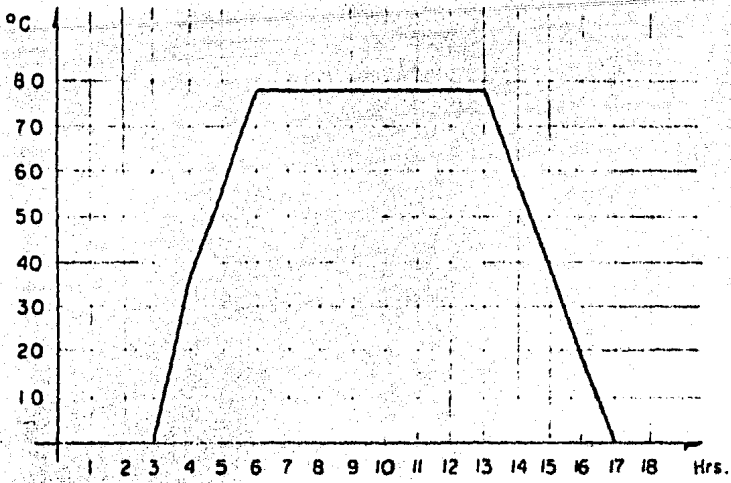


Fig. 4. PROCESO DE CURADO A VAPOR

## **CAPITULO II**

**CARACTERISTICAS GENERALES  
DE LOS CUATRO SISTEMAS DE  
LOSAS ANALIZADAS**

II. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS  
 =====  
 CUATRO SISTEMAS DE LOSAS ANALIZADAS,  
 =====

II.1. INTRODUCCION

Una estructura se compone principalmente de cimentación, columnas, trabes portantes, trabes de rigidez y losas. Cada uno de estos elementos varían en forma y dimensiones de acuerdo con el proyecto de que se trate. Estructuralmente se busca que éstos cumplan con los requisitos de resistencia y seguridad, para lo cual existen reglamentos de construcción en los que se indican las cargas y los criterios de diseño según el destino o uso que se le dé al sistema de piso.

Por otra parte, desde el punto de vista arquitectónico, se buscan superficies lisas, limpias, elementos acústicos, esbeltos y con apariencia agradable para dejarlos expuestos sin ningún material de recubrimiento cuando ésto sea posible.

El presente trabajo se referirá, como se expuso anteriormente, a los sistemas de losas prefabricadas y presforzadas para entrepiso y azotea, para los cuales las características deseables son las siguientes:

1. Integridad estructural ante las cargas de servicio con factores de carga adecuados contra la falla última.
2. Mínimo costo de inversión y mantenimiento.

3. Adaptabilidad a claros cortos y largos con una mínima modificación a los medios de fabricación.
4. Minimización del peralte total de construcción.
5. Facilidad para abrir ductos y huecos de varios tamaños para alojar elevadores, escaleras, bajadas de agua, domos, etc.
6. Gran rigidez (deflexiones y contraflechas pequeñas).
7. Superficies limpias y lisas para que pueda dejarse expuesta.
8. Estabilidad de los elementos durante su fabricación, transporte y montaje.
9. Alta resistencia al fuego.
10. Buenas cualidades térmicas y acústicas.
11. Reducción de trabajos adicionales durante o después del montaje.
12. Minimización del tiempo de montaje.

Debe recalcar la importancia de cada una de las características anteriores dependiendo del tipo de proyecto de que se trate.

Actualmente existe una gran variedad de elementos prefabricados y presforzados para losas de entrepiso que re --

suelven casi cualquier problema de peralte, longitud y sobre carga, siendo algunos de ellos las VIGUETAS Y BOVEDILLAS, LOSAS EXTRUIDAS, LOSAS DOBLE T y VIGAS T, las cuales se analizarán en el presente trabajo por ser las más utilizadas en México.

## II.2 SECCION COMPUESTA

El término de sección compuesta, dentro del concreto presforzado, se aplica a la construcción en la cual un elemento de concreto precolado actúa en combinación con concreto colado posteriormente en sitio. En tales casos se utiliza una capa delgada (4, 5 ó 7 cm.) de concreto reforzado con malla electrosoldada. La losa colada en sitio, comúnmente llamada "firme", proporciona una superficie lisa dando rigidez reforzando a la unidad precolada.

Algunos tipos de secciones compuestas se muestran en la figura 2.1. En cada caso, la parte sin ashurar muestra la sección precolada y la parte ashurada muestra el firme.

La finalidad fundamental que se persigue con el firme es mejorar la conexión y rigidez del sistema de entrepiso, bajo la acción de fuerzas horizontales así como la de aumentar su capacidad de carga al incrementarse el Momento de Inercia del elemento.



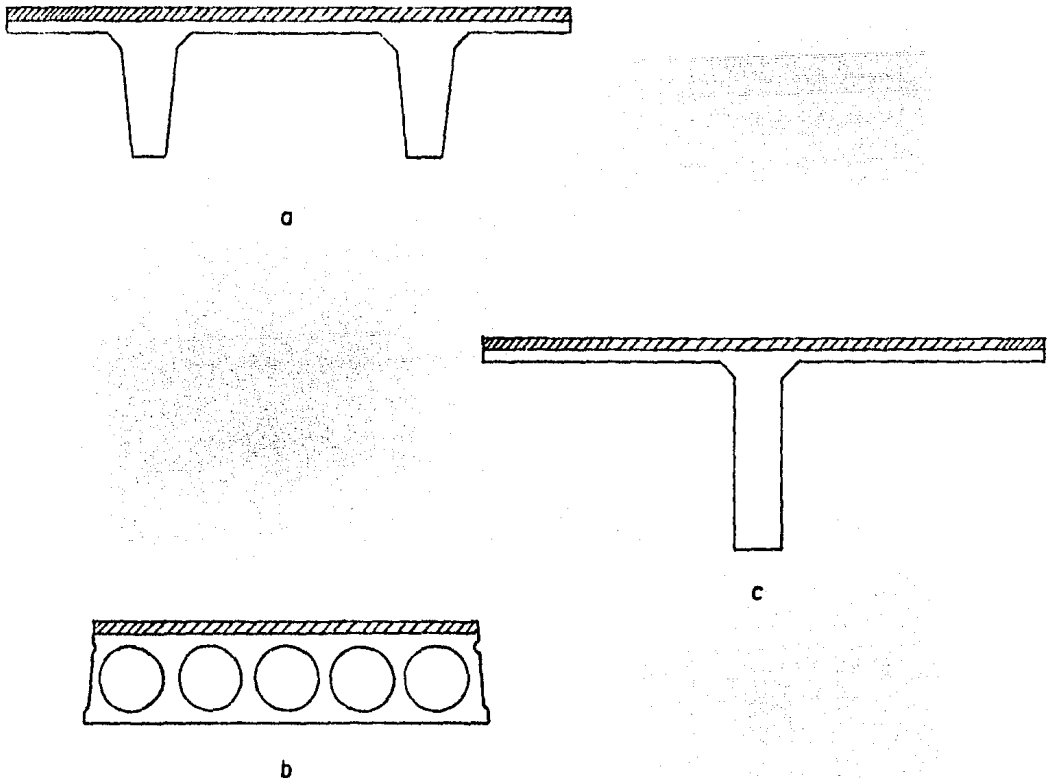


Fig.2.1. Secciones de vigas compuestas: a) Losa Doble TT; -- b) Losa Extruída c) Viga T sencilla.

Es esencial para la sección compuesta que exista una buena adherencia entre el colado in situ y el elemento precolado. El cortante horizontal produce una tendencia al deslizamiento en el plano que separa a las dos partes. Una considerable resistencia a dicho deslizamiento la proporciona la adhesión y fricción entre los dos concretos. Por lo general, para tal efecto, se deja rugosa la superficie superior del elemento precolado; así mismo, en muchas trabes, para sobrecargas muy grandes o superficies de contacto pequeñas, el refuerzo del al

ma de la trabe se prolonga hacia arriba dentro del firme. En algunas ocasiones, cuando el diseño lo requiere, se pone un refuerzo adicional que proporcione el anclaje necesario para resistir el deslizamiento y asegurar el desarrollo de una resistencia friccionante máxima.

En la mayoría de los casos, la calidad obtenida para el concreto precolado es superior a la del firme que en conjunto forman la sección compuesta. Generalmente el concreto de los elementos precolados presforzados tienen resistencias de 350 a 400  $\text{kg/cm}^2$ , por el contrario, la resistencia del firme varía entre 250 y 300  $\text{kg/cm}^2$ . Tales diferencias se toman en cuenta en la obtención de las características geométricas de la sección.

### II.2.1. ESTADOS DE CARGA

Un elemento compuesto debe tener un comportamiento satisfactorio bajo diferentes etapas de cargas o combinaciones de cargas que pueden actuar durante su vida útil. Los estados de carga que deben considerarse en el análisis y diseño de secciones compuestas son los siguientes:

1. Presfuerzo inicial inmediatamente después de la transferencia.
2. Presfuerzo inicial más el peso propio del elemento precolado.
3. Presfuerzo efectivo después de las pérdidas más el peso propio del elemento.

4. Presfuerzo efectivo más todas las cargas muertas de de la sección no compuesta incluyendo el peso propio del concreto húmedo del firme.
5. Presfuerzo efectivo más las cargas muertas y vivas de servicio considerando la sección compuesta.

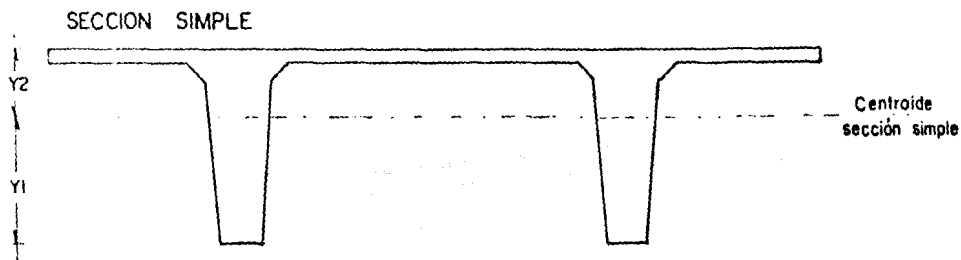
Las cargas aplicadas antes de que frague el concreto - del firme producen esfuerzos asociados con la flexión de la - sección simple alrededor de su eje centroidal. Las cargas después de que endurece el firme producen esfuerzos alrededor del centroide del miembro compuesto.

En algunos casos resulta económico soportar todas las cargas sobrepuestas mediante la sección compuesta. Esto se puede lograr mediante el apuntalamiento adecuado temporal del elemento precolado hasta que el firme adquiera su resistencia. Al remover los puntales, tanto el peso propio del firme como las demás cargas subsecuentes actuarán sobre la sección compuesta.

## II.2.2. PROPIEDADES DE LA SECCION

Cuando se calculan esfuerzos en secciones compuestas es necesario diferenciar las cargas que actúan solamente en la sección simple de las que actúan después de fraguado el firme, donde se desarrolla la totalidad de la acción compuesta. Lógicamente en cada caso los esfuerzos se desarrollan alrededor de un centroide diferente, debiéndose emplear dos juegos separados de propiedades geométricas de sección.

La notación que se empleará para nombrar a las diferentes características geométricas tanto de la sección simple co-

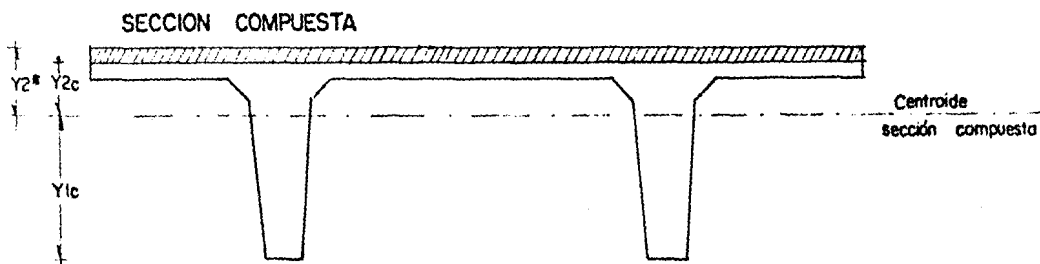


$A$  = área del concreto

$I$  = Momento de Inercia

$Y_1$  = Distancia del centroide de la sección a la fibra inferior

$Y_2$  = Distancia del centroide de la sección a la fibra superior



$A_c$  = área del concreto sec. compuesta

$I_c$  = Momento de Inercia sec. compuesta

$Y_{1c}$  = Distancia del centroide de la sección compuesta a la fibra inferior del elemento

$Y_{2c}$  = Distancia del centroide de la sección compuesta a la fibra superior del elemento

$Y_{2^*}$  = Distancia del centroide de la sección compuesta a la fibra superior del firme

Fig. 2.2 PROPIEDADES GEOMETRICAS SECC. SIMPLE Y SECC. COMPUESTA

mo de la compuesta se establecerá tomando como referencia la figura 2.2. la cual muestra a una losa Doble T. En la sección simple las propiedades geométricas no llevarán ningún subíndice, por el contrario, las propiedades de la sección compuesta tendrán el subíndice "c".

Como se señaló anteriormente, existe una diferencia de resistencia entre los concretos de la sección simple y del firme colado in situ. Para que se pueda tener una sección compuesta homogénea se debe de obtener el ancho efectivo del firme, para lo cual se multiplica por la relación de módulos de elasticidad de ambos concretos. Una simplificación de esta relación es  $\sqrt{f'c_f} / \sqrt{f'c_s}$  donde  $f'c_f$  es la resistencia del concreto del firme y  $f'c_s$  es la resistencia del concreto de la sección simple. De esta forma se obtendrá la sección transformada la cual se tomará para la obtención de las propiedades geométricas de la sección compuesta.

Los elementos que se analizarán en el presente trabajo tendrán en su sección simple concreto con resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  y firme colado en el lugar de 5 cm. de espesor de concreto con resistencia de  $250 \text{ kg/cm}^2$ .

### II.3. VIGUETA Y BOVEDILLA

Este tipo de losa está formada conjuntamente por dos elementos diferentes: la vigueta y la bovedilla. La vigueta es un elemento estructural de concreto presforzado --pretensado que asociada con la bovedilla forman una losa prefabricada muy ligera que comunmente es utilizada en sistemas-

de entrepiso y azotea.

Para la fabricación de la vigueta se utilizan moldes metálicos y concretos de alta resistencia, así como alambres de presfuerzo de 2 a 7 mm. de diámetro. La bovedilla se fabrica con materiales ligeros que pueden ser tepetate vibrocomprimido ó poliuretano la cual sirve de cimbra para el concreto colado in situ. Dependiendo del claro que se tenga y de la sobrecarga, se pueden dar diferentes separaciones a las viguetas, - por lo tanto las bovedillas se fabrican en dimensiones tales - que cubran dicha separación y proporcionen el peralte necesario a la losa.

Para completar la losa de entrepiso prefabricada, necesariamente debe de colarse un firme armado convenientemente, - el cual formará una sección compuesta con la vigueta en forma de T, donde el ancho efectivo del firme se obtiene de acuerdo a los reglamentos en vigencia. Generalmente dicho firme es de 4 cm. de espesor.

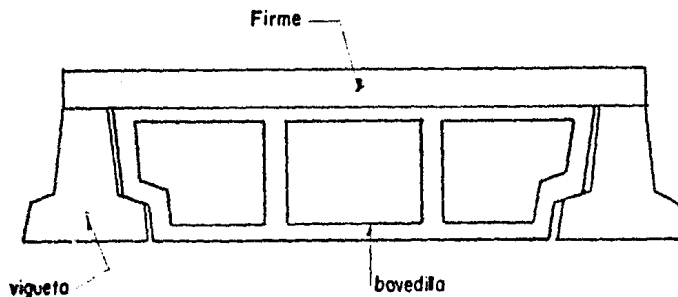
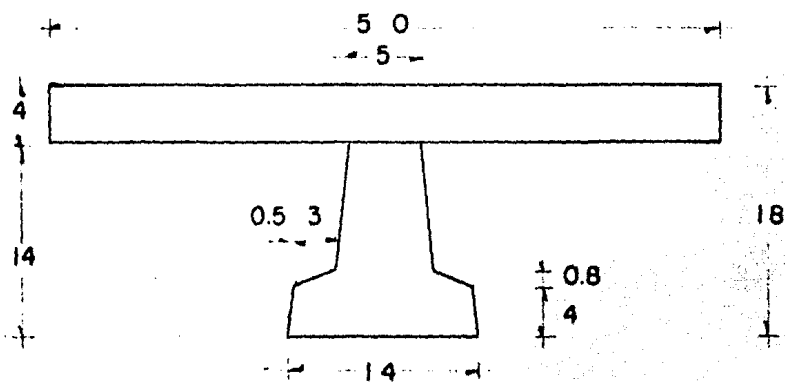


fig.2.3 VIGUETA Y BOVEDILLA

En la figura 23 se muestra la sección de una losa formada por viguetas y bovedillas. Las separaciones entre viguetas que se tomarán para su análisis serán de 50,60,70,y 80 cm. con un peralte de 14 cm. El firme colado in situ será de 4 cm. de espesor, por lo que se tendrá una losa de 18 cm. de espesor total.

### II.3.1 VIGUETA Y BOVEDILLA 50cm. DE SEPARACION.



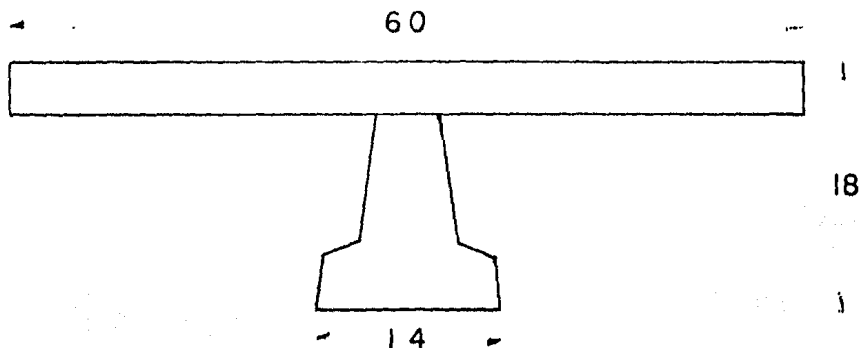
#### SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 117.20 \text{ cm}^2 \\
 I &= 1872.52 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 5.51 \text{ cm} \\
 Y2 &= 8.49 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 286.23 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 9707.13 \text{ cm}^4 \\
 Y1_c &= 11.71 \text{ cm} \\
 Y2_c &= 2.29 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 6.29 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### II.3.2 VIGUETA Y BOVEDILLA 60cm. DE SEPARACION.



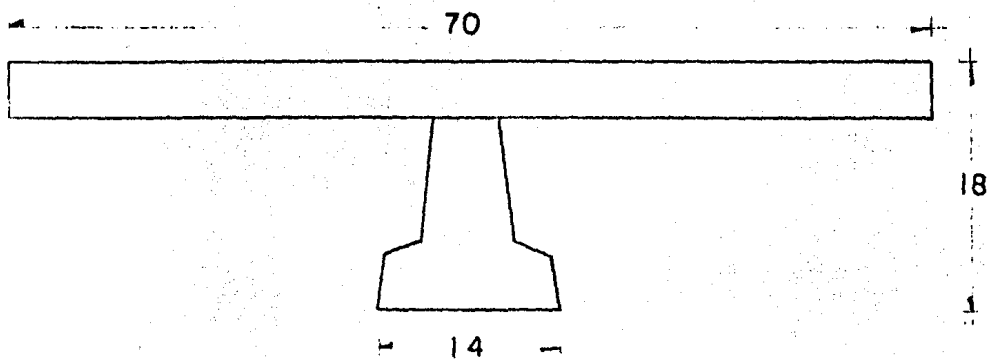
#### SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 117.20 \text{ cm}^2 \\
 I &= 1872.52 \text{ cm}^4 \\
 Y_1 &= 5.51 \text{ cm} \\
 Y_2 &= 8.49 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 320.04 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 10309.52 \text{ cm}^4 \\
 Y_{1c} &= 12.16 \text{ cm} \\
 Y_{2c} &= 1.84 \text{ cm} \\
 Y_{2^*} &= 5.84 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### II.3.3 VIGUETA Y BOVEDILLA 70cm. DE SEPARACION.





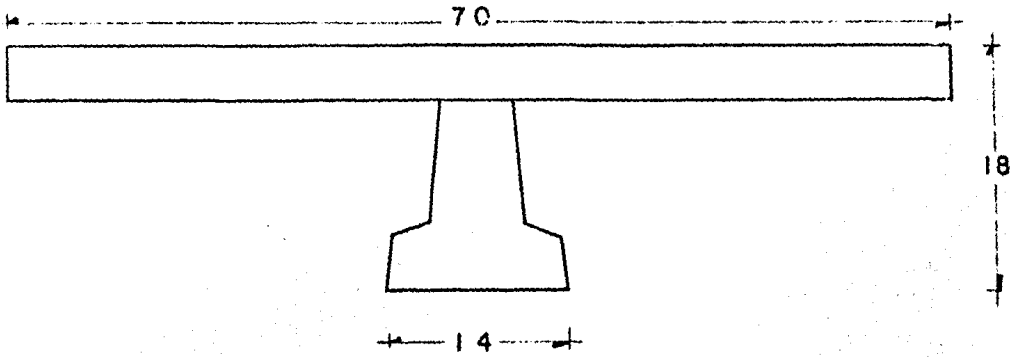
## SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 117.20 \text{ cm}^2 \\
 I &= 1872.52 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 5.51 \text{ cm} \\
 Y2 &= 8.49 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 353.84 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 10805.41 \text{ cm}^4 \\
 Y1c &= 12.53 \text{ cm} \\
 Y2c &= 1.47 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 5.47 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## II.3.4 VIGUETA Y BOVEDILLA 80cm. DE SEPARACION



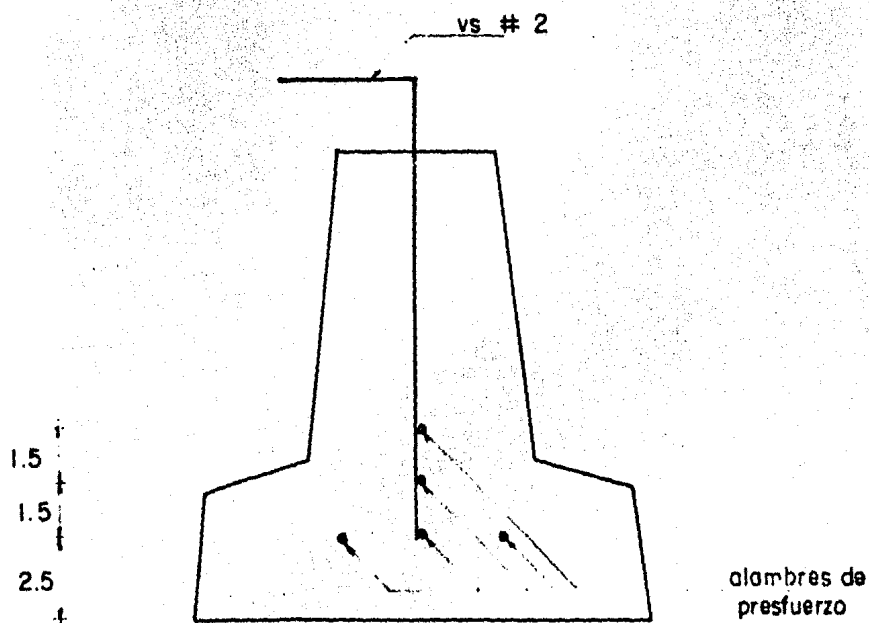
## SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 117.20 \text{ cm}^2 \\
 I &= 1872.52 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 5.51 \text{ cm} \\
 Y2 &= 8.49 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 353.84 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 10805.41 \text{ cm}^4 \\
 Y1c &= 12.53 \text{ cm} \\
 Y2c &= 1.47 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 5.47 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

# VIGUETA Y BOVEDILLA



ARMADO TIPO DE  
VIGUETA

## II.4 LOSA EXTRUIDA

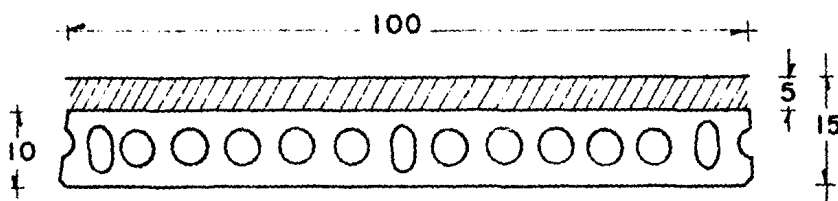
El uso de losas extruídas se ha incrementado grandemente debido a sus múltiples ventajas, entre las cuales resaltan su ligereza en comparación con losas macizas y su fácil fabricación.

Una losa extruída es una placa de concreto presforzado prefabricado en planta mediante el proceso de extrusión y compactación. Este procedimiento de fabricación es sencillo pero requiere de instalaciones y maquinaria especiales, lo cual limita a que sea únicamente en planta.

El vaciado del concreto se hace sobre una cama o mesa de acero de ancho constante y gran longitud (entre 100 y 150m) sobre la cual se tienen los cables de presfuerzo tensados con gatos hidráulicos y anclados en los "muertos" de la instalación. Los "muertos" son parte de las instalaciones de una planta de presforzados en los que se anclan los cables del pretensado y tienen que resistir la fuerza pretensora hasta que son soltados. El colado de la losa se realiza a través de una máquina llamada extrusora, la cual avanza empujándose del concreto ya colado, por lo que éste tiene que ser un concreto de bajo revenimiento. La máquina forma la sección de la losa, dejando a lo largo los huecos característicos de este tipo de losas. Las losas se cuegan en forma continua a lo largo de toda la mesa por lo que se tiene una gran losa de toda la longitud de la mesa. Una vez curado el concreto y que éste haya adquirido la resistencia necesaria para la transferencia del presfuerzo, se sueltan los cables y con una sierra especial se cortan las losas a la longitud deseada.

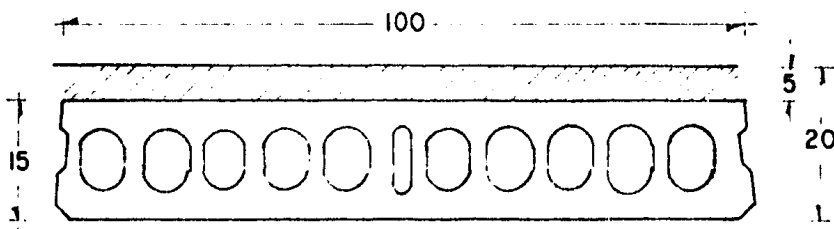
A continuación se muestran las secciones y características geométricas de cada una de las losas extruídas que se analizarán en el presente trabajo.

#### II.4.1 LOSA EXTRUIDA 10cm. DE PERALTE



SECCION SIMPLE	SECCION COMPUESTA
$A = 805.00 \text{ cm}^2$	$A_c = 1227.57 \text{ cm}^2$
$I = 8128.00 \text{ cm}^4$	$I_c = 24595.84 \text{ cm}^4$
$Y_1 = 5.00 \text{ cm}$	$Y_{1c} = 7.58 \text{ cm}$
$Y_2 = 5.00 \text{ cm}$	$Y_{2c} = 2.42 \text{ cm}$
	$Y_{2^*} = 7.42 \text{ cm}$

## II.4.2 LOSA EXTRUIDA 15cm DE PERALTE.



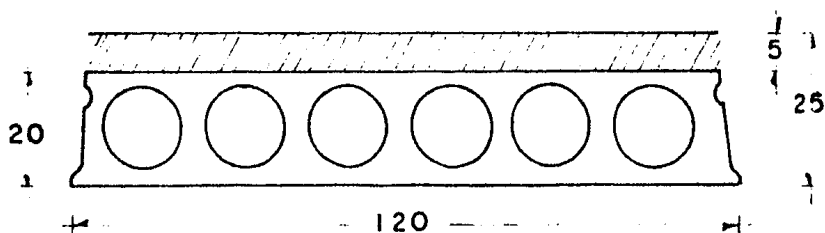
## SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 956.00 \text{ cm}^2 \\
 I &= 26000.00 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 7.50 \text{ cm} \\
 Y2 &= 7.50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 1378.58 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 56184.80 \text{ cm}^4 \\
 Y1c &= 10.57 \text{ cm} \\
 Y2c &= 4.43 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 9.43 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## II.4.3 LOSA EXTRUIDA 20cm DE PERALTE.



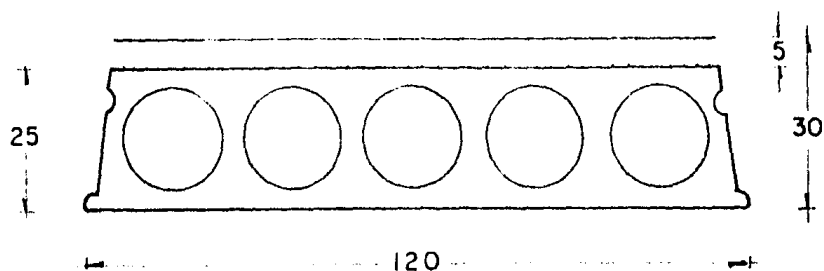
## SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 1306.00 \text{ cm}^2 \\
 I &= 64112.00 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 10.00 \text{ cm} \\
 Y2 &= 10.00 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 1813.00 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 122241.43 \text{ cm}^4 \\
 Y1c &= 13.50 \text{ cm} \\
 Y2c &= 6.50 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 11.50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## II.4.4 LOSA EXTRUIDA 25cm. DE PERALTE



SECCION SIMPLE	SECCION COMPUESTA
$A = 1575.00 \text{ cm}^2$	$A_c = 2082.00 \text{ cm}^2$
$I = 123927.00 \text{ cm}^4$	$I_c = 211291.30 \text{ cm}^4$
$Y_1 = 12.50 \text{ cm}$	$Y_{1c} = 16.15 \text{ cm}$
$Y_2 = 12.50 \text{ cm}$	$Y_{2c} = 8.85 \text{ cm}$
	$Y_{2^*} = 13.85 \text{ cm}$

## II.4.5 USOS

Debido a sus características geométricas, en las losas extruidas, generalmente es posible aprovechar los huecos para el cableado de instalaciones eléctricas, de comunicación, instalaciones hidráulicas, térmicas, etc.; logrando un proyecto más funcional. Aún cuando no es necesario debido al acabado liso de la losa, también es posible la colocación de falsos plafones.

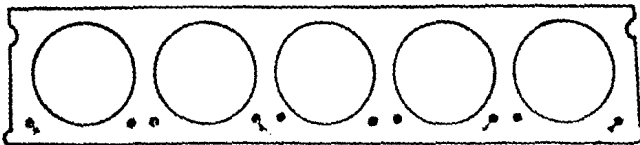
Otros usos que se le han dado a este tipo de elementos es en bardas, cercas, muros, fachadas, etc.

# LOSA EXTRUIDA



CABLES DE PRESFUERZO

## ARMADO TIPO



CABLES DE PRESFUERZO

## ARMADO TIPO

## II.5. LOSA DOBLE 'TT'

Las losas DOBLE TT, como su nombre lo indica, tienen una sección transversal semejante a dos T's, unidas por la parte superior.

Este tipo de losa se utiliza tanto para entrepisos como para cubiertas. Cuando se utiliza para entrepisos suele ponerse un firme de 5 cm. de concreto armado, el cual se diseña para que trabaje en conjunto con la sección precolada. Otra función del firme es cubrir todas las irregularidades de la parte superior de la losa, dejando una superficie lisa y lista para recibir cualquier acabado de piso que se desee.

Por otro lado, cuando se utiliza en cubiertas no es necesario colocar dicho firme pudiendo colocar directamente los acabados de cubierta como enladrillados, impermeabilizantes, etc.

El presfuerzo se aloja en la parte inferior de los nervios o almas de la losa, distribuyéndolo de tal manera que cada alma tenga la misma fuerza presforzante para evitar que la pieza sufra torsiones.

Estas dos almas hacen de la DOBLE TT una losa muy estable puede colocarse en su sitio sin la necesidad de soportes para sostenerla. Además se tiene una gran capacidad para resistir fuerza cortante, pues se cuenta con dos almas que se pueden reforzar adecuadamente para tal efecto.

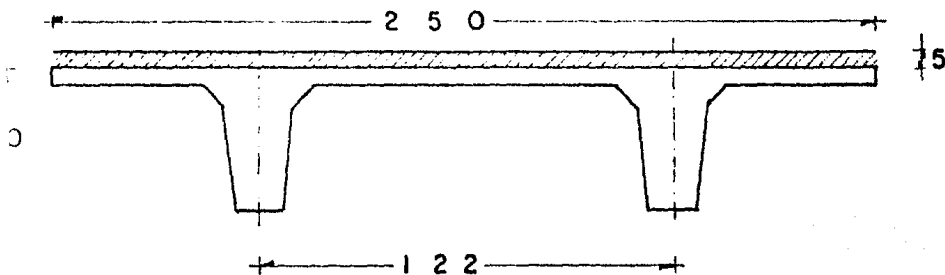


Las losas DOBLE TT se fabrican en planta en moldes de 60 a 100 m. de longitud mediante el sistema de pretensado anclando los cables en los "muertos" de la instalación. También existen moldes llamados autotensables donde los cables se anclan al mismo molde el cual es capaz de resistir la fuerza -- pretensora que se origina antes de la transferencia, haciéndolo los propios para la prefabricación a pie de obra.

Debido a las características de los moldes, su ancho puede hacerse variar, lo cual hace que el tiempo de montaje - de estas piezas sea relativamente menor pues con menos piezas se cubre la misma superficie que con otro tipo de elementos.

Las características geométricas de las secciones típicas de losas DOBLE TT, las cuales se analizarán mas adelante, se presentan a continuación.

### II.5.1 LOSA DOBLE TT 40cm. DE PERALTE.



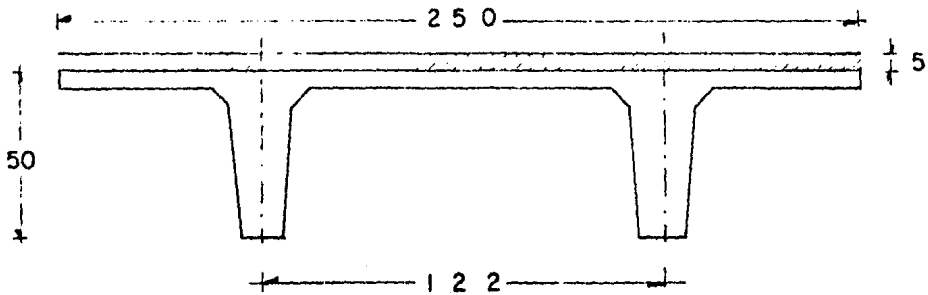
## SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 2919.45 \text{ cm}^2 \\
 I &= 426578.84 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 26.93 \text{ cm} \\
 Y2 &= 13.07 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 3975.89 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 616808.61 \text{ cm}^4 \\
 Y1_c &= 31.07 \text{ cm} \\
 Y2_c &= 8.93 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 13.93 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## II.5.2 LOSA DOBLE TT 50cm. DE PERALTE



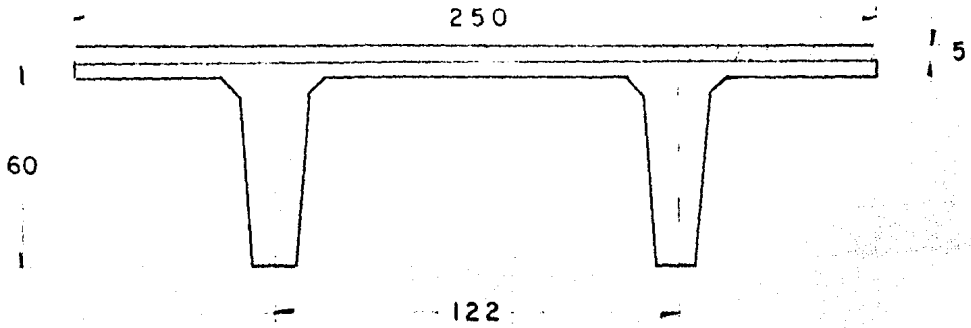
## SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 3326.50 \text{ cm}^2 \\
 I &= 785455.61 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 33.10 \text{ cm} \\
 Y2 &= 16.90 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 4382.94 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 1089525.08 \text{ cm}^4 \\
 Y1_c &= 37.77 \text{ cm} \\
 Y2_c &= 12.23 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 17.23 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## II.5.3 LOSA DOBLE TT 60cm. DE PERALTE



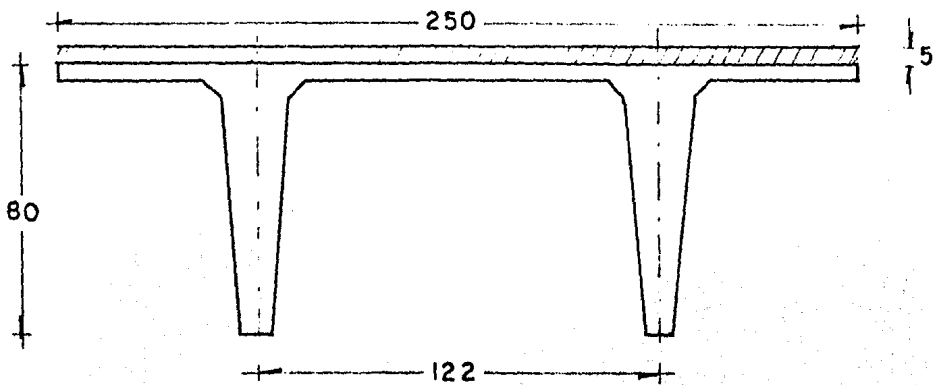
## SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 3692.94 \text{ cm}^2 \\
 I &= 1267975.50 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 39.31 \text{ cm} \\
 Y2 &= 20.69 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 4749.37 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 1711920.54 \text{ cm}^4 \\
 Y1c &= 44.47 \text{ cm} \\
 Y2c &= 15.53 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 20.53 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## II.5.4 LOSA DOBLE TT 80cm. DE PERALTE



## SECCION SIMPLE

$$A = 4347.88 \text{ cm}^2$$

$$I = 2633609.52 \text{ cm}^4$$

$$Y1 = 51.90 \text{ cm}$$

$$Y2 = 28.10 \text{ cm}$$

## SECCION COMPUESTA

$$A_c = 5404.32 \text{ cm}^2$$

$$I_c = 3431828.84 \text{ cm}^4$$

$$Y1c = 57.88 \text{ cm}$$

$$Y2c = 22.12 \text{ cm}$$

$$Y2^* = 27.12 \text{ cm}$$

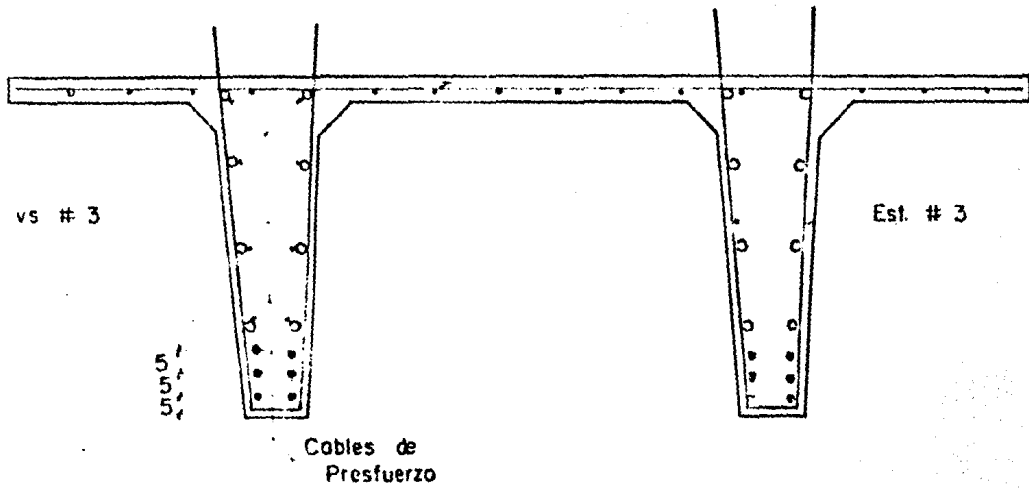
## II.5.5. USOS

Las losas DOBLE TT generalmente se usan para sistemas de entrepiso o cubiertas, aunque actualmente se han utilizado como muros de fachada o muros de carga en edificios no muy altos.

Una variante de esta losa es la llamada TTV ó STT, la cual tiene una sección igual a la doble TT pero el peralte varía a lo largo del claro quedando ésta a dos aguas, siendo utilizada exclusivamente en cubiertas.

# LOSA DOBLE T

Malla 6x6 - 6/6



ARMADO TIPO

## II.6. VIGAS 'T'

Las vigas 'T' fueron ideadas por el profesor T.Y. Lin como consecuencia de la tendencia a utilizar elementos que cubrieran claros cada vez más grandes. Para tal propósito se estudió el diseño de un elemento estructural que tuviera el máximo aprovechamiento a compresión de un patín superior, permitiendo así aumentar su capacidad de carga en grandes claros.- Así fué como se ideó la sección de la viga T.

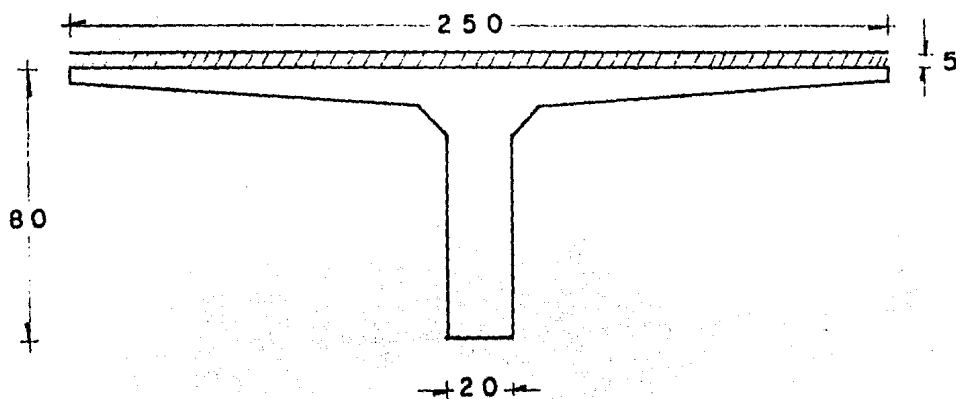
Por sus características geométricas, la viga T es un elemento muy inestable, por lo que es necesario que tenga algún tipo de soporte temporal para evitar que se voltee, hasta que quede totalmente incorporada a la estructura.

Para la conexión transversal, se incorporan placas de acero estructural en su patín superior, durante la fabricación, en posición tal que una vez montadas las vigas T puedan unirse entre sí mediante conectores soldados a las placas. En algunos casos también se cuelan "diafragmas" entre las almas de las vigas para dar mayor rigidez transversal a la estructura.

Su fabricación puede ser tanto en planta como a pie de obra. Cuando se fabrican a pie de obra se necesita de un espacio libre lo bastante amplio para la colocación del o los moldes y de todas las instalaciones propias para la fabricación, así como para las maniobras y almacenaje de las piezas.

Cuando se requieren longitudes mayores o sobrecargas elevadas, se pueden fabricar a pie de obra con una sección más robusta pretensada y después postensarla.

### II.6.1 VIGA T 80cm. DE PERALTE



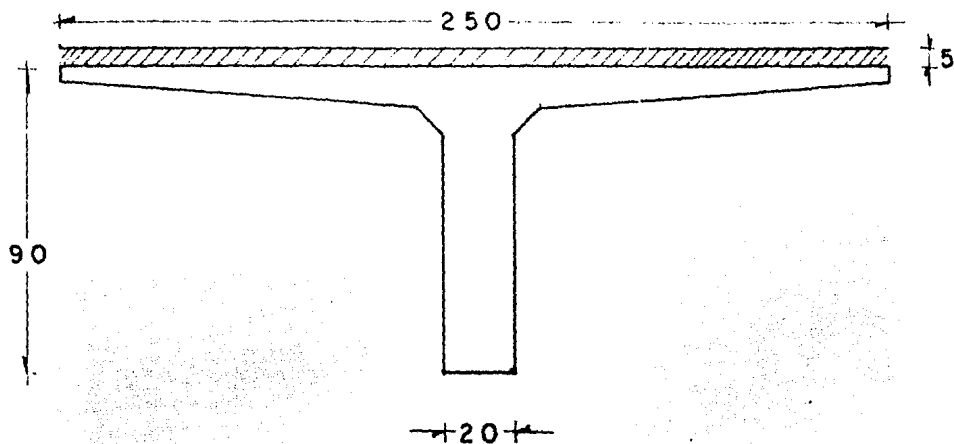
#### SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 3798.00 \text{ cm}^2 \\
 I &= 1998731.74 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 60.10 \text{ cm} \\
 Y2 &= 19.90 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 4854.44 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 2415773.47 \text{ cm}^4 \\
 Y1_c &= 64.97 \text{ cm} \\
 Y2_c &= 15.03 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 20.03 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## II.6.2 VIGA T 90cm. DE PERALTE



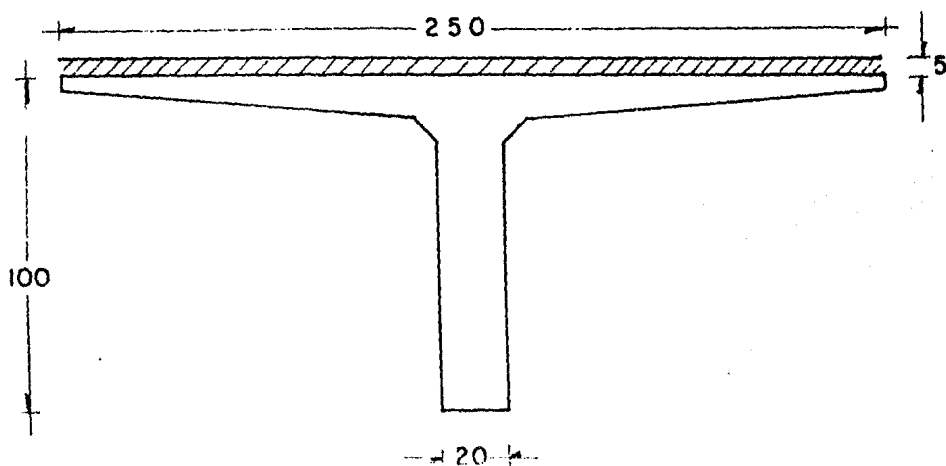
## SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 3998.00 \text{ cm}^2 \\
 I &= 2805520.08 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 66.84 \text{ cm} \\
 Y2 &= 23.16 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 5054.44 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 3357916.97 \text{ cm}^4 \\
 Y1c &= 72.20 \text{ cm} \\
 Y2c &= 17.80 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 22.80 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## II.6.3 VIGA T 100cm. DE PERALTE





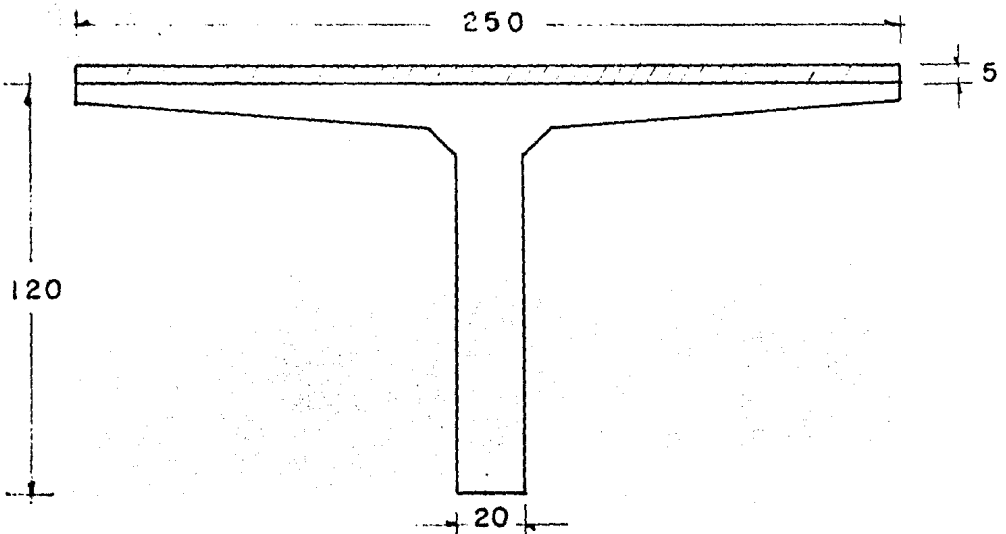
## SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 4198.00 \text{ cm}^2 \\
 I &= 3790217.43 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 73.42 \text{ cm} \\
 Y2 &= 26.58 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 5254.44 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 4506286.66 \text{ cm}^4 \\
 Y1_c &= 79.26 \text{ cm} \\
 Y2_c &= 20.74 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 25.74 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## II.6.4 VIGA T 120cm. DE PERALTE



## SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned}
 A &= 4598.00 \text{ cm}^2 \\
 I &= 6344817.68 \text{ cm}^4 \\
 Y1 &= 86.16 \text{ cm} \\
 Y2 &= 33.84 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

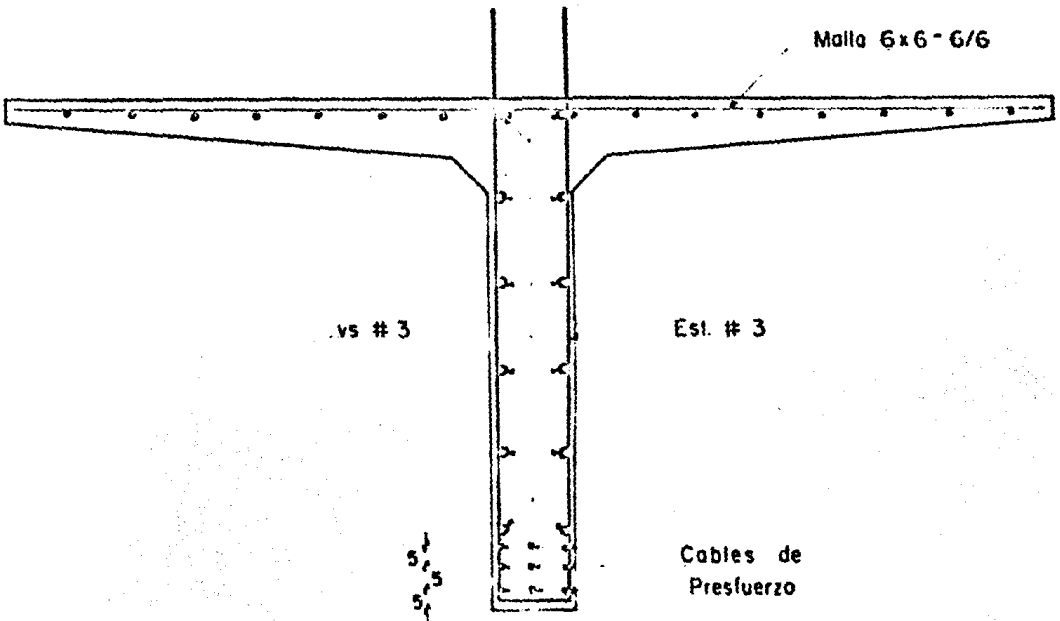
## SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned}
 A_c &= 5654.44 \text{ cm}^2 \\
 I_c &= 7481439.63 \text{ cm}^4 \\
 Y1_c &= 92.95 \text{ cm} \\
 Y2_c &= 27.05 \text{ cm} \\
 Y2^* &= 32.05 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### II.6.5 USOS

Este tipo de elementos se emplea principalmente en losas de cubierta y sistemas de entrepiso de medianos y grandes claros tales como en estacionamientos vehiculares, fábricas, escuelas, almacenes, gimnasios, etc. También se ha utilizado como muros de carga y en fachadas así como en superestructuras de puentes peatonales y vehiculares.

# VIGA T



## ARMADO TIPO

CAPITULO III

D I S E N O

### III. DISEÑO =====

#### III.1 INTRODUCCION

Cuando un elemento se analiza por flexión, las dimensiones del concreto y del acero, así como la magnitud y línea de acción de la fuerza de presfuerzo son generalmente conocidas. Tal es el caso que nos ocupa. Si se dan las cargas es posible calcular los esfuerzos resultantes y compararlos con los respectivos esfuerzos permisibles. De esta manera se pueden calcular las máximas cargas que un elemento puede resistir sin exceder dichos esfuerzos permisibles. Por otro lado, para resistencias conocidas de los materiales, se pueden calcular la capacidad última del elemento y obtener el factor de seguridad.

#### III.2. NOTACION

La notación que se empleará en este trabajo es la que se enlista a continuación:

- A - área de concreto de la sección transversal en sección simple (cm<sup>2</sup>)
- Ac - área de concreto de la sección compuesta. (cm<sup>2</sup>)
- Aps - área de refuerzo presforzado en la zona en tensión (cm<sup>2</sup>)
- a - profundidad del bloque rectangular de esfuerzos --

- equivalentes de compresión (cm)
- $b$  - ancho de la cara en compresión (cm)
- $C$  - fuerza de compresión (Kg)
- $d$  - distancia de la fibra extrema en compresión al centroide del presfuerzo o centroide combinado cuando se incluya refuerzo de tensión no presforzado (cm)
- $e$  - excentricidad del presfuerzo medida hacia abajo desde el centroide de la sección simple (cm)
- $e_c$  - excentricidad del presfuerzo medida hacia abajo desde el centroide de la sección compuesta (cm)
- $f_1$  - esfuerzo en el concreto en la fibra extrema inferior del elemento de la sección simple (Kg/cm<sup>2</sup>)
- $f_2$  - esfuerzo en el concreto en la fibra extrema superior del elemento de la sección simple (Kg/cm<sup>2</sup>)
- $f_{1c}$  - esfuerzo en el concreto en la fibra extrema inferior del elemento de la sección compuesta (kg/cm<sup>2</sup>)
- $f_{2c}$  - esfuerzo en el concreto en la fibra superior del elemento precolado en la sección compuesta (Kg/cm<sup>2</sup>)
- $f_{2*}$  - Esfuerzo en el concreto en la fibra extrema superior del firme en la sección compuesta (Kg/cm<sup>2</sup>)
- $f'_c$  - resistencia especificada a la compresión del concreto (Kg/cm<sup>2</sup>)

- $f'c_i$  - resistencia a la compresión del concreto al momento de la transferencia del presfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>).
- $f_{ps}$  - esfuerzo en el refuerzo presforzado a la resistencia nominal (kg/cm<sup>2</sup>).
- $f_{pu}$  - resistencia especificada a la tensión de los cables de presfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>).
- $f_{py}$  - resistencia especificada a la fluencia de los cables de presfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>).
- $f_{se}$  - esfuerzo efectivo en el refuerzo presforzado, después que han ocurrido todas las pérdidas de presfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>).
- $f_y$  - resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no presforzado (kg/cm<sup>2</sup>).
- $I$  - momento de inercia de la sección transversal del elemento en sección simple (cm<sup>4</sup>).
- $I_c$  - momento de inercia de la sección transversal del elemento en sección compuesta (cm<sup>4</sup>).
- $M_f$  - momento flexionante debido al peso del firme (kg-m)
- $M_o$  - momento flexionante debido al peso propio del elemento (kg-m).
- $M_{cm}$  - momento flexionante debido a las cargas muertas -- sobrepuestas (kg-m).
- $M_{cv}$  - momento flexionante debido a las cargas vivas sobrepuestas (kg-m).

- $M_r$  - momento flexionante resistente del elemento (kg-m)  
 $M_u$  - momento flexionante último que actúa sobre el elemento (kg-m).  
 $P_i$  - fuerza inicial de presfuerzo en el extremo del gato (kg).  
 $P_e$  - fuerza efectiva del presfuerzo después de que han ocurrido las pérdidas de presfuerzo (kg).  
 $P_p$  - porcentaje de refuerzo presforzado.  
 $T$  - fuerza de tensión total (kg).  
 $Y_1$  - distancia medida del centroide de la sección simple a la fibra inferior (cm).  
 $Y_2$  - distancia medida del centroide de la sección simple a la fibra extrema superior (cm).  
 $Y_{1c}$  - distancia medida del centroide de la sección compuesta a la fibra extrema inferior (cm).  
 $Y_{2c}$  - distancia medida del centroide de la sección compuesta a la fibra superior del elemento (cm).  
 $Y_{2*}$  - distancia medida del centroide de la sección compuesta a la fibra extrema superior del firme (cm)



### III.3 PERDIDA DE PRESFUERZO

La magnitud de la fuerza de presfuerzo en un miembro de concreto no es constante, sino que disminuye durante la vida del mismo. A esta disminución de la fuerza se le conoce como pérdida de presfuerzo. Algunos de los cambios son instantáneos y otros dependen del tiempo y otros más suceden en función de la carga superpuesta. Por lo tanto las pérdidas de presfuerzo se pueden agrupar en dos grupos principales: aquellas que ocurren inmediatamente durante la fabricación del miembro y aquellas que ocurren a través de un extenso período de tiempo.

Dentro de las pérdidas inmediatas se encuentran - las que se describen a continuación:

- a) Deslizamiento del anclaje.- Tanto en elementos pretensados como en postensados cuando la fuerza pretensora se transfiere de los gatos a los anclajes, las cuñas de fricción, que se emplean para sostener a los cables de presfuerzo, se deslizan una distancia pequeña antes de sujetar firmemente al cable provocando que éste se afloje perdiendo consecuentemente esfuerzo.

La magnitud del deslizamiento dependerá del sistema particular de que se trate y del dispositivo de anclaje. La importancia de la pérdida de presfuerzo por deslizamiento de los anclajes depende de la longitud del miembro o de la cama de colado. A menor longitud mayor pérdida.

b) Acortamiento Elástico del Concreto.- Cuando la fuerza de presfuerzo se transfiere al elemento, se provoca un acortamiento elástico en el concreto a medida en que ésta se comprime. Dicho acortamiento provoca a su vez un acortamiento en los cables de presfuerzo ocurriendo por tal motivo una pérdida de esfuerzo. En elementos pretensados donde el cable se encuentra adherido al concreto al momento de la transferencia, el cambio en la deformación del acero es el mismo que el de la deformación del concreto al nivel del centroide del acero.

c) Para los miembros postensados se presenta otra pérdida inmediata de la fuerza de presfuerzo. Al estirar los cables dentro de los conductos se produce una fuerza de fricción, la cual aumenta cuando la trayectoria del cable es curva. A medida en que el acero se desliza a través del ducto, se desarrolla la resistencia debida a la fricción, provocando que la tensión en el extremo anclado sea menor que la tensión en el gato.

Las causas principales de la pérdida dependiente del tiempo son: la contracción del concreto y el escurrimiento plástico del mismo.

a) Contracción del concreto.- La contracción del concreto debido al secado del mismo provoca una reducción en la deformación del acero de presfuerzo igual a la deformación por contracción del concreto. La reducción en la deformación del acero de presfuerzo se transforma en pérdida de esfuerzo. Sólo se necesita considerar la parte de la contracción que ocurre después de la transferencia del presfuerzo. En elementos pre-

tensados generalmente ésta ocurre a las 24 hrs. después del colado y casi toda la contracción ocurre posteriormente a ese tiempo. Por el contrario, en elementos postensados generalmente se presfuerzan después de los 7 días posteriores al colado, por lo que en ese tiempo ya habrá ocurrido más o menos del 10 al 15 por ciento de la contracción.

b) Flujo plástico del concreto.- El escurrimiento plástico es la propiedad de los materiales de deformarse en forma continua bajo un estado constante de esfuerzo o carga, Primero ocurre una deformación elástica, como se explicó anteriormente, y después continúa deformándose durante un período de tiempo, hasta que después de muchos meses alcanza un valor constante asintóticamente. La deformación por escurrimiento plástico en el concreto depende no solamente del tiempo, sino también depende de las proporciones de la mezcla, de la humedad, de las condiciones de curado y de la edad del concreto a la cual comienza a ser cargado.

c) Relajamiento del acero.- Cuando el acero de presfuerzo se le esfuerza hasta los niveles usuales durante el tensado inicial y al actuar las cargas de servicio, se presenta una propiedad en el acero que se conoce como relajamiento. El relajamiento es la pérdida de esfuerzo en un material que se mantiene esforzado a una longitud constante. Se puede decir que ocurre el escurrimiento plástico en el acero. La magnitud del relajamiento varía dependiendo del tipo y del grado del acero, pero las causas principales son el tiempo y la intensidad del esfuerzo inicial.

El resultado de todas las pérdidas instantáneas y las dependientes del tiempo reducen a la fuerza de presfuerzo -- inicial aplicada por los gatos dando como resultado a lo que se conoce como fuerza efectiva de presfuerzo.

Para fines prácticos y sin temor a quedar fuera de la realidad, se han tomado como valores aproximados para las -- pérdidas de presfuerzo del 18 al 20 por ciento de la fuerza inicial para concretos de peso normal y del 25 al 35 por -- ciento para concretos ligeros.

#### III.4 ANALISIS POR ESFUERZOS PERMISIBLES

Siempre que la viga permanezca sin agrietarse y que -- tanto el concreto como el acero sean esforzados dentro de -- los rangos elásticos, los esfuerzos en el concreto pueden -- hallarse usando las ecuaciones basadas en el comportamiento elástico.

Los esfuerzos tanto en la fibra inferior ( $f_1$ ) como en la fibra superior ( $f_2$ ) del elemento, debido a la fuerza de -- presfuerzo inicial se pueden calcular mediante la superposi\_ ción de los efectos axial y de flexión.

⊖ Compresión  
⊕ Tensión

$$f_1 = - \frac{P_i}{A} - \frac{P_i e Y_1}{I} \quad \dots (3.1)$$

$$f_2 = - \frac{P_i}{A} + \frac{P_i e Y_2}{I} \quad \dots (3.2)$$

Al momento de transferir la fuerza del presfuerzo al elemento, la viga se deflexionará hacia arriba, contraflechándose debido al momento flexionante que produce el presfuerzo. A partir de ese momento el elemento se apoyará en sus extremos sobre la cimbra o mesa de colado y la carga debida al peso propio del mismo provocará un momento ( $M_o$ ) que se superpondrá al momento del presfuerzo. Consecuentemente los esfuerzos del concreto en las fibras inferior y superior inmediatamente después de la transferencia del presfuerzo son:

$$f_1 = - \frac{P_i}{A} - \frac{P_i e Y_1}{I} + \frac{M_o Y_1}{I} \quad \dots (3.3)$$

$$f_2 = - \frac{P_i}{A} + \frac{P_i e Y_2}{I} - \frac{M_o Y_2}{I} \quad \dots (3.4)$$

Tanto las cargas muertas adicionales, así como la carga viva, generalmente son superpuestas lo suficientemente -- después como para que hayan ocurrido la mayor parte de las pérdidas de presfuerzo. Por lo tanto el siguiente estado de cargas es cuando actúa el presfuerzo efectivo ( $P_e$ ) más el peso propio del elemento y los esfuerzos correspondientes se calculan de la siguiente manera:

$$f_1 = - \frac{P_e}{A} - \frac{P_e e Y_1}{I} + \frac{M_o Y_1}{I} \quad \dots (3.5)$$

$$f_2 = - \frac{P_e}{A} + \frac{P_e e Y_2}{I} - \frac{M_o Y_2}{I} \quad \dots (3.6)$$

Hay que tomar en cuenta que cuando se trata de una -- sección compuesta se tienen dos juegos de propiedades geométricas, como se expuso anteriormente. Cuando se cuela la capa de compresión o firme, el elemento soportará en su sección simple la carga debida al peso del firme hasta que éste adquiera su resistencia. Los esfuerzos del concreto para esta etapa se obtienen mediante las ecuaciones:

$$f_1 = - \frac{Pe}{A} - \frac{Pe e Y_1}{I} + \frac{(M_o + M_f) Y_1}{I} \quad \dots (3.7)$$

$$f_2 = - \frac{Pe}{A} + \frac{Pe e Y_2}{I} - \frac{(M_o + M_f) Y_2}{I} \quad \dots (3.8)$$

Una vez que el firme ha adquirido su resistencia de diseño, se forma la sección compuesta y todas las demás sobrecargas adicionales provocarán esfuerzos alrededor del centroide de la sección compuesta. Estos esfuerzos se calcularán de la misma forma sustituyendo los valores de las propiedades geométricas por los de la sección compuesta. Los esfuerzos finales serán por consiguiente:

$$f_{1c} = - \frac{Pe}{A} - \frac{Pe e Y_1}{I} + \frac{(M_o + M_f) Y_1}{I} + \frac{(M_{cm} + M_{cv}) Y_{1c}}{I_c} \quad \dots (3.9)$$

$$f_{2c} = - \frac{Pe}{A} + \frac{Pe e Y_2}{I} - \frac{(M_o + M_f) Y_2}{I} - \frac{(M_{cm} + M_{cv}) Y_{2c}}{I_c} \quad \dots (3.10)$$

$$f_{2*} = - \frac{(M_{cm} + M_{cv}) Y_{2*}}{I_c} \quad \dots (3.11)$$

### III.4.1. ESFUERZOS PERMISIBLES

En los reglamentos y especificaciones de construcción de elementos de concreto presforzado, se establecen limitaciones a los esfuerzos en el concreto y en el acero de presfuerzo para cada estado de carga. Estas limitaciones, que se presentan a continuación, tratan de asegurar el buen funcionamiento del elemento durante su vida útil controlando las grietas y de flexiones.

#### III.4.1.1. Esfuerzos Permisibles en el Concreto:

Las limitaciones que impone el Reglamento de Construcciones ACI-318-77 para el concreto en miembros sujetos a flexión son:

1. Los esfuerzos en el concreto inmediatamente después de la transferencia del presfuerzo (antes de las pérdidas de presfuerzo dependientes del tiempo) no deben exceder de lo siguiente.
  - a) esfuerzo de la fibra extrema en compresión.  $0.6f'_c$
  - b) esfuerzo de la fibra extrema en tensión -  
excepto en lo permitido por (c).....  $0.8\sqrt{f'_c}$
  - c) esfuerzo de la fibra extrema en tensión -  
en los extremos de miembros simplemente -  
apoyados.....  $1.6\sqrt{f'_c}$

Cuando los esfuerzos calculados de tensión excedan de estos valores, debe proporcionarse refuerzo auxiliar de adherencia (no presforzado o presforzado) en la zona de tensión para

resistir la fuerza total de tensión en el concreto, calculada - con la suposición de una sección no agrietada.

2. Los esfuerzos en el concreto bajo cargas de servicio (después de que ocurran todas las pérdidas de presfuerzo) no deben exceder de los siguientes valores:

- a) esfuerzo de la fibra extrema en compresión.  $0.45f'_c$
- b) esfuerzo de la fibra extrema en tensión en la zona de tensión precomprimida.....  $1.6\sqrt{f'_c}$
- c) esfuerzo de la fibra extrema en tensión en la zona de tensión precomprimida de los miembros (excepto en sistemas de losas en dos direcciones) en los cuales el análisis basado en las secciones transformadas agrietadas y en las relaciones bilineales momento-deflexión demuestre que las deflexiones inmediatas y a largo plazo cumplen los requisitos que se establecen en el reglamento.....  $3.2\sqrt{f'_c}$

#### III.4.1.2. Esfuerzos Permisibles en el Acero.

En el caso del acero, se presentan los esfuerzos permisibles de tensión dados por el Reglamento ACI-318-77.

1. El esfuerzo de tensión en los cables de presfuerzo no deben exceder de lo siguiente:

- a) Debido a la fuerza de tensión del gato.....  $0.80 f_{pu}$   
ó  
 $0.94 f_{py}$



El que sea menor, pero no mayor que el valor máximo recomendado por el fabricante de los cables de presfuerzo o de los anclajes.

- b) Cables de pretensado inmediatamente después de la transferencia del presfuerzo..... 0.70 fpu
- c) Cable de postensado inmediatamente después del anclaje de los cables..... 0.70 fpu

### III.5 RESISTENCIA A LA FLEXION (ESTADOS LIMITES)

El factor de seguridad está íntimamente relacionado con la resistencia a la flexión. Esta seguridad del elemento se logra cuando el Momento resistente producido por el par compresión-tensión es mayor o igual al Momento último que se espera actúe sobre el elemento.

El comportamiento de un elemento de concreto presfuerzo difiere al de concreto reforzado a medida que se incrementa la carga dentro del rango elástico. Las fuerzas que componen el par interno resistente permanecen casi constantes y lo único que varía para resistir el momento aplicado es el brazo del par interno. Si se sigue cargando hasta sobrepasar el rango elástico, su comportamiento se asemejará al de una viga de concreto reforzado. El brazo interno permanece más o menos constante y son los esfuerzos, tanto del concreto como del acero los que se incrementan con la carga. La capacidad a la flexión se alcanza cuando el acero se esfuerza hasta su resistencia última o cuando se alcanza la capacidad de deformación del concreto.

### III.5.1. BLOQUE RECTANGULAR DE ESFUERZOS EQUIVALENTES

Para calcular el momento resistente de una viga ya sea reforzada o presforzada, se necesita conocer los valores de la fuerza de Compresión resultante (la cual es igual a la fuerza de Tensión) y del brazo del par interno.

Por medio de análisis y experimentación se ha convenido que la distribución real de los esfuerzos de compresión en una viga puede reemplazarse por una distribución rectangular equivalente de esfuerzo igual a  $0.85 f'_c$  hasta una profundidad  $a$ , tal como se muestra en la figura 3.1 la magnitud de  $a$  se puede hallar mediante la relación:

$$a = \beta_1 c$$

El valor de  $\beta_1$  se ha establecido experimentalmente - por medio de la relación  $\beta_1 = 0.85 - 0.05(f'_c - 281)/70.3$  donde  $\beta_1$  no debe ser mayor que 0.85 ni menor a 0.65.

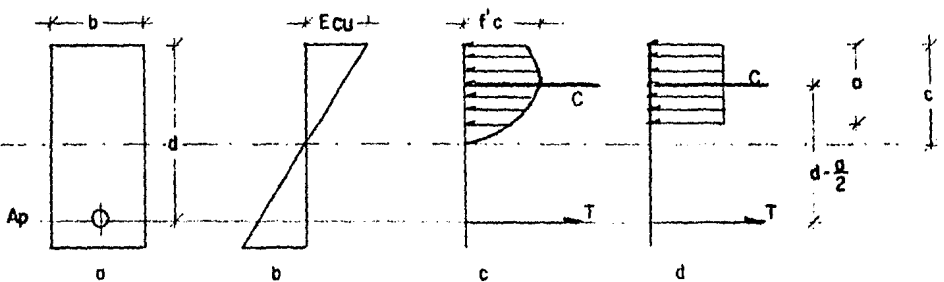


Fig. 3.1 Distribución de deformaciones y esfuerzos bajo cargas de falla.

- a) Sección transversal      b) Deformaciones      c) Distribución real de esfuerzos      d) Distribución rectangular equivalente.

### III.5.2. ANCHO EFECTIVO DEL PATÍN

Si el patín en compresión de una viga de concreto - presforsado es sólo un poco más ancho que el espesor del alma, se puede considerar efectivo todo el patín para resistir la fuerza de compresión. Ahora bien, para patines muy anchos, en los reglamentos se dan las siguientes recomendaciones para obtener el ancho efectivo del patín.

1. En la construcción de vigas T, el patín y el alma deben construirse monolíticamente, o de lo contrario, deben estar efectivamente unidos entre sí.
2. El ancho efectivo de la losa usada como patín de las vigas T no debe exceder de los siguientes valores:
  - a) 16 veces el peralte de la losa, más el ancho del alma.
  - b) Centro a centro de almas contiguas.
  - c) Longitud de la viga entre 4.
3. Para vigas que tengan losa de un sólo lado, el ancho efectivo del patín no excederá de:
  - a)  $1/2$  de la longitud del claro de la viga.
  - b) 6 veces el peralte de la losa, ni
  - c)  $1/2$  de la distancia libre a la siguiente viga.

4. En vigas aisladas, en las que solamente utilicen -  
 la forma de T para proporcionar con el patín un -  
 área adicional de compresión el patín tendrá un -  
 peralte no menor de 1/2 del ancho del alma, y un -  
 ancho efectivo no mayor de 4 veces el ancho del al -  
 ma.

### III.5.3. ECUACIONES PARA RESISTENCIA A LA FLEXION

De acuerdo al Código ACI se puede calcular el es---  
 fuerzo en el acero de presfuerzo a la falla de una manera -  
 aproximada siempre que el esfuerzo efectivo en éste, no sea -  
 menor que  $0.50 f_{pu}$ .

- a) Para elementos con cables adheridos.

$$f_{ps} = f_{pu} \left( 1 - 0.5 p_p \frac{f_{pu}}{f'_c} \right) \quad \dots (3.12)$$

- b) Para elementos con cables de presfuerzo no adhe-  
 ridos.

$$f_{ps} = f_{se} + 700 + \frac{f'_c}{100 p_p} \quad \dots (3.13)$$

pero  $f_{ps}$  no debe tomarse mayor de  $f_{py}$  ni de  $(f_{se} + 4200)$ .

El porcentaje de acero de presfuerzo  $p_p$  es igual --

a:

$$p_p = \frac{A_p}{b d} \quad \dots (3.14)$$

La profundidad del bloque de esfuerzos de compresión en la falla se puede hallar de la condición de equilibrio -- que establece  $C=T$ . Para una viga en la cual la zona de compresiones es de un ancho constante ( $b$ ).

$$0.85 f'c a b = A_p f_{ps} \quad \dots (3.15)$$

$$a = \frac{A_p f_{ps}}{0.85 f'c b} \quad \dots (3.16)$$

El Momento resistente en la falla es el producto de la fuerza de tensión por el brazo del par interno.

$$M_R = A_p f_{ps} \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad \dots (3.17)$$

Para fines de diseño, de acuerdo con los reglamentos de construcción, la resistencia nominal a la flexión deberá de multiplicarse por un factor de reducción de la resistencia  $\phi$  para obtener la resistencia de diseño. Por lo tanto la fórmula quedará de la siguiente forma:

$$\phi M_R = \phi A_p f_{ps} \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad \dots (3.18)$$

El Reglamento de Construcciones ACI marca que el valor de  $\phi$  para flexión con o sin tensión axial deberá ser de 0.90.

### III.5.4. RESISTENCIA AL CORTE.

La resistencia a la flexión de las vigas de concreto presforzado se conoce en forma definida y su factor de seguridad se puede conocer comparando el momento resistente debido al par Compresión-Tensión, con el momento actuante debido a las cargas externas. Pero esto no es suficiente para garantizar que una estructura sea segura. En una viga de concreto ya sea presforzado o reforzado se presentan esfuerzos de tensión diagonal producidos por el esfuerzo cortante, los que pueden provocar la falla del elemento.

Al cargar un elemento, mientras éste no se agrieta, la respuesta del concreto es elástica. En estas circunstancias los esfuerzos cortantes se pueden hallar basándose en las ecuaciones de la mecánica. El esfuerzo cortante unitario en el concreto en cualquier nivel dado se puede obtener mediante la fórmula:

$$v = \frac{V_c}{I_c} \frac{Q}{b} \quad \dots (3.19)$$

donde:  $V_c$  = fuerza cortante neta en la sección transversal debida a las cargas aplicadas y al presfuerzo.

$Q$  = momento estático alrededor del eje neutro de la parte de la sección transversal que se encuentra hacia afuera del plano de corte considerado.

$I_c$  = momento de inercia de la sección transversal.

$b$  = ancho de la sección transversal a la altura del plano considerado.

Un elemento presforzado está sujeto a iguales esfuerzos cortantes que en uno de concreto reforzado, y adicionalmente se encuentra sujeto a esfuerzos horizontales de compresión debidos al propio presfuerzo. Esto causa que la tensión principal se reduzca a comparación del que corresponde a una viga de concreto reforzado, provocando que la grieta debida a la tensión diagonal sea mucho más tendida. Si el refuerzo por cortante consiste en estribos verticales, la grieta diagonal será cruzada por un mayor número de dichos estribos que lo ocurriera en una viga reforzada, aumentándose la eficiencia de los estribos en la transmisión del cortante.

En el Reglamento de Construcciones ACI se dan las siguientes fórmulas para obtener la resistencia al cortante proporcionada por el concreto para miembros presforzados. Para aquellos que tengan una fuerza efectiva de presfuerzo mayor al 40% de la resistencia a la tensión del acero de refuerzo por flexión se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$V_c = \left( 0.16 \sqrt{f'_c} + 49 \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \quad \dots (3.20)$$

donde  $V_c$  no se considera menor a  $0.53 \sqrt{f'_c} b_w d$  ni mayor a  $1.3 \sqrt{f'_c} b_w d$ . El valor de  $\frac{V_u d}{M_u}$  no debe ser mayor que 1.0 donde  $M_u$  es el momento afectado por el factor de carga que ocurre simultáneamente con  $V_u$  en la sección considerada y el valor de  $d$  en éste término será la distancia de la fibra extrema en compresión al centroide del acero de presfuerzo.

### III.5.4.1. REFUERZO EN EL ALMA POR CORTANTE

A excepción de elementos tales como las losas extruídas, las cuales por efectos de fabricación y diseño no tienen refuerzo en el alma, siempre es conveniente que no sea sólo el concreto el que proporcione toda la resistencia al cortante. Al igual que en las traveses de concreto reforzado, se debe de proporcionar acero de refuerzo en el alma para tomar los esfuerzos de tensión debidos al cortante que el concreto no pueda tomar. Generalmente para tal efecto se usan varillas de acero corrugadas en diámetros que varían del # 2.5 (2.5/8") al # 5 (5/8") en forma de estribos como se muestra en la figura.

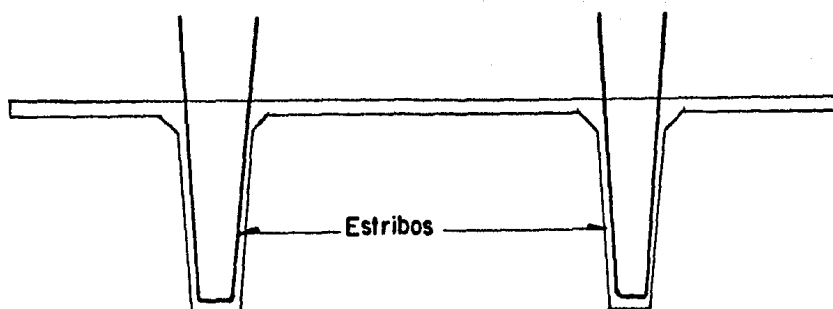


Fig. 3. 2. REFUERZO EN EL ALMA POR CORTANTE



En la mayoría de los casos se ponen varillas longitudinales de soporte para los estribos y poder armar el refuerzo completo de la trabe del molde para después colocarlo en su posición, lo cual resulta más fácil que armar dentro del molde.

Si se considera que la grieta de cortante tiene una pendiente de  $45^\circ$ , siendo ésta un poco conservadora, la proyección horizontal de ésta tendrá una longitud (d) igual al peralte efectivo de la trabe. Por lo tanto si (s) es la separación entre el refuerzo del alma perpendicular al eje de la trabe, el número de estribos que atraviesan la grieta diagonal será (d/s), cuando el miembro se encuentra al inicio de la falla, los estribos se encontraran esforzados a la resistencia de fluencia  $f_y$ , por lo que la contribución de los estribos a la resistencia de la fuerza cortante es:

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad - - - (3.21)$$

Pero no debe ser mayor de  $2.1 \sqrt{f'_c} b_w d$ .

De esta forma, la resistencia a la Fuerza Cortante del elemento será la combinación de la resistencia que proporciona el concreto más la de los estribos, multiplicada por un factor de reducción. Dicha resistencia deberá ser mayor o igual a la Fuerza Cortante aplicada afectada por el factor de carga en la sección considerada ( $V_u$ ).

$$V_n = V_c + V_s \quad \dots (3.22)$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad \dots (3.23)$$

El valor de  $\phi$  está dado en los reglamentos de construcción el cual se tomará igual a 0.85 tal como lo marca el ACI.

Por lo tanto, de acuerdo a las ecs. (3.21) y (3.22) - la resistencia total nominal al cortante  $V_n$  será:

$$V_n = \frac{A_v f_y d}{s} + V_c \quad \dots (3.24)$$

Afectándola por el factor de reducción  $\phi$  quedará:

$$V_n = \phi \left( \frac{A_v f_y d}{s} + V_c \right) \quad \dots (3.25)$$

Si despejamos de la ecuación el término  $A_v$ , el área - requerida para la sección transversal de un estribo puede calcularse mediante la ecuación siguiente:

$$A_v = \frac{(V_u - \phi V_c) s}{\phi f_y d} \quad \dots (3.26)$$

Generalmente en casos prácticos se escoge el tamaño - de los estribos, para el cual se halla el espaciamiento necesario, por lo tanto la ecuación (3.26) se transforma en:

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} \quad \dots (3.27)$$

Esta separación no deberá exceder de  $(3/4)h$  en miembros de concreto presforzado ni de 60 cm. siendo el peralte total del miembro. Cuando  $V_s$  sobrepase a  $1.1 \sqrt{f'_c} b_w d$ , las separaciones máximas se deben de reducir a la mitad.

El área mínima que debe proporcionarse como refuerzo por cortante se pueden calcular mediante las siguientes fórmulas:

$$A_v = 3.5 \frac{b_w s}{f_y} \quad \dots (3.28)$$

ó

$$A_v = \frac{A_{ps}}{80} \frac{f_{pu}}{f_y} \frac{s}{d} \frac{d}{b_w} \quad \dots (3.29)$$

Cuando la fuerza de presfuerzo efectiva no sea menor del 40% de la resistencia a la tensión del refuerzo por flexión.

### III.6. SUPOSICIONES DE DISEÑO.

Los materiales que se utilizan en la fabricación de elementos presforzados son principalmente concreto, acero de presfuerzo y acero de refuerzo; existiendo en cada uno de estos materiales diferentes calidades y resistencias, como se mencionó anteriormente. Por tal motivo, para tener una homogeneidad en el diseño de los elementos se tomarán los siguientes valores:

- Resistencia a la compresión del concreto del elemento presforzado.....  $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$
- Resistencia a la compresión del concreto al momento de la transferencia.....  $f'c_i = .8 f'c$
- Resistencia a la compresión del concreto del firme.....  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$
- Resistencia a la tensión de cables de presfuerzo (torón de 7 alambres).....  $f_{pu} = 19000 \text{ Kg/cm}^2$
- Resistencia a la tensión de alambres de presfuerzo de 6mm.....  $f_{pu} = 16000 \text{ Kg/cm}^2$
- Resistencia a la fluencia del refuerzo no presforzado.....  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

La tensión al gateo de los cables de presfuerzo que se utilizarán en el diseño de los elementos será la siguiente:

Alambre de 6 mm. -----	3600 Kg.
Torón $\emptyset 1/4"$ -----	3400 Kg.
Torón $\emptyset 3/8"$ -----	8100 Kg.
Torón $\emptyset 1/2"$ -----	14800 Kg.

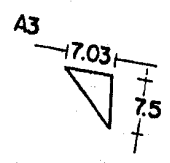
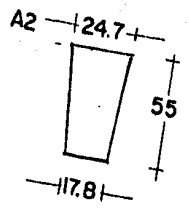
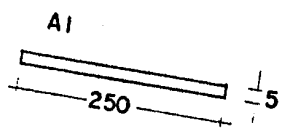
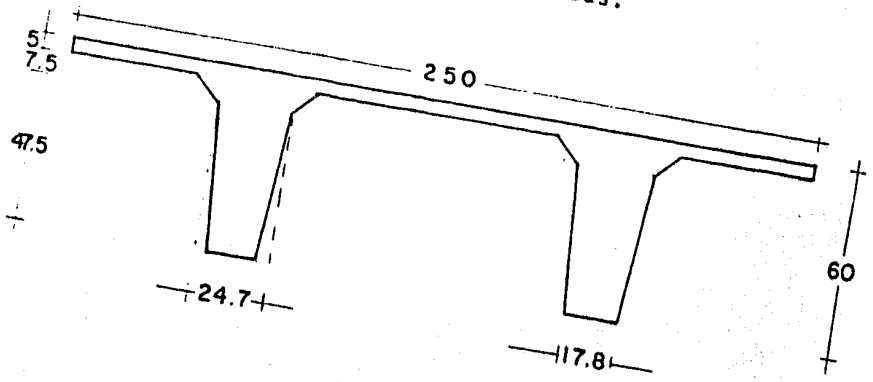
Cada uno de los elementos descritos en el Capítulo II se analizarán en longitudes comprendidas entre 3 y 20 m. para las sobrecargas que a continuación se mencionan.

	Carga Muerta	Carga Viva	SOBRECARGA	Uso
1	50 Kg/m <sup>2</sup>	100 Kg/m <sup>2</sup>	150 Kg/m <sup>2</sup>	Azotea
2	100 "	250 "	350 "	Habitación
3	100 "	500 "	600 "	Público
4	100 "	700 "	800 "	Industrial

Las anteriores cargas se considerarán adicionales las cargas debidas al peso propio y al firme.

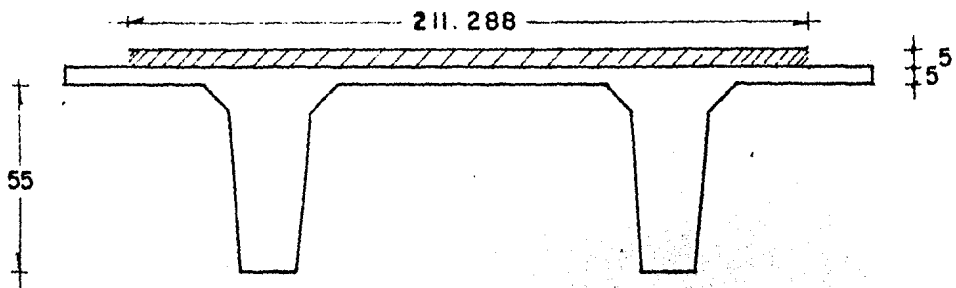
### III.7 EJEMPLO

= Obtención de Propiedades Geométricas.



#	A cm <sup>2</sup>	Y	A x Y	I
1	1250			
2	1168.75	57.5	71875	2604.167
3	26.361	28.988	33880.	292033.79
		52.5	1383.94	82.377
$A = 1250 + 2 \times 1168.75 + 4 \times 26.36$			= 3692.94	cm <sup>2</sup>
$\Sigma A \times Y = 71875 + 2 \times 33880 + 4 \times 1383.94$			= 145170.76	cm <sup>3</sup>
$\bar{Y} = \frac{\Sigma A \times Y}{\Sigma A} = \frac{145170.76}{3692.94}$			= 39.31	cm.
$\bar{Y} = 39.31$			cm.	
$I = I + A \times d^2$				

$$\begin{aligned}
 I &= 71875 + 1250 (57.5 - 39.31)^2 + 2 \times 292033.794 + \\
 &+ 2 \times 1168.75 (28.988 - 39.31)^2 + 4 \times 82.377 + \\
 &+ 4 \times 26.361 (52.5 - 39.31)^2 \\
 I &= 1267975.50 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$



Ancho del firme (transformado)

$$N = \frac{\sqrt{f'_c f}}{\sqrt{f'_c}} = \frac{\sqrt{250}}{\sqrt{350}} = 0.845$$

$$b = 211.288 \text{ cm.}$$

$$A_1 = 3692.94$$

$$A_f = 1056.44$$

$$Y_1 = 39.31 \text{ cm.}$$

$$Y = 62.5 \text{ cm}$$

$$I = 1267975.50 \text{ cm}^4$$

$$I = 2200.922$$

$$A \times y = 145170.76$$

$$A_f \times y = 66027.67$$

$$Y_c = \frac{\sum AY}{\sum A} = \frac{211198.44}{4749.38} = 44.47 \text{ cm.}$$

$$\begin{aligned}
 I_c &= 1267975.5 + 3692.94 (39.31 - 44.47)^2 + 2200.922 \\
 &+ 1056.44 (62.5 - 44.47)^2
 \end{aligned}$$

$$I_c = 1711920.54 \text{ cm}^4$$

Resumen:

## SECCION SIMPLE

$$\begin{aligned} A &= 3692.94 \text{ cm}^2 \\ I &= 1267975.50 \text{ cm}^4 \\ Y1 &= 39.31 \text{ cm} \\ Y2 &= 20.69 \text{ cm} \end{aligned}$$

## SECCION COMPUESTA

$$\begin{aligned} A_c &= 4749.39 \text{ cm}^2 \\ I_c &= 1711920.54 \text{ cm}^4 \\ Y1c &= 44.47 \text{ cm} \\ Y2c &= 15.53 \text{ cm} \\ Y2^* &= 20.53 \text{ cm} \end{aligned}$$



Se analizará para una longitud de 16 m y sobrecarga de --  
350 kg/m<sup>2</sup> (100 kg/m<sup>2</sup> de carga muerta y 250 kg/m<sup>2</sup> de Carga  
Viva).

= CARGAS.

$$W_{\text{popo}} = 354.5 \text{ kg/m}^2 \times 2.5 = 886.25 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{firme}} = 120 \text{ " } \times 2.5 = 300.0$$

$$W.C. \text{ Muertas} = 100 \times 2.5 = 250.0$$

$$W.C. \text{ Vivas} = 250 \times 2.5 = \underline{625.0}$$

$$2061.25$$

= MOMENTOS.

Por ser una viga simplemente apoyada el momento se calculará con la siguiente fórmula.

$$M = \frac{Wl^2}{8}$$

$$M_{\text{popo}} = \frac{.88625 \times 16^2}{8} = 28.36 \text{ ton. m}$$

$$M_{\text{firme}} = \frac{.300 \times 16^2}{8} = 9.60 \text{ ton. m}$$

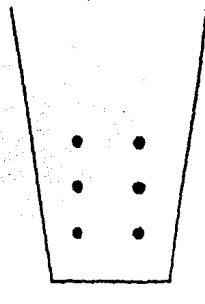
$$M_{\text{cv+ cm.}} = \frac{.875 \times 16^2}{8} = 28.0 \text{ ton. m.}$$

= ESFUERZOS.

Se obtendrán los esfuerzos para cada una de las etapas de carga descritas anteriormente. La convención de signos será (-) para compresión y (+) para tensión.

a) Esfuerzos Debidos al Presfuerzo.

Se propondrá un presfuerzo de 12 cables de 1/2 tensados a 14800 kg. dando una fuerza inicial de presfuerzo de - - - 177600 kg. La colocación de cables será como muestra la figura.



+  
5  
+  
5  
+  
5  
+

6 cables en cada  
nervio de la T.T.

$$f_1 = -\frac{177600}{3692.9} - \frac{177600 \times 29.31 \times 39.31}{1267975.5}$$

$$f_1 = -209.47 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_2 = -\frac{177600}{3692.9} + \frac{177600 \times 29.31 \times 20.69}{1267975.5}$$

$$f_2 = +36.85 \text{ kg/cm}^2$$

b) Esfuerzos Debidos al Presfuerzo, más al peso propio.

$$f_1 = -209.47 + \frac{2836000 \times 39.31}{1267975.5}$$

$$f_1 = -121.55 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_2 = +36.85 - \frac{2836000 \times 20.69}{1267975.5}$$

$$f_2 = -9.43 \text{ kg/cm}^2$$

c) Esfuerzos Debidos al Presfuerzo efectivo más el peso propio después de que han ocurrido las pérdidas.

Se considera una pérdida de presfuerzo del 18%. Los esfuerzos que provocan la pérdida de presfuerzo se pueden calcular como los debidos al presfuerzo pero de signo contrario.

$$\text{Fuerza que se pierde} = 177600 \times .18 = 31968$$

$$f_1 = - 121.55 + \frac{31968}{3692.9} + \frac{31968 \times 29.31 \times 39.31}{1267975.5}$$

$$f_1 = - 83.84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_2 = - 9.43 + \frac{31968}{3692.9} - \frac{31968 \times 29.31 \times 2069}{1267975.5}$$

$$f_2 = - 16.06 \text{ kg/cm}^2.$$

d) Esfuerzos debidos al firme, en sección simple.

$$f_1 = - 83.84 + \frac{960000 \times 39.31}{1267975.5}$$

$$f_1 = - 54.08 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_2 = - 16.06 - \frac{960000 \times 20.69}{1267975.5}$$

$$f_2 = - 31.72 \text{ kg/cm}^2.$$

e) Esfuerzos Debidos las Cargas Muertas y Vivas actuando en la sección compuesta.

$$f_1 = - 54.08 + \frac{2800000 \times 44.47}{1711920.5}$$

$$\underline{f_1 = + 18.65 \text{ kg/cm}^2}$$

$$f_2 = - 31.72 - \frac{2800000 \times 15.53}{1711920.5}$$

$$\underline{f_2 = - 57.12 \text{ kg/cm}^2}$$

$$f_2^* = - \frac{2800000 \times 20.53}{1711920.5}$$

$$\underline{f_2^* = - 33.58 \text{ kg/cm}^2}$$

= Comparación con los esfuerzos permisibles.

En la transferencia del presfuerzo.

$$\text{Esf. Permisible en Compresión} - 0.6 f'_{ci} = 168 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esf. Permisible en Tensión} - 0.8 \sqrt{f'_{ci}} = 13.39 \text{ kg/cm}^2$$

	<u>Compresión.</u>	<u>Real.</u>	<u>Tensión.</u>
Fibra Superior.	- 168	- 9.43	+ 13.39
Fibra Inferior	- 168	- 121.55	+ 13.39

Esfuerzos Finales.

$$\text{Esf. Permisible en Compresión.} = 157.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esf. Permisible en Tensión} = 29.93 \text{ kg/cm}^2.$$

	<u>Compresión.</u>	<u>Real.</u>	<u>Tensión.</u>
Fibra Superior	- 157.5	- 57.12	+ 29.93
Fibra Inferior.	- 157.5	+ 18.65	+ 29.93

= Revisión por Estados Límites.

$$f_{ps} = f_{pu} \left( 1 - 0.5 \frac{p p f_{pu}}{f'c} \right)$$

$$f_{ps} = 19000 \left( 1 - 0.5 \times 0.00513 \times \frac{19000}{350} \right)$$

$$= 16352.5 \text{ kg/cm}^2.$$

$$a = \frac{A_p \times f_{ps}}{0.85 f'c b} = \frac{12 \times 16352.5}{0.85 \times 250 \times 250}$$

$$a = 3.69 \text{ cm. (cae adentro del firme)}$$

$$M_R = A_p \times f_{ps} \left( d - \frac{a}{2} \right) \times \phi$$

$$= 12 \times 1 \times 16352.5 \left( 55 - \frac{3.69}{2} \right) \times 0.9$$

$$= 10430605 \times 0.9$$

$$= 9,387,545$$

$$M_u = 65.96 \times 1.4 = 92.34$$

$$M_R = 93.87 \text{ ton. m.} > M_u = 92.34 \text{ ton. m}$$

∴ OK.

= Revisión por Cortante.

$$V_{cR} = \left( 0.16 \sqrt{f'c} + 49 \frac{V_{ud}}{M_u} \right) b_w \cdot d$$

Quando la revisión se hace en una sección menor a  $l_m$  del apoyo, la contribución del concreto para resistir la fuerza cortante se podrá calcular con la ecuación  $V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} - bwd$  puesto que no se tiene la totalidad de la fuerza de --- presfuerzo debido a los encamisados.

Revisión en  $X = 0.60$  m.

$$V = W t \left( \frac{1}{2} - X \right) = 2061.25 \left( \frac{16}{2} - 6 \right)$$

$$V = 15,253 \text{ ton.}$$

$$V_u = 21.35 \text{ ton.}$$

$$V_{cR} = 0.53 \sqrt{350} \times 21.25 \times 2 \times 50 \times 0.85$$

$$= 17,907 \text{ Kg.}$$

$$V_s = 21350 - 17907 = 3447 \text{ Kg.}$$

$$V_{sp} = 2.1 \sqrt{350} \times 21.25 \times 2 \times 50$$

$$V_{sp} = 70.95 \text{ ton.}$$

$$V_s = 1650 < V_{sp} = 70.95 \text{ :}$$

$$S_{p\#2.5} = \frac{0.85 \times 1.96 \times 4200 \times 50}{3447} = 101.5 \text{ cm.}$$

$$S_{p\max} = 0.75 \times 60 = 45 \text{ cm}$$

$$1.1 \sqrt{350} \times 21.25 \times 2 \times 50 = 43730 \text{ Kg.} > V_s \dots$$

$$\therefore S_{p\#2.5} = 45 \text{ cm.}$$

Revisión en  $X = 2.00$  m.

$$V = W \left( \frac{1}{2} - X \right) = 2061.25 \left( \frac{16}{2} - 2 \right)$$

$$V = 12367.5 \text{ Kg.}$$

$$V_u = 12367.5 \times 1.4 = 17314.5 \text{ Kg.}$$

$$M = \frac{WX}{2} (1 - X) = \frac{2061.25 \times 2}{2} (16 - 2)$$

$$M = 28,857 \text{ Kg m.}$$

$$M_u = 28857 \times 1.4 = 40,400.5 \text{ Kg.m.}$$

$$\frac{V_u \times d}{M_u} = \frac{17314.5 \times .55}{40400.5} = 0.235 < 1$$

$$V_c = (0.16 \sqrt{350} + 49 \times (0.235)) 21.25 \times 55 \times \emptyset$$

$$V_c = 33.913 \times 0.85$$

$$V_c = 28,826 \text{ Kg.}$$

$$0.53 \sqrt{f'c} \text{ bwd}\emptyset = 0.53 \sqrt{350} 21.25 \times 2 \times 55 \times 0.85$$

$$= 19,700 \text{ Kg.}$$

$$1.3 \sqrt{f'c} \text{ bwd}\emptyset = 1.3 \sqrt{350} 21.25 \times 2 \times 55 \times 0.85$$

$$= 56,849. \emptyset = 48,321 \text{ Kg.}$$

$$19700 < V_c = 28,826 < 48321 \text{ Kg.} \quad \therefore \text{OK.}$$

$$V_u = 17314.5 \text{ Kg.}$$

$$V_c = 28,826 > V_u = 17.314. \quad \dots$$

Se pondrán

Est. # 2.5 @ 40 en toda la long.

= Revisión por Flechas.

$$\Delta = \frac{p e L^2}{8 E I} \quad \text{Para presfuerzo.}$$

$$\Delta = \frac{.5}{384} \frac{W L^4}{E I} \quad \text{Para cargas.}$$

$$L = 16 \text{ m.}$$

$$W_{p.o.} = 886.25 \text{ Kg/m}$$

$$W_{\text{firme}} = 300 \text{ Kg/m}$$

$$W_{c.m.} = 250 \text{ Kg/m}$$

$$W_{c.v.} = 625 \text{ Kg/m}$$

$$I = 1267975.5 \text{ cm}^4$$

$$I_c = 1711920.54 \text{ cm}^4$$

$$E = 5000 \sqrt{f'c} \quad \text{para cargas muertas}$$

$$E = 10000 \sqrt{f'c} \quad \text{para cargas vivas}$$

$$P = 177600 \text{ Kg}$$

$$e = 29.31 \text{ cm}$$

$$\Delta_{p.o.} = \frac{5 \times 8.8625 \times 1600^4}{384 \times 5000 \sqrt{350} \times 1267975.5} = 6.38 \downarrow$$

$$\Delta_{\text{firme}} = \frac{5 \times 3.0 \times 1600^4}{384 \times 5000 \sqrt{350} \times 1267975.5} = 2.16 \downarrow$$

$$\Delta_{c.m.} = \frac{5 \times 2.5 \times 1600^4}{384 \times 5000 \sqrt{350} \times 1711920.54} = 1.33 \downarrow$$

$$\Delta_{c.v.} = \frac{5 \times 6.25 \times 1600^4}{384 \times 10000 \sqrt{350} \times 1711920.54} = 1.67 \downarrow$$



$$\Delta \text{ presf.} = \frac{177600 \times 29.31 \times 1600^2}{8 \times 5000 \sqrt{350} \times 1267975.5} = 14.04 \text{ t}$$

$$\Delta \text{ Total} = 6.38 + 2.16 + 1.33 + 1.67 - 14.04$$

$$\Delta \text{ Total} = 2.5 \text{ cm. } \uparrow$$

$$\Delta \text{ permisible} = \frac{L}{500} + 0.5$$

$$\Delta \text{ permisible} = \frac{1600}{500} + 0.5 = 3.7 \text{ cm.}$$

$$2.5 \text{ cm} < 3.7 \text{ cm} \quad \therefore \text{OK}$$

Siguiendo el mismo procedimiento que en el ejemplo -- anterior se analizaron los cuatro tipos de elementos para cada longitud y sobrecarga, obteniendo los resultados que aparecen en las siguientes tablas.

### III.8 TABLAS DE RESULTADOS

En estas tablas se presenta el presfuerzo mínimo necesario para cada una de las sobrecargas y longitudes dadas, - además de la separación de los estribos del #2.5 según el armado tipo expuesto en el capítulo anterior.

En elementos tales como las losas extruídas, en el -- renglón correspondiente a la separación de los estribos no aparece ningún valor puesto que este tipo de losas no llevan ningún refuerzo adicional al de presfuerzo. Por otro lado - en otros elementos, en dicho renglón aparecen dos valores de separación. La primera será la separación de los estri\_ bos al cuarto del claro y la segunda será la correspondiente a L/2.

Por ejemplo si se toma la tabla correspondiente a la sobrecarga de 350 kg/m<sup>2</sup>, para la Viga T-250/80 de 16 m. de - longitud se tienen los valores de 8 Ø 1/2" y @20-@40 lo cual nos dice que necesita 8 cables de 1/2" de diámetro y estri\_ bos del #2.5 distribuidos de la siguiente manera:

- @ 20 en los primeros cuatro metros (L/4).
- @ 40 en los siguientes ocho metros (L/2).
- @ 20 en los cuatro metros restantes (L/4).

# T A B L A      D E      R E S U L T A D O S

SOBRECARGA = 150 kg/m<sup>2</sup>

LONG.	ACERO	T I P O   D E   P I E Z A								T I P O   D E   P I E Z A							
		VB-50/18	VB-60/18	VB-70/18	VB-80/18	LE-100/10	LE-100/15	LE-120/20	LE-120/25	TT-250/40	TT-250/50	TT-250/60	TT-250/80	T-250/80	T-250/90	T-250/100	T-250/120
3.0	Ac.Presf Est.#2.5	2 Ø 6mm Ø 8	2 Ø 6mm Ø 8	2 Ø 6mm Ø 8	2 Ø 6mm Ø 8												
3.5	Ac.Presf Est.#2.5	2 Ø 6mm Ø 8	2 Ø 6mm Ø 8	2 Ø 6mm Ø 8	2 Ø 6mm Ø 8												
4.0	Ac.Presf Est.#2.5	2 Ø 6mm Ø 8	2 Ø 6mm Ø 8	2 Ø 6mm Ø 8	2 Ø 6mm Ø 8												
4.5	Ac.Presf Est.#2.5	2 Ø 6mm Ø 8	2 Ø 6mm Ø 8	3 Ø 6mm Ø 8	3 Ø 6mm Ø 8	4 Ø 1/4"											
5.0	Ac.Presf Est.#2.5	2 Ø 6mm Ø 8	3 Ø 6mm Ø 8	3 Ø 6mm Ø 8	3 Ø 6mm Ø 8	8 Ø 1/4"		4 Ø 1/4"									
5.5	Ac.Presf Est.#2.5	2 Ø 6mm Ø 8	3 Ø 6mm Ø 8	5 Ø 6mm Ø 8	5 Ø 6mm Ø 8	4 Ø 3/8"	4 Ø 1/4"	5 Ø 1/4"	4 Ø 1/4"								
6.0	Ac.Presf Est.#2.5	3 Ø 6mm Ø 8	5 Ø 6mm Ø 8	5 Ø 6mm Ø 8		12 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"								
6.5	Ac.Presf Est.#2.5	5 Ø 6mm Ø 8				8 Ø 3/8"	6 Ø 1/4"	7 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"								
7.0	Ac.Presf Est.#2.5					8 Ø 3/8"	10 Ø 1/4"	4 Ø 3/8"	8 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"							
7.5	Ac.Presf Est.#2.5						12 Ø 1/4"	4 Ø 3/8"	8 Ø 1/4"	8 Ø 1/4"							
8.0	Ac.Presf Est.#2.5						6 Ø 3/8"	5 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"	8 Ø 1/4"						
8.5	Ac.Presf Est.#2.5						8 Ø 3/8"	5 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"	8 Ø 1/4"					
9.0	Ac.Presf Est.#2.5						8 Ø 3/8"	7 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"	8 Ø 1/4"					
9.5	Ac.Presf Est.#2.5						10 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	12 Ø 1/4"	4 Ø 3/8"	8 Ø 1/4"				
10.0	Ac.Presf Est.#2.5						10 Ø 3/8"	5 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	12 Ø 1/4"	8 Ø 1/4"				
10.5	Ac.Presf Est.#2.5							6 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	5 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"				
11.0	Ac.Presf Est.#2.5							7 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	10 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	12 Ø 1/4"				

# T A B L A      D E      R E S U L T A D O S

SOBRECARGA = 150 kg/m<sup>2</sup>

LONG.	ACERO	T I P O   D E   P I E Z A							T I P O   D E   P I E Z A								
		VD-50/18	VB-60/18	VD-70/18	VB-90/18	LE-100/10	LE-100/15	LE-120/20	LE-120/25	TT-250/40	TT-250/50	TT-250/60	TT-250/90	T-250/80	T-250/90	T-250/100	T-250/120
11.5	Ac.Presf Est.#2.5							7 Ø 1/2" ---	6 Ø 1/2" ---	6 Ø 1/2" Ø 20	4 Ø 1/2" Ø 30	6 Ø 3/8" Ø 35	12 Ø 1/4" Ø 40	3 Ø 1/2" Ø 40			
12.0	Ac.Presf Est.#2.5								6 Ø 1/2" ---	6 Ø 1/2" Ø 20	8 Ø 3/8" Ø 30	4 Ø 1/2" Ø 35	6 Ø 3/8" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 40	3 Ø 1/2" Ø 40		
12.5	Ac.Presf Est.#2.5								8 Ø 1/2" ---	8 Ø 1/2" Ø 20	10 Ø 3/8" Ø 30	4 Ø 1/2" Ø 35	6 Ø 3/8" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 40	3 Ø 1/2" Ø 40		
13.0	Ac.Presf Est.#2.5								8 Ø 1/2" ---	8 Ø 1/2" Ø 20	6 Ø 1/2" Ø 30	10 Ø 3/8" Ø 35	4 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 40	3 Ø 1/2" Ø 45	
13.5	Ac.Presf Est.#2.5								8 Ø 1/2" ---	8 Ø 1/2" Ø 20	6 Ø 1/2" Ø 30	10 Ø 1/2" Ø 35	4 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 45	4 Ø 1/2" Ø 45	
14.0	Ac.Presf Est.#2.5								10 Ø 1/2" ---	10 Ø 1/2" Ø 20	8 Ø 1/2" Ø 30	6 Ø 1/2" Ø 35	4 Ø 1/2" Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 45	3 Ø 1/2" Ø 45
14.5	Ac.Presf Est.#2.5								10 Ø 1/2" ---	12 Ø 1/2" Ø 20	8 Ø 1/2" Ø 30	6 Ø 1/2" Ø 35	10 Ø 3/8" Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 45	3 Ø 1/2" Ø 45
15.0	Ac.Presf Est.#2.5									12 Ø 1/2" Ø 20	8 Ø 1/2" Ø 30	14 Ø 3/8" Ø 35	10 Ø 3/8" Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 45	4 Ø 1/2" Ø 45
15.5	Ac.Presf Est.#2.5									16 Ø 1/2" Ø 20	10 Ø 1/2" Ø 30	6 Ø 1/2" Ø 35	10 Ø 3/8" Ø 40	6 Ø 1/2" Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 45	4 Ø 1/2" Ø 45
16.0	Ac.Presf Est.#2.5										10 Ø 1/2" Ø 30	8 Ø 1/2" Ø 35	6 Ø 1/2" Ø 40	6 Ø 1/2" Ø 40	6 Ø 1/2" Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 45	4 Ø 1/2" Ø 45
16.5	Ac.Presf Est.#2.5										12 Ø 1/2" Ø 30	10 Ø 1/2" Ø 35	6 Ø 1/2" Ø 40	7 Ø 1/2" Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 45	5 Ø 1/2" Ø 45
17.0	Ac.Presf Est.#2.5										12 Ø 1/2" Ø 30	14 Ø 3/8" Ø 40	7 Ø 1/2" Ø 40	6 Ø 1/2" Ø 40	6 Ø 1/2" Ø 45	5 Ø 1/2" Ø 45	5 Ø 1/2" Ø 45
17.5	Ac.Presf Est.#2.5										14 Ø 1/2" Ø 30	10 Ø 1/2" Ø 35	14 Ø 3/8" Ø 40	7 Ø 1/2" Ø 35	7 Ø 1/2" Ø 40	6 Ø 1/2" Ø 45	5 Ø 1/2" Ø 45
18.0	Ac.Presf Est.#2.5										16 Ø 1/2" Ø 30	12 Ø 1/2" Ø 35	8 Ø 1/2" Ø 40	8 Ø 1/2" Ø 35	7 Ø 1/2" Ø 40	7 Ø 1/2" Ø 45	5 Ø 1/2" Ø 45
18.5	Ac.Presf Est.#2.5											12 Ø 1/2" Ø 35	14 Ø 3/8" Ø 40	8 Ø 1/2" Ø 30	8 Ø 1/2" Ø 40	7 Ø 1/2" Ø 45	6 Ø 1/2" Ø 45
19.0	Ac.Presf Est.#2.5											14 Ø 1/2" Ø 35	10 Ø 1/2" Ø 40	9 Ø 1/2" Ø 30	8 Ø 1/2" Ø 40	7 Ø 1/2" Ø 45	6 Ø 1/2" Ø 45
19.5	Ac.Presf Est.#2.5											16 Ø 1/2" Ø 35	10 Ø 1/2" Ø 40	9 Ø 1/2" Ø 35	9 Ø 1/2" Ø 35	8 Ø 1/2" Ø 45	6 Ø 1/2" Ø 45
20.0	Ac.Presf Est.#2.5											16 Ø 1/2" Ø 35	10 Ø 1/2" Ø 40	10 Ø 1/2" Ø 35-Ø 40	9 Ø 1/2" Ø 30	8 Ø 1/2" Ø 45	7 Ø 1/2" Ø 45

## T A B L A   D E   R E S U L T A D O S

**SOBRECARGA = 350 k<sub>a</sub>/m<sup>2</sup>**

LONG.	ACERO	T I P O   D E   P I E Z A								T I P O   D E   P I E Z A							
		VD-50/18	VD-60/18	VD-70/18	VD-80/18	LE-100/10	LE-100/15	LE-120/20	LE-120/25	TT-250/40	TT-250/50	TT-250/60	TT-250/80	T-250/80	T-250/90	T-250/100	T-250/120
3.0	Ac.Presf Est.#2.5	2 Ø 6mm e 8	2 Ø 6mm e 8	2 Ø 6mm e 8	2 Ø 6mm e 8												
3.5	Ac.Presf Est.#2.5	3 Ø 6mm e 8	3 Ø 6mm e 8	3 Ø 6mm e 8	3 Ø 6mm e 8			4 Ø 1/4"									
4.0	Ac.Presf Est.#2.5	3 Ø 6mm e 8	3 Ø 6mm e 8	3 Ø 6mm e 8	3 Ø 6mm e 8			4 Ø 1/4"									
4.5	Ac.Presf Est.#2.5	5 Ø 6mm e 8	5 Ø 6mm e 8	5 Ø 6mm e 8	5 Ø 6mm e 8			6 Ø 1/4"	4 Ø 1/4"								
5.0	Ac.Presf Est.#2.5	5 Ø 6mm e 8	5 Ø 6mm e 8	5 Ø 6mm e 8				8 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"	4 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"						
5.5	Ac.Presf Est.#2.5							12 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"	5 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"						
6.0	Ac.Presf Est.#2.5							6 Ø 3/8"	8 Ø 1/4"	4 Ø 3/4"	8 Ø 1/4"	8 Ø 1/4"					
6.5	Ac.Presf Est.#2.5								4 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"	8 Ø 1/4"	8 Ø 1/4"					
7.0	Ac.Presf Est.#2.5								10 Ø 1/4"	5 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"	6 Ø 1/4"				
7.5	Ac.Presf Est.#2.5								6 Ø 3/8"	5 Ø 3/8"	10 Ø 1/4"	4 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"	8 Ø 1/4"			
8.0	Ac.Presf Est.#2.5								8 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	12 Ø 1/4"	4 Ø 3/8"			
8.5	Ac.Presf Est.#2.5								8 Ø 3/8"	7 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"			
9.0	Ac.Presf Est.#2.5									5 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	12 Ø 1/4"	4 Ø 3/8"		
9.5	Ac.Presf Est.#2.5									6 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	10 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"		
10.0	Ac.Presf Est.#2.5									7 Ø 1/2"	8 Ø 3/8"	6 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	12 Ø 1/4"	3 Ø 1/2"	
10.5	Ac.Presf Est.#2.5									7 Ø 1/2"	10 Ø 3/8"	6 Ø 1/2"	10 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	
11.0	Ac.Presf Est.#2.5										6 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	10 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	3 Ø 1/2"

# T A B L A   D E   R E S U L T A D O S

SOBRECARGA = 350 kg/m<sup>2</sup>

LOGS.	ALCFO	T I P O   D E   P I E Z A							T I P O   D E   P I E Z A								
		VB-50/19	VB-50/18	VB-70/18	VB-80/18	LE-100/10	LE-100/15	LE-120/20	LE-120/25	TT-250/40	TT-250/50	TT-250/60	TT-250/80	T-250/80	T-250/90	T-250/100	T-250/120
11.5	Ac.Presf Est.#2.5								8 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	10 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	3 Ø 1/2"	
									---	Ø 20	Ø 20	Ø 25	Ø 40	Ø 40	Ø 40	Ø 45	
12.0	Ac.Presf Est.#2.5								8 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	14 Ø 3/8"	10 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	
									---	Ø 20	Ø 30	Ø 35	Ø 40	Ø 50	Ø 40	Ø 45	
12.5	Ac.Presf Est.#2.5									12 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	8 Ø 3/8"	5 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	
										Ø 20	Ø 20	Ø 35	Ø 40	Ø 50	Ø 40	Ø 45	
13.0	Ac.Presf Est.#2.5									12 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	14 Ø 3/8"	10 Ø 3/8"	5 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"
										Ø 20	Ø 30	Ø 35	Ø 40	Ø 50	Ø 40	Ø 45	Ø 45
13.5	Ac.Presf Est.#2.5										10 Ø 1/2"	14 Ø 3/8"	10 Ø 3/8"	6 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"
											Ø 30	Ø 35	Ø 40	Ø 55	Ø 40	Ø 45	Ø 45
14.0	Ac.Presf Est.#2.5										10 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"
											Ø 30	Ø 35	Ø 40	Ø 55	Ø 40	Ø 45	Ø 55
14.5	Ac.Presf Est.#2.5										12 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	7 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"
											Ø 30	Ø 35	Ø 40	Ø 50	Ø 45	Ø 45	Ø 45
15.0	Ac.Presf Est.#2.5										12 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	14 Ø 3/8"	7 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"
											Ø 30	Ø 35	Ø 40	Ø 50	Ø 40	Ø 45	Ø 45
15.5	Ac.Presf Est.#2.5											10 Ø 1/2"	14 Ø 3/8"	8 Ø 1/2"	7 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"
												Ø 35	Ø 40	Ø 55-Ø 40	Ø 35	Ø 45	Ø 45
16.0	Ac.Presf Est.#2.5											12 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	7 Ø 1/2"	7 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"
												Ø 35	Ø 40	Ø 50-Ø 40	Ø 30	Ø 40	Ø 45
16.5	Ac.Presf Est.#2.5											12 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	9 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	7 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"
												Ø 35	Ø 40	Ø 50-Ø 40	Ø 30	Ø 35	Ø 45
17.0	Ac.Presf Est.#2.5											14 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"
												Ø 35	Ø 40	Ø 50-Ø 40	Ø 35-Ø 40	Ø 35	Ø 45
17.5	Ac.Presf Est.#2.5											16 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	9 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"	7 Ø 1/2"
												Ø 35	Ø 40	Ø 50-Ø 40	Ø 35-Ø 40	Ø 30	Ø 45
18.0	Ac.Presf Est.#2.5											16 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	11 Ø 1/2"	9 Ø 1/2"	9 Ø 1/2"	7 Ø 1/2"
												Ø 35	Ø 40	Ø 55-Ø 40	Ø 35-Ø 40	Ø 30	Ø 45
18.5	Ac.Presf Est.#2.5													12 Ø 1/2"	11 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	9 Ø 1/2"
														Ø 40	Ø 50-Ø 40	Ø 30-Ø 40	Ø 40
19.0	Ac.Presf Est.#2.5													12 Ø 1/2"	11 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"
														Ø 40	Ø 50-Ø 40	Ø 35-Ø 40	Ø 40
19.5	Ac.Presf Est.#2.5													14 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	10 Ø 1/2"	8 Ø 1/2"
														Ø 40	Ø 50-Ø 40	Ø 30-Ø 40	Ø 35
20.0	Ac.Presf Est.#2.5													14 Ø 1/2"	12 Ø 1/2"	11 Ø 1/2"	9 Ø 1/2"
														Ø 40	Ø 55-Ø 40	Ø 20-Ø 40	Ø 30

# T A B L A     D E     R E S U L T A D O S

SOBRECARGA = 600 kg/m<sup>2</sup>

LONG.	ACERO	T I P O   D E   P I E Z A								T I P O   D E   P I E Z A							
		VB-50/18	VB-60/18	VB-70/18	VB-80/18	LE-100/10	LE-100/15	LE-120/20	LE-120/25	TT-250/40	TT-250/50	TT-250/60	T-250/30	T-250/30	T-250/30	T-250/100	T-250/120
3.0	Ac.Presf Est.#2.5	3 Ø 6mm Ø 3	3 Ø 6mm Ø 3	3 Ø 6mm Ø 3	3 Ø 6mm Ø 3	4 Ø 1/4" ---	4 Ø 1/4" ---	4 Ø 1/4" ---	4 Ø 1/4" ---								
3.5	Ac.Presf Est.#2.5	5 Ø 6mm Ø 3	5 Ø 6mm Ø 3	5 Ø 6mm Ø 3	5 Ø 6mm Ø 3	6 Ø 1/4" ---	4 Ø 1/4" ---	4 Ø 1/4" ---	4 Ø 1/4" ---								
4.0	Ac.Presf Est.#2.5	5 Ø 6mm Ø 3	5 Ø 6mm Ø 3	5 Ø 6mm Ø 3	5 Ø 6mm Ø 3	6 Ø 1/4" ---	6 Ø 1/4" ---	5 Ø 1/4" ---	4 Ø 1/4" ---								
4.5	Ac.Presf Est.#2.5					8 Ø 1/4" ---	6 Ø 1/4" ---	6 Ø 1/4" ---	6 Ø 1/4" ---	4 Ø 1/4" Ø 20							
5.0	Ac.Presf Est.#2.5					6 Ø 3/8" ---	8 Ø 1/4" ---	7 Ø 1/4" ---	6 Ø 1/4" ---	6 Ø 1/4" Ø 20							
5.5	Ac.Presf Est.#2.5						8 Ø 1/4" ---	4 Ø 3/8" ---	8 Ø 1/4" ---	8 Ø 1/4" Ø 20							
6.0	Ac.Presf Est.#2.5						10 Ø 1/4" ---	5 Ø 3/8" ---	4 Ø 3/8" ---	12 Ø 1/4" Ø 20	8 Ø 1/4" Ø 30						
6.5	Ac.Presf Est.#2.5						6 Ø 3/8" ---	6 Ø 3/8" ---	6 Ø 3/8" ---	6 Ø 3/8" Ø 20	4 Ø 3/8" Ø 30	8 Ø 1/4" Ø 35					
7.0	Ac.Presf Est.#2.5						6 Ø 3/8" ---	6 Ø 3/8" ---	6 Ø 3/8" ---	6 Ø 3/8" Ø 20	12 Ø 1/4" Ø 30	4 Ø 3/8" Ø 35					
7.5	Ac.Presf Est.#2.5						8 Ø 3/8" ---	7 Ø 3/8" ---	6 Ø 3/8" ---	4 Ø 1/2" Ø 20	6 Ø 3/8" Ø 30	4 Ø 3/8" Ø 35	8 Ø 1/4" Ø 40				
8.0	Ac.Presf Est.#2.5							5 Ø 1/2" ---	4 Ø 1/2" ---	4 Ø 1/2" Ø 20	6 Ø 3/8" Ø 30	6 Ø 3/8" Ø 35	4 Ø 3/8" Ø 40				
8.5	Ac.Presf Est.#2.5								10 Ø 3/8" ---	10 Ø 3/8" Ø 20	4 Ø 1/2" Ø 30	6 Ø 3/8" Ø 35	4 Ø 3/8" Ø 40				
9.0	Ac.Presf Est.#2.5								10 Ø 3/8" ---	6 Ø 1/2" Ø 20	4 Ø 1/2" Ø 30	4 Ø 1/2" Ø 35	12 Ø 1/4" Ø 40	3 Ø 1/2" Ø 45			
9.5	Ac.Presf Est.#2.5								8 Ø 1/2" Ø 20	10 Ø 3/8" Ø 30	4 Ø 1/2" Ø 35	6 Ø 3/8" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 45	3 Ø 1/2" Ø 40			
10.0	Ac.Presf Est.#2.5								8 Ø 1/2" Ø 20	6 Ø 1/2" Ø 30	10 Ø 3/8" Ø 35	4 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 45	3 Ø 1/2" Ø 40	3 Ø 1/2" Ø 45		
10.5	Ac.Presf Est.#2.5								10 Ø 1/2" Ø 20	8 Ø 1/2" Ø 30	10 Ø 3/8" Ø 35	4 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 45	5 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 45		
11.0	Ac.Presf Est.#2.5								12 Ø 1/2" Ø 20	8 Ø 1/2" Ø 30	6 Ø 1/2" Ø 35	8 Ø 1/2" Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 45	4 Ø 1/2" Ø 40	4 Ø 1/2" Ø 45	3 Ø 1/2" Ø 45	

# T A B L A   D E   R E S U L T A D O S

SOBRECARGA = 600 kg/m<sup>2</sup>

LONG.	ACERO	T I P O   D E   P I E Z A								T I P O   D E   P I E Z A							
		VB-50/18	VB-60/18	VB-70/18	VB-80/18	LE-100/10	LE-100/15	LE-120/20	LE-120/25	TT-250/40	TT-250/50	TT-250/60	TT-250/80	T-250/80	T-250/90	T-250/100	T-250/120
11.5	Ac.Presf Est.#2,5									8 0 1/2" e 30	14 0 3/8" e 35	10 0 3/8" e 40	5 0 1/2" e 30	5 0 1/2" e 40	4 0 1/2" e 45	4 0 1/2" e 45	
12.0	Ac.Presf Est.#2,5									10 0 1/2" e 30	14 0 3/8" e 35	10 0 3/8" e 40	6 0 1/2" e 30	5 0 1/2" e 35	5 0 1/2" e 45	4 0 1/2" e 45	
12.5	Ac.Presf Est.#2,5									12 0 1/2" e 30	8 0 1/2" e 35	6 0 1/2" e 40	6 0 1/2" e25-e40	6 0 1/2" e 30	5 0 1/2" e 45	4 0 1/2" e 45	
13.0	Ac.Presf Est.#2,5									12 0 1/2" e 30	10 0 1/2" e 35	12 0 3/8" e 40	7 0 1/2" e20-e40	6 0 1/2" e 30	6 0 1/2" e 35	5 0 1/2" e 45	
13.5	Ac.Presf Est.#2,5										10 0 1/2" e 35	14 0 3/8" e 40	8 0 1/2" e20-e40	7 0 1/2" e25-e40	6 0 1/2" e 35	5 0 1/2" e 45	
14.0	Ac.Presf Est.#2,5									12 0 1/2" e 35	8 0 1/2" e 40	8 0 1/2" e20-e40	7 0 1/2" e25-e40	6 0 1/2" e 30	5 0 1/2" e 45		
14.5	Ac.Presf Est.#2,5									12 0 1/2" e 35	8 0 1/2" e 40	9 0 1/2" e15-e40	8 0 1/2" e20-e40	7 0 1/2" e25-e45	6 0 1/2" e 45		
15.0	Ac.Presf Est.#2,5									14 0 1/2" e 35	10 0 1/2" e 40	9 0 1/2" e15-e40	8 0 1/2" e20-e40	7 0 1/2" e25-e45	6 0 1/2" e 40		
15.5	Ac.Presf Est.#2,5											10 0 1/2" e 40	9 0 1/2" e20-e40	8 0 1/2" e20-e45	7 0 1/2" e 35		
16.0	Ac.Presf Est.#2,5											12 0 1/2" e 40	10 0 1/2" e15-e40	9 0 1/2" e20-e45	7 0 1/2" e 30		
16.5	Ac.Presf Est.#2,5											12 0 1/2" e 40	10 0 1/2" e15-e40	9 0 1/2" e20-e45	8 0 1/2" e 30		
17.0	Ac.Presf Est.#2,5											14 0 1/2" e 40		10 0 1/2" e20-e45	8 0 1/2" e25-e45		
17.5	Ac.Presf Est.#2,5											14 0 1/2" e 40		11 0 1/2" e15-e45	9 0 1/2" e25-e45		
18.0	Ac.Presf Est.#2,5											16 0 1/2" e 40		11 0 1/2" e15-e45	9 0 1/2" e25-e45		
18.5	Ac.Presf Est.#2,5											16 0 1/2" e 40		11 0 1/2" e15-e45	10 0 1/2" e20-e45		
19.0	Ac.Presf Est.#2,5													12 0 1/2" e15-e45	10 0 1/2" e20-e45		
19.5	Ac.Presf Est.#2,5														11 0 1/2" e20-e45		
20.0	Ac.Presf Est.#2,5														12 0 1/2" e20-e45		



## T A B L A      D E      R E S U L T A D O S

SOBRECARGA = 800 kg/m<sup>2</sup>

LONG.	ACERO	TIPO DE PIEZA								TIPO DE PIEZA							
		VD-50/18	VD-60/18	VD-70/18	VD-80/18	LE-100/10	LE-100/15	LE-120/20	LE-120/25	TT-250/40	TT-250/50	TT-250/60	TT-250/80	T-250/80	T-250/90	T-250/100	T-250/120
3.0	Ac.Presf Est.#1.5	3 Ø 6mm Ø 8	3 Ø 6mm Ø 8	3 Ø 6mm Ø 8	3 Ø 6mm Ø 8	4 Ø 1/4"	4 Ø 1/4"	4 Ø 1/4"	4 Ø 1/4"								
3.5	Ac.Presf Est.#2.5	5 Ø 6mm Ø 8	5 Ø 6mm Ø 8	5 Ø 6mm Ø 8	5 Ø 6mm Ø 8	6 Ø 1/4"	4 Ø 1/4"	4 Ø 1/4"	4 Ø 1/4"								
4.0	Ac.Presf Est.#2.5					8 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"								
4.5	Ac.Presf Est.#2.5					10 Ø 1/4"	8 Ø 1/4"	7 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"							
5.0	Ac.Presf Est.#2.5					6 Ø 3/8"	8 Ø 1/4"	4 Ø 3/4"	6 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"							
5.5	Ac.Presf Est.#2.5							10 Ø 1/4"	5 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"	6 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"				
6.0	Ac.Presf Est.#2.5							6 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	12 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"				
6.5	Ac.Presf Est.#2.5							7 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	12 Ø 1/4"	4 Ø 3/8"				
7.0	Ac.Presf Est.#2.5							5 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	12 Ø 1/4"	6 Ø 1/4"				
7.5	Ac.Presf Est.#2.5								4 Ø 1/2"	10 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	4 Ø 3/8"				
8.0	Ac.Presf Est.#2.5								10 Ø 3/8"	6 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	12 Ø 1/4"	3 Ø 1/2"			
8.5	Ac.Presf Est.#2.5									12 Ø 3/8"	12 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"			
9.0	Ac.Presf Est.#2.5									8 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	6 Ø 3/8"	6 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	3 Ø 1/2"		
9.5	Ac.Presf Est.#2.5									10 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	10 Ø 3/8"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	3 Ø 1/2"	
10.0	Ac.Presf Est.#2.5									6 Ø 1/2"	6 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	
10.5	Ac.Presf Est.#2.5									8 Ø 1/2"	14 Ø 3/8"	10 Ø 3/8"	5 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	
11.0	Ac.Presf Est.#2.5									10 Ø 1/2"	14 Ø 3/8"	10 Ø 3/8"	6 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"	5 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"	

# T A B L A   D E   R E S U L T A D O S

SOBRECARGA = 800 kg/m<sup>2</sup>

LGNS.	ACERO	T I P O   D E   P I E Z A						T I P O   D E   P I E Z A									
		VD-50/18	VD-60/18	VB-70/18	VB-80/18	LE-100/10	LE-100/15	LE-120/20	LE-120/25	TT-250/40	TT-250/50	TT-250/60	TT-250/80	T-250/80	T-250/90	T-250/100	T-250/120
11.5	Ac.Prest Est.#2.5											8 Ø 1/2" Ø 35	6 Ø 1/2" Ø 40	6 Ø 1/2" Ø 30-Ø 40	6 Ø 1/2" Ø 35-Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 35	4 Ø 1/2" Ø 45
12.0	Ac.Prest Est.#2.5											10 Ø 1/2" Ø 35	12 Ø 3/8" Ø 40	7 Ø 1/2" Ø 30-Ø 40	6 Ø 1/2" Ø 35-Ø 40	5 Ø 1/2" Ø 30	5 Ø 1/2" Ø 45
12.5	Ac.Prest Est.#2.5											10 Ø 1/2" Ø 35	14 Ø 3/8" Ø 40	7 Ø 1/2" Ø 35-Ø 40	7 Ø 1/2" Ø 30-Ø 40	6 Ø 1/2" Ø 35-Ø 45	5 Ø 1/2" Ø 45
13.0	Ac.Prest Est.#2.5											12 Ø 1/2" Ø 35	8 Ø 1/2" Ø 40	8 Ø 1/2" Ø 35-Ø 40	7 Ø 1/2" Ø 30-Ø 40	6 Ø 1/2" Ø 35-Ø 45	5 Ø 1/2" Ø 40
13.5	Ac.Prest Est.#2.5											12 Ø 1/2" Ø 35	10 Ø 1/2" Ø 40	8 Ø 1/2" Ø 35-Ø 40	8 Ø 1/2" Ø 30-Ø 40	7 Ø 1/2" Ø 35-Ø 45	6 Ø 1/2" Ø 35
14.0	Ac.Prest Est.#2.5												10 Ø 1/2" Ø 40		9 Ø 1/2" Ø 35-Ø 40	8 Ø 1/2" Ø 30-Ø 45	6 Ø 1/2" Ø 30
14.5	Ac.Prest Est.#2.5												10 Ø 1/2" Ø 40		9 Ø 1/2" Ø 35-Ø 40	8 Ø 1/2" Ø 30-Ø 45	7 Ø 1/2" Ø 30
15.0	Ac.Prest Est.#2.5												12 Ø 1/2" Ø 40		9 Ø 1/2" Ø 35-Ø 40	9 Ø 1/2" Ø 30-Ø 45	7 Ø 1/2" Ø 35-Ø 45
15.5	Ac.Prest Est.#2.5												12 Ø 1/2" Ø 40		10 Ø 1/2" Ø 35-Ø 40	10 Ø 1/2" Ø 30-Ø 45	8 Ø 1/2" Ø 35-Ø 45
16.0	Ac.Prest Est.#2.5												14 Ø 1/2" Ø 40			10 Ø 1/2" Ø 35-Ø 45	8 Ø 1/2" Ø 30-Ø 45
16.5	Ac.Prest Est.#2.5															11 Ø 1/2" Ø 35-Ø 45	9 Ø 1/2" Ø 30-Ø 45
17.0	Ac.Prest Est.#2.5															11 Ø 1/2" Ø 35-Ø 45	10 Ø 1/2" Ø 20-Ø 45
17.5	Ac.Prest Est.#2.5																10 Ø 1/2" Ø 20-Ø 45
18.0	Ac.Prest Est.#2.5																11 Ø 1/2" Ø 15-Ø 45
18.5	Ac.Prest Est.#2.5																12 Ø 1/2" Ø 15-Ø 45
19.0	Ac.Prest Est.#2.5																13 Ø 1/2" Ø 15-Ø 45
19.5	Ac.Prest Est.#2.5																13 Ø 1/2" Ø 15-Ø 45
20.0	Ac.Prest Est.#2.5																

### III.9 TABLAS DE MATERIALES

En estas tablas se presentan las cuantificaciones de los materiales necesarios para la fabricación de los elementos analizados.

Para poder hacer una comparación entre los diferentes elementos en cuanto a materiales se refiere, se obtuvieron las cuantificaciones de Concreto (en m<sup>3</sup>), Acero de Presfuerzo (en kg) y Acero de Refuerzo (en kg) de cada uno de ellos por metro cuadrado de losa. Hay que hacer notar que para la vigueta y bovedilla no se tomó en cuenta la bovedilla por ser de un material diferente a los considerados, aún cuando para el análisis de la vigueta se consideró de tepetate vibrocomprimido con un peso aproximado de 100 kg/m<sup>2</sup>.

Si se toma como ejemplo la tabla correspondiente a la sobrecarga de 350 kg/m<sup>2</sup>, para la longitud de 17m se necesita lo siguiente:

Elemento	Concreto	Ac.Presf.	Ac.Ref.
TT-250/60	.148 m <sup>3</sup>	4.54 kg	7.36 kg
TT-250/80	.174	3.24	7.58
T-250/80	.152	3.24	6.23
T-250/90	.160	2.59	6.16
T-250/100	.168	2.59	6.11
T-250/120	.184	1.94	5.98

Donde se puede observar que hay elementos que tienen más concreto que otros, pero menos acero de refuerzo o de presfuerzo y viceversa. Esto no quiere decir que el elemento que tenga menos concreto o menos acero de presfuerzo sea el más económico puesto que cada elemento tiene un método diferente de fabricación, pero da una idea de los volúmenes a manejar.





TABLA DE MATERIALES POR M2 DE LOSA

SOBRECARGA = 600 kg/m2

LOSA TIPO	CONCRETO	LONGITUD																																					
		3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0			
VE-20/10	Conc. (m3)	.015	.015	.015																																			
	A.Presf(0/a)	.79	1.31	1.31																																			
	A.Fef. (0/a)	.63	.63	.63																																			
VE-20/10	Conc. (m3)	.017	.017	.017																																			
	A.Presf(0/a)	.90	1.50	1.50																																			
	A.Fef. (0/a)	.71	.71	.71																																			
VE-50/10	Conc. (m3)	.019	.019	.019																																			
	A.Presf(0/a)	1.06	1.75	1.75																																			
	A.Fef. (0/a)	.63	.63	.63																																			
VE-50/10	Conc. (m3)	.023	.023	.023																																			
	A.Presf(0/a)	1.26	2.10	2.10																																			
	A.Fef. (0/a)	1.00	1.00	1.00																																			
LE-100/10	Conc. (m3)	.029	.029	.029	.029	.029																																	
	A.Presf(0/a)	.73	1.11	1.10	1.11	1.43	1.47	1.35	2.71	2.70	3.60																												
	A.Fef. (0/a)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																												
LE-100/15	Conc. (m3)	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029	.029
	A.Presf(0/a)	.73	.74	1.10	1.11	1.43	1.47	1.35	2.71	2.70	3.60																												
	A.Fef. (0/a)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																												
LE-120/20	Conc. (m3)	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109	.109
	A.Presf(0/a)	.81	.82	.77	.82	1.03	1.50	1.38	2.24	2.25	2.62	3.38																											
	A.Fef. (0/a)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																											
LE-120/25	Conc. (m3)	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	.131	
	A.Presf(0/a)	.81	.82	.83	.73	.73	1.23	1.50	2.24	2.25	2.24	2.70	3.75	3.75																									
	A.Fef. (0/a)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																									
TI-250/40	Conc. (m3)		.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	.117	
	A.Presf(0/a)	.29	.45	.59	.89	1.08	1.08	1.30	1.30	1.60	1.94	2.59	2.59	3.24	3.89																								
	A.Fef. (0/a)					7.60	7.61	7.39	7.51	7.30	7.81	7.30	7.61	7.30	7.60	7.60	7.61	7.60																					
TI-250/50	Conc. (m3)				.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	.133	
	A.Presf(0/a)	.59	.72	.89	1.08	1.08	1.30	1.30	1.50	1.94	2.59	2.59	3.24	3.89																									
	A.Fef. (0/a)				7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35		
TI-250/60	Conc. (m3)				.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	.148	
	A.Presf(0/a)	.59	.72	.72	1.08	1.08	1.20	1.30	1.89	1.20	1.95	2.52	2.52	3.24	3.24	3.89	3.89	4.54																					
	A.Fef. (0/a)				7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	
TI-250/60	Conc. (m3)				.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	.174	
	A.Presf(0/a)	.59	.72	.72	.69	1.08	1.30	1.30	1.44	1.60	1.80	1.95	2.17	2.52	2.52	3.24	3.24	3.89	3.89	4.54																			
	A.Fef. (0/a)				7.58	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	
T-250/60	Conc. (m3)							.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	.152	
	A.Presf(0/a)	.97	1.30	1.30	1.30	1.62	1.62	1.94	1.94	2.27	2.59	2.59	2.92	2.92	3.24	3.24	3.56	3.56	3.89																				
	A.Fef. (0/a)							5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71	
T-250/70	Conc. (m3)							.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	.160	
	A.Presf(0/a)	.97	.57	1.30	1.29	1.62	1.62	1.94	1.94	2.27	2.27	2.59	2.59	2.92	2.92	3.24	3.24	3.56	3.56	3.89																			
	A.Fef. (0/a)							5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	
T-250/100	Conc. (m3)							.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168	.168
	A.Presf(0/a)	.97	1.20	1.29	1.30	1.62	1.62	1.94	1.94	2.27	2.27	2.59	2.59	2.92	2.92	3.24	3.24	3.56	3.56	3.89																			
	A.Fef. (0/a)							5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	5.79	
T-250/120	Conc. (m3)							.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184	.184
	A.Presf(0/a)	.97	1.30	1.30	1.30	1.62	1.62	1.94	1.94	2.27	2.27	2.59	2.59	2.92	2.92	3.24	3.24	3.56	3.56	3.89																			
	A.Fef. (0/a)							5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	

NOTA: LOS MATERIALES ESTAN DADOS POR M2 DE LOSA



## **CAPITULO IV**

**ASPECTOS DE FABRICACION,  
TRANSPORTE Y MONTAJE**



#### IV. ASPECTOS DE FABRICACION, TRANSPORTE Y MONTAJE

##### IV.1 ASPECTOS DE FABRICACION

La producción de los elementos prefabricados presforzados se puede realizar indistintamente en una planta de fabricación o a pie de obra, como se mencionó anteriormente. - La diversidad de sus aplicaciones es enorme, por lo tanto la variedad de procesos industriales de fabricación está en función del elemento que se vaya a producir.

El principio de la prefabricación debe ser: poco consumo de mano de obra, producción muy rápida y alta calidad. La prefabricación de elementos presforzados se hace normalmente en patios donde se tienen los moldes, maquinaria apropiada para maniobras dentro de la planta y mesas de colado que cuentan con los muertos en los extremos para el anclaje de los cables del pretensado y el equipo necesario para el curado de los elementos.

El proceso de fabricación de piezas prefabricadas pretensadas es el siguiente: habilitación del acero de refuerzo y preparación del molde, colocación del armado dentro del molde, habilitación y tensado de los cables de presfuerzo anclándolos en los muertos o en el molde si éste es autotensable, colado del concreto, endurecimiento del concreto por medio del curado a vapor, cuando el elemento haya adquirido el 80% de su resistencia se sueltan los cables efectuándose la transferencia de la fuerza de presfuerzo, desmoldeo del elemento y se repite el ciclo.

Existen varios tipos de fabricación dentro de los ---  
cuales los más comunes son:

- a) Fabricación con molde fijo.
- b) Fabricación con molde deslizante.
- c) Fabricación por medio de extrusión.

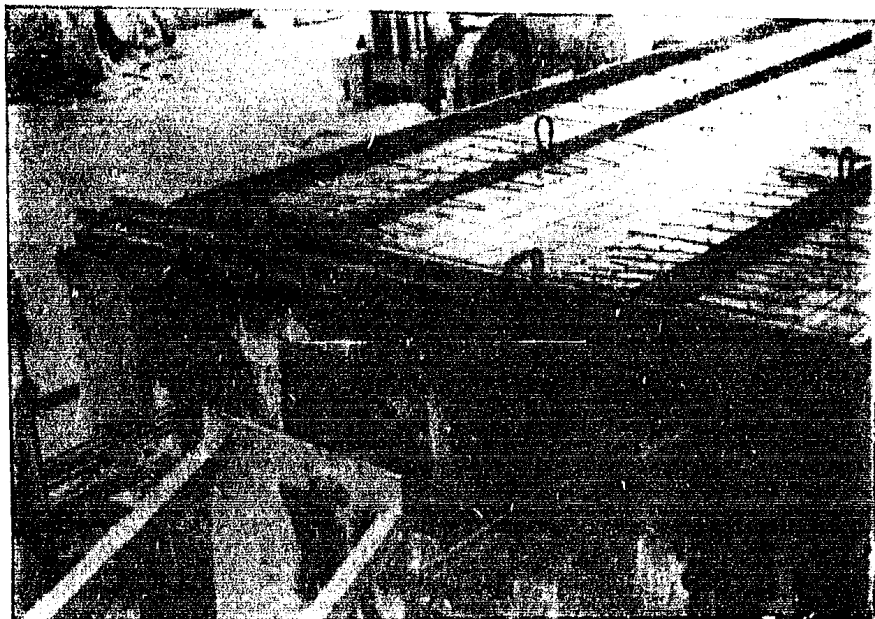


Fig. 4.1. FABRICACION CON MOLDE FIJO

Dentro de la fabricación con molde fijo, se encuen---  
tran aquellos elementos, que como lo indica su nombre son fa-  
bricados en moldes cuyas paredes son fijas y el desmoldeo se  
hace por volcadura, o izando la pieza separándola del molde.

Por otro lado, también se encuentran dentro de esta categoría aquellos moldes en los que para desmoldar la pieza, las paredes laterales se remueven.

La fabricación por molde deslizante es parecida a la anterior a excepción de que una parte del molde se desliza a lo largo de la mesa de colado dejando la geometría del elemento a su paso. En este tipo de fabricación, el concreto que se utiliza debe ser de bajo revenimiento para que al deslizar el molde no pierda su configuración.

Ahora bien, la fabricación por medio de la extrusión, como se comentó en el capítulo II, se utilizó una máquina especial que empujándose del concreto colado a través de ella, avanza dejando la pieza con la geometría requerida, sin la necesidad de utilizar moldes.

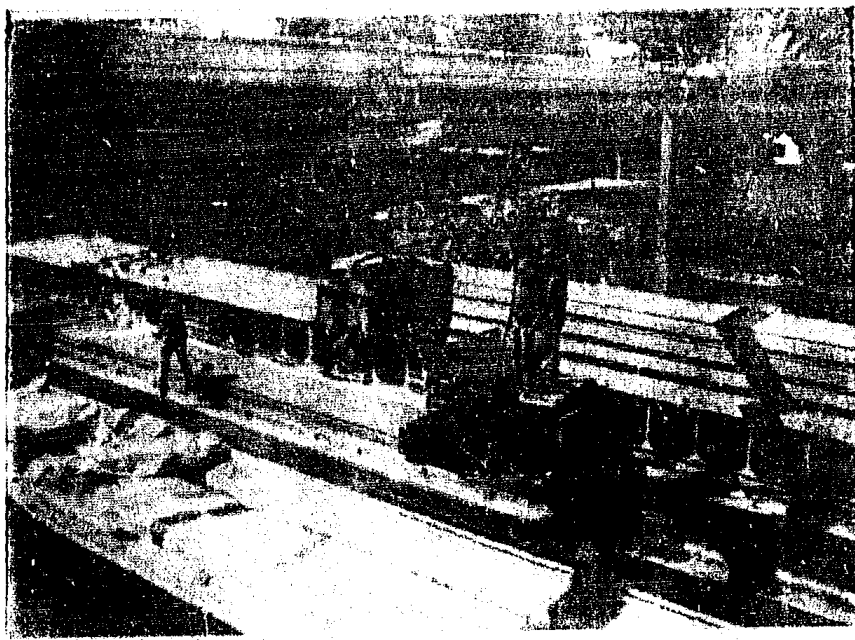


Fig. 4.2. FABRICACION POR MEDIO DE EXTRUSION

Los moldes que se utilizan dentro de la prefabricación pueden ser de diversos materiales tales como madera, plástico, concreto y de acero, siendo éste último el más utilizado por su facilidad en su mantenimiento y su durabilidad pudiendo obtener un gran número de colados con un sólo molde.

La prefabricación a pie de obra se utiliza cuando se trata de una obra que por su importancia y magnitud (ya sea por el número de piezas o por sus dimensiones que dificulten su transporte), justifiquen la instalación necesaria para su fabricación.

El equipo para maniobras que se utiliza en las plantas de productos precolados pueden clasificarse en:

a) Grúas viajeras: utilizadas en plantas con naves de fabricación alargadas generalmente cubiertas. Son eficientes, rápidas y tienen capacidades importantes, sin embargo su campo de acción está limitado a la zona de la nave exclusivamente.

b) Grúas portal: también llamadas de pórtico o marcos. Son lentas y generalmente se mueven sobre rieles o sobre llantas las cuales les dá mucha libertad de movimiento pudiendo trasladarse desde una zona de fabricación a otra sin dificultad.

c) Grúas de patio: generalmente son gruas pequeñas montadas sobre ruedas que se utilizan como elementos auxiliares para las maniobras en planta. Son de gran versatilidad y gran libertad de movimiento.

d) Camiones con plataformas: se utilizan cuando dentro de la planta se tiene que transportar una pieza grande o varias piezas que salen del molde para su almacenaje.

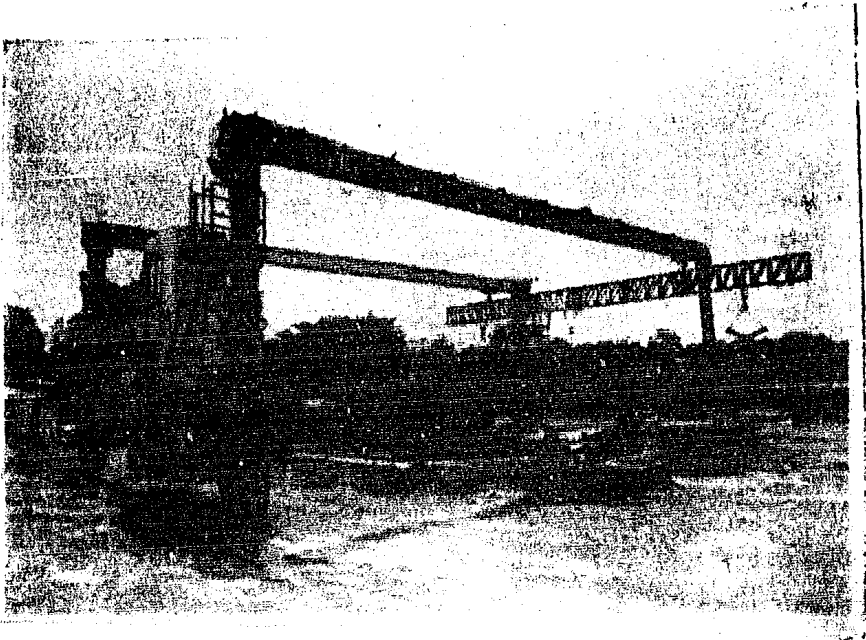


Fig. 4.3. GRUA PORTICO PARA MANIOBRAS

#### IV. ASPECTOS DE TRANSPORTE

Una desventaja de los sistemas prefabricados en planta es la necesidad de transportar los productos hasta el lugar de la obra a la que están destinados. Las piezas prefabricadas sólo resultan económicas cuando puedan ser transportadas y montadas con un gasto que unido al costo de fabricación quede por -

debajo de la construcción realizada por métodos convencionales.

Los transportes pueden efectuarse por carretera ferrocarril o en algunos casos por vía fluvial o marítima. En México el flete más económico es el ferroviario, pero se tiene la desventaja de la necesidad de transportar las piezas de la planta a la estación y de la estación más cercana a la obra, por lo que el medio de transporte más utilizado es el carretero, puesto que en la mayoría de las obras sólo es posible llegar por éste medio de comunicación.

Existen ciertas limitaciones para el transporte de productos por carretera y se necesitan de permisos especiales para su traslado. Los productos prefabricados se pueden transportar en plataformas de 12 m. de longitud y 2.5 m. de ancho, plataformas bajas y para piezas de mayor longitud se utilizan remolques llamados "dollies". El elemento se apoya en un extremo en lo que se llama la quinta rueda del trailer y en el otro en el "dolly". Cuando la pieza es muy larga, suele remeterse el "dolly" para acortar la distancia entre el trailer y el remolque y facilitar las maniobras durante su transporte, cuidando que la pieza tenga el refuerzo necesario para el voladizo que quede. Se debe tener mucho cuidado en la fijación de los elementos en las plataformas y dollis para evitar que las piezas se deslicen pudiendo dañarse o causar algún accidente. De esta forma se han podido transportar elementos de más de 35 m. de longitud y 40 toneladas de peso.

#### IV. ASPECTOS DE MONTAJE

El montaje es otro aspecto que influye grandemente sobre el costo de una estructura. El elemento básico del montaje es la grúa montada sobre camión o sobre orugas, debido a su alta capacidad y gran movilidad. Este tipo de grúas pueden llegar a capacidades de carga bastante elevadas y alturas considerables simplemente aumentando o disminuyendo la longitud de la pluma. Este tipo de grúas se pueden dividir en estructurales e hidráulicas de acuerdo al tipo de pluma que tenga. Las grúas estructurales tienen pluma de celosía la cual debe desarmarse en tramos para obtener la longitud deseada, mientras que las grúas hidráulicas, por medio de gatos "sacan" la pluma necesaria, haciéndolas más versátiles. En algunos casos también se utilizan las llamadas grúas torre y grúas pórtico para el montaje de elementos prefabricados.

Por tratarse de maquinaria, que en su mayoría son de importación, y por la mano de obra especializada que se requiere, el costo de una grúa con su cuadrilla es muy alto. He aquí la necesidad de proyectar las obras de estructuras prefabricadas de tal manera que los tiempos necesarios para el montaje sean mínimos. Claro está que el costo del transporte y del montaje se compensa con la rapidez y limpieza con que una obra prefabricada puede realizarse, en comparación con una obra construida con el sistema tradicional; por lo que para cada proyecto en particular se debe analizar si se justifica la utilización de elementos prefabricados.

CAPITULO V

CONCLUSION



## V. CONCLUSION

Como se explicó en el capítulo anterior, hay que tomar en cuenta que cada elemento tiene un método diferente de fabricación. La mano de obra, los moldes y la maquinaria necesaria para la fabricación de los elementos prefabricados - que se analizaron en este trabajo, es distinta para cada uno de ellos, y aún cuando se hayan tomado materiales de iguales características para todos los elementos, el costo de fabricación varía de acuerdo al tipo de pieza de que se trate.

De igual forma, el transporte también varía con cada elemento. Piezas de más de 12 metros de longitud, generalmente ya no pueden ser transportadas en camiones con plataforma, por lo que se necesitan remolques especiales o dollies, además de camionetas "madrinas" para prevención, elevando el costo del transporte. Cuando se tratan de piezas chicas, o que sus dimensiones y peso lo permiten, es posible transportar dos o más piezas en un sólo viaje por lo que el precio por metro cuadrado de este concepto se reduce.

Con respecto al montaje, para elementos tales como la vigueta y bovedilla no requieren de grúas o maquinaria especial pues pueden ser montadas a mano con la ayuda de una cuadrilla de albañiles cuando las construcciones sean bajas, o con un malacate para entrepisos más elevados. Por otro lado elementos como la Doble T o la Viga T por su peso y dimensiones, necesariamente tienen que ser montadas con grúas. - Ahora bien, como estos elementos tienen un ancho mayor, cubren un área bastante grande y en una sólo operación de grúa

se montan más metros cuadrados de losa, reduciendo el costo por metro cuadrado de éste concepto. El precio del montaje está en relación directa con la altura del entrepiso. Mientras más alto sea éste, el precio del montaje se eleva pues se tendría que trabajar con una pluma de mayor longitud dificultando las maniobras.

Para poder hacer una comparación más objetiva y tomando en cuenta todas las consideraciones anteriores, se obtuvo a partir de la cuantificación de los materiales (concreto, acero de presfuerzo y acero de refuerzo), el precio de la fabricación, el transporte y el montaje por metro cuadrado de losa de los diferentes tipos de elementos analizados, sin tomar en cuenta la colocación de la capa de compresión que forma la sección compuesta. Para calcular el precio del transporte se tomó un radio de acción de 200 Km. de la planta de prefabricación; y para el montaje se consideró la altura de un tercer nivel, dando por resultado las tablas que se presentan a continuación.

De acuerdo al análisis realizado en el Capítulo III, se obtuvieron las longitudes a las que cada tipo de elemento puede llegar para las sobrecargas consideradas. Cada tabla corresponde a una sobrecarga (150, 350, 600 o 800 Kg/m<sup>2</sup>), donde se presentan los precios de los tres conceptos mencionados (Fabricación, Transporte y Montaje) por metro cuadrado de losa, de acuerdo a la longitud y elemento deseado. Obviamente, los precios que se tomaron son los que prevalecían durante la realización de este trabajo, y debido al alto índice inflacionario que tiene nuestro país, éstos pueden variar en un lapso corto de tiempo; pero la comparación entre elementos será siendo válida, puesto que si aumenta cualquiera de los insumos considerados, repercutirá en todos los elementos.

Como ejemplo de una comparación entre los diferentes elementos, se tomará la tabla correspondiente a la sobrecarga de 350 Kg/m<sup>2</sup> escogiendo tres longitudes diferentes.

Para la longitud de 6 m. se tienen 5 tipos de elementos capaces de resistir tal sobrecarga: Losa Extruída de 10, 15, 20 y 25 cm. de peralte y Doble TT de 40 cm. de peralte. El precio total de fabricación, transporte y montaje para cada uno de ellos es el siguiente:

LE-100/10	.....	\$5,204.00/m <sup>2</sup>
LE-100/15	.....	\$5,230.00/m <sup>2</sup>
LE-120/20	.....	\$5,320.00/m <sup>2</sup>
LE-120/25	.....	\$6,038.00/m <sup>2</sup>
TT-250/40	.....	\$9,248.00/m <sup>2</sup>

Por lo que podemos concluir que para la longitud de 6 m. la pieza más económica es la Losa Extruída de 10 cm. de peralte.

Siguiendo el mismo procedimiento para la longitud de 12.5 m. se tienen los siguientes elementos:

TT-250/40	.....	\$7,318.00/m <sup>2</sup>
TT-250/50	.....	\$7,269.00/m <sup>2</sup>
TT-250/60	.....	\$7,415.00/m <sup>2</sup>
TT-250/80	.....	\$7,863.00/m <sup>2</sup>
T-250/80	.....	\$7,427.00/m <sup>2</sup>
T-250/90	.....	\$7,527.00/m <sup>2</sup>
T-250/100	.....	\$7,693.00/m <sup>2</sup>

Por lo que la pieza más económica para la longitud de 12.5 m. es la Losa Doble TT de 50 cm. de peralte.

Por último, para la longitud de 17,0 m. se tienen los siguientes elementos:

TT-250/60	.....	\$8,047.00/m <sup>2</sup>
TT-250/80	.....	\$8,293.00/m <sup>2</sup>
T-250/80	.....	\$7,852.00/m <sup>2</sup>
T-250/90	.....	\$7,845.00/m <sup>2</sup>
T-250/100	.....	\$8,007.00/m <sup>2</sup>
T-250/120	.....	\$8,162.00/m <sup>2</sup>

Siendo en esta ocasión la Viga T de 90 cm. de peralte la pieza más económica para la longitud de 17.0 m.

A continuación se presentan las tablas comparativas para cada una de las sobrecargas consideradas.



## TABLA COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS DE LOSAS ANALIZADOS

**SOBRECARGA = 350 kg/m<sup>2</sup>**

LOSA TIPO	CONCEP TO	L O N G I T U D																																						
		3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0				
VB-80/18	Fab.	\$ 1259	\$ 1313	\$ 1313	\$ 1419	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Transp.	\$ 1150	\$ 1150	\$ 1150	\$ 1150	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Mont.	\$ 363	\$ 363	\$ 363	\$ 363	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
VB-70/18	Fab.	\$ 1357	\$ 1419	\$ 1420	\$ 1541	\$ 1569	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Transp.	\$ 1314	\$ 1314	\$ 1314	\$ 1314	\$ 1314	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Mont.	\$ 414	\$ 414	\$ 414	\$ 414	\$ 414	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
VB-60/18	Fab.	\$ 1489	\$ 1561	\$ 1562	\$ 1721	\$ 1703	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Transp.	\$ 1533	\$ 1533	\$ 1533	\$ 1533	\$ 1533	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Mont.	\$ 483	\$ 483	\$ 483	\$ 483	\$ 483	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
VB-50/18	Fab.	\$ 1674	\$ 1760	\$ 1761	\$ 1930	\$ 1930	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Transp.	\$ 1840	\$ 1840	\$ 1840	\$ 1840	\$ 1840	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Mont.	\$ 580	\$ 580	\$ 580	\$ 580	\$ 580	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
LE-100/10	Fab.	\$ 0	\$ 2280	\$ 2282	\$ 2376	\$ 2473	\$ 2570	\$ 2791	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Transp.	\$ 0	\$ 1080	\$ 1080	\$ 1080	\$ 1080	\$ 1080	\$ 1080	\$ 1080	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	Mont.	\$ 0	\$ 2286	\$ 2000	\$ 1778	\$ 1600	\$ 1495	\$ 1333	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
LE-100/15	Fab.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 2634	\$ 2745	\$ 2751	\$ 2817	\$ 2908	\$ 2931	\$ 3159	\$ 3125	\$ 3376	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Transp.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1000	\$ 1000	\$ 1000	\$ 1000	\$ 1000	\$ 1000	\$ 1000	\$ 1000	\$ 1000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	Mont.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1778	\$ 1600	\$ 1455	\$ 1333	\$ 1231	\$ 1143	\$ 1067	\$ 1000	\$ 941	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
LE-120/20	Fab.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 2654	\$ 2912	\$ 3064	\$ 3079	\$ 3183	\$ 3195	\$ 3290	\$ 3390	\$ 3596	\$ 3760	\$ 3945	\$ 3924	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Transp.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1133	\$ 1133	\$ 1135	\$ 1133	\$ 1133	\$ 1133	\$ 1133	\$ 1133	\$ 1133	\$ 1133	\$ 1133	\$ 1133	\$ 1133	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Mont.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1333	\$ 1212	\$ 1111	\$ 1026	\$ 952	\$ 899	\$ 833	\$ 784	\$ 741	\$ 702	\$ 667	\$ 635	\$ 606	\$ 580	\$ 556	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
LE-120/25	Fab.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 3382	\$ 3470	\$ 3471	\$ 3556	\$ 3527	\$ 3602	\$ 3617	\$ 3694	\$ 3609	\$ 3928	\$ 3930	\$ 4010	\$ 4190	\$ 4271	\$ 4624	\$ 4627	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Transp.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 1371	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Mont.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1481	\$ 1333	\$ 1212	\$ 1111	\$ 1026	\$ 952	\$ 899	\$ 833	\$ 784	\$ 741	\$ 702	\$ 667	\$ 635	\$ 606	\$ 580	\$ 556	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
TT-250/40	Fab.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 4115	\$ 4101	\$ 4112	\$ 4103	\$ 4190	\$ 4228	\$ 4224	\$ 4342	\$ 4375	\$ 4372	\$ 4520	\$ 4527	\$ 4686	\$ 4654	\$ 4652	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Transp.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 4333	\$ 4000	\$ 3714	\$ 3467	\$ 3250	\$ 3059	\$ 2899	\$ 2737	\$ 2600	\$ 2476	\$ 2364	\$ 2261	\$ 2167	\$ 2060	\$ 2170	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	Mont.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 800	\$ 738	\$ 686	\$ 640	\$ 600	\$ 565	\$ 533	\$ 505	\$ 480	\$ 457	\$ 436	\$ 417	\$ 400	\$ 384	\$ 369	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
TT-250/50	Fab.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 4338	\$ 4386	\$ 4423	\$ 4467	\$ 4451	\$ 4502	\$ 4478	\$ 4618	\$ 4614	\$ 4649	\$ 4796	\$ 4806	\$ 4797	\$ 4965	\$ 4963	\$ 5125	\$ 5129	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Transp.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 3714	\$ 3467	\$ 3250	\$ 3059	\$ 2899	\$ 2737	\$ 2600	\$ 2476	\$ 2364	\$ 2261	\$ 2167	\$ 2060	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	Mont.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 686	\$ 640	\$ 600	\$ 565	\$ 533	\$ 505	\$ 480	\$ 457	\$ 436	\$ 417	\$ 400	\$ 384	\$ 369	\$ 356	\$ 343	\$ 331	\$ 320	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
TT-250/60	Fab.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 4672	\$ 4688	\$ 4684	\$ 4714	\$ 4761	\$ 4749	\$ 4803	\$ 4793	\$ 4923	\$ 4914	\$ 4951	\$ 5093	\$ 5099	\$ 5104	\$ 5079	\$ 5268	\$ 5312	\$ 5431	\$ 5426	\$ 5595	\$ 5760	\$ 5760	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0		
	Transp.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 3467	\$ 3250	\$ 3059	\$ 2899	\$ 2737	\$ 2600	\$ 2476	\$ 2364	\$ 2261	\$ 2167	\$ 2060	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170		
	Mont.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 640	\$ 600	\$ 565	\$ 533	\$ 505	\$ 480	\$ 457	\$ 436	\$ 417	\$ 400	\$ 384	\$ 369	\$ 356	\$ 343	\$ 331	\$ 320	\$ 310	\$ 300	\$ 291	\$ 282	\$ 274	\$ 267	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0		
TT-250/80	Fab.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5256	\$ 5249	\$ 5259	\$ 5324	\$ 5322	\$ 5375	\$ 5371	\$ 5399	\$ 5490	\$ 5428	\$ 5523	\$ 5516	\$ 5664	\$ 5663	\$ 5809	\$ 5842	\$ 5841	\$ 5840	\$ 6008	\$ 6002	\$ 6001	\$ 6169	\$ 6169	\$ 6169	\$ 6169	\$ 6169	\$ 6169	\$ 6169	\$ 6169		
	Transp.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 2339	\$ 2737	\$ 2600	\$ 2476	\$ 2364	\$ 2261	\$ 2167	\$ 2060	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170	\$ 2170			
	Mont.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 533	\$ 505	\$ 480	\$ 457	\$ 436	\$ 417	\$ 400	\$ 384	\$ 369	\$ 356	\$ 343	\$ 331	\$ 320	\$ 310	\$ 300	\$ 291	\$ 282	\$ 274	\$ 267	\$ 259	\$ 253	\$ 246	\$ 240	\$ 240	\$ 240	\$ 240	\$ 240	\$ 240			
T-250/80	Fab.	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 4762	\$ 4647	\$ 4833	\$ 4824	\$ 4905	\$ 4899	\$ 4896	\$ 4																						

**TABLA COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS DE LOSAS ANALIZADOS**

**SOBRECARGA = 600 kg/m<sup>2</sup>**

LOSA TIPO	CONCEPTO	LONGITUD																																				
		3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0		
VB-90/18	Fab.	\$ 1311	\$ 1418	\$ 1418	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
	Transp.	\$ 1150	\$ 1150	\$ 1150	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	Mont.	\$ 363	\$ 363	\$ 363	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0

NOTA: LOS PRECIOS ESTAN DADOS POR m<sup>2</sup> DE LOSA





Con este trabajo se pretende presentar objetivamente las características generales de los elementos prefabricados y presforzados que comunmente se usan para losas de entrepi\_ so, dándoles un precio lo suficientemente real como para que se tenga una base en la elección del tipo de elemento que -- más convenga a las necesidades de cualquier proyecto. Hay que hacer notar que no necesariamente el elemento más econó\_ mico es la mejor solución, sino que de acuerdo al proyecto se comparen las diferentes alternativas de losas prefabrica\_ das y se escoja aquella que por sus características físicas y económicas satisfagan los requerimientos del proyecto en - particular.

Sólo resta puntualizar que la época actual se caracte\_ riza por un acelerado cambio en todos los campos, especial\_ mente en el tecnológico. En los últimos cien años la humani\_ dad ha evolucionado a un ritmo sorprendente tratando de bus\_ car soluciones más rápidas y eficientes a los problemas que día con día surgen. En el campo de la construcción, especí\_ ficamente en la edificación, para solucionar el problema de la habitación, se requiere de construcciones de viviendas -- más rápidas. La utilización de elementos prefabricados es - una alternativa en la búsqueda por soluciones óptimas que re\_ fuercen el desarrollo de México.

**BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

Allen, A.H.

INTRODUCCION AL CONCRETO PRESFORZADO. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. 1a. Edición en español. México, 1979.

Branson, E. Dan

DISEÑO DE VIGAS DE CONCRETO PRESFORZADO. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México, 1981.

Dominguez Meneses, Enrique.

EL CONCRETO EN LA PREFABRICACION Y EL PRESFUERZO. Revista IMCYC. No. 153, Enero 1984. pp. 37-45. México.

Gerwick Jr., C. Ben

CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO. Editorial Limusa. México, 1978.

González, O.H.; Robles, F.; Casillas, J.; Díaz de Cossio, R.

ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO. Editorial Limusa. México, 1981.

I.M.C.Y.C.

REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO (ACI-318-77) Y COMENTARIOS. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. 1a. Edición. México, 1979.

Koncz, Tihamér.

MANUAL DE LA CONSTRUCCION PREFABRICADA. Tomo I. Editorial Blume. Madrid, 1968.

Lin, T. Y.

EL CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO. Compañía Editorial Continental. 2a. Edición en español. México, 1959.

Naaman, E. Antoine.

PRESTRESSED CONCRETE, ANALYSIS AND DESIGN FUNDAMENTALS. Mc. Graw Hill Book Company.

Nilson, A.H.

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO. Editorial Limusa. 1a. Edición. México, 1982.

**Prestressed Concrete Institute.**

PCI DESIGN HANDBOOK. Prestressed Concrete Institute. 1a. Edición. Chicago, Illinois, 1971

**Schneider, L. M.**

TRANSPORTE Y COLOCACION DE PRODUCTOS DE CONCRETO. Revista IMCYC. No.144, Abril 1983. pp. - 43-48. México.

**Scott L. Norman**

CONCRETO PREFABRICADO Y PRESFORZADO: PERSPECTIVA PARA LOS 80 EN ESTADOS UNIDOS Y CANADA. Revista IMCYC. No. 144, Abril 1983. pp. 27-31. México.