

15

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"

### TRABE DOBLE T DE CONCRETO PRESFORZADO, ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA

TESIS PROFESIONAL

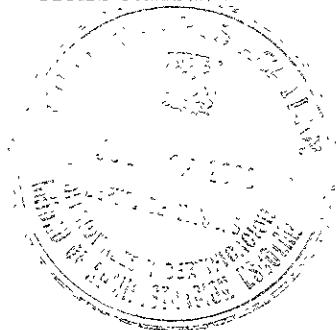
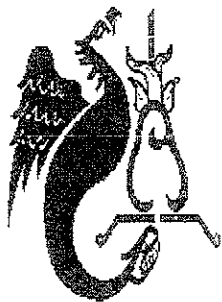
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

FERMIN MONDRAGON LEMUS

ASESOR: M. EN I. ROLANDO REYES GRECO



JULIO DEL 2000



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

SR. FERMÍN MONDRAGÓN LEMUS.  
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.  
PRESENTE.

En atención a su solicitud presentada con fecha de 06 de mayo de 1998, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa aprobó el tema que propuso, para que lo desarrolle como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

" TRASE DOBLE T DE CONCRETO PRESFORZADO, ANÁLISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA ".

INTRODUCCION

1. CONCRETO PRESFORZADO Y TECNICAS DE PRESFUERZO
2. ANÁLISIS Y DISEÑO DE TRASE DOBLE T DE CONCRETO PRESFORZADO.
3. FABRICACION DE LA TRASE DOBLE T DE CONCRETO PRESFORZADO
4. MONTAJE EN OBRA DE LA TRASE DOBLE T DE CONCRETO PRESFORZADO

CONCLUSIONES

Asimismo fue designado como asesor de tesis el M. en I. ROLANDO REYES GRECO, pido a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Esta comunicación deberá publicarse en el interior del trabajo profesional.

ATENTAMENTE.  
" POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU "  
Acatlán Edo. de México a 11 de julio del 2000.

Jefe del Programa

Ing. Enrique del Castillo Fragos



ENEP-ACATLAN  
JEFATURA DEL  
PROGRAMA DE INGENIERIA

*A Dios*

*Por darme la oportunidad de estar vivo y  
tener la capacidad de admirar  
día a día su grandeza.*

*A la Virgen de Guadalupe*

*Porque siendo estudiante siempre busque en ella  
fuera mi intercesora ante Dios.*

*A mi esposa Adriana y a mi hija Lupita*

*Por su amor, su comprensión, por enseñarme día con día, que vale  
la pena vivir y que teniendo metas, debemos luchar  
por alcanzarlas y hacerlas realidad por muy  
lejanas que estas parezcan.*

*A mis Padres*

*Por su cariño, su apoyo incondicional y consejos,  
que han sido la base para mi formación y para  
lograr esta meta que también es suya.*

*A la ENEP ACATLAN y Profesores*

*Por que en sus aulas y con los conocimientos de los Profesores,  
he obtenido las bases académicas y la ética para ser un  
profesional y con orgullo realizar mi encomienda.*

*Al Ingeniero Octavio Romero Andrade.*

*Por su amistad desinteresada y por compartir sus conocimientos y  
experiencia, esenciales para el desarrollo de este trabajo.*

*Al Ingeniero Francisco Moreno Fierros*

*Por que fue parte fundamental para darle vida a este proyecto y  
en gran medida refleja las inquietudes por la integración de  
nuevos y mejores conocimientos técnicos para  
la formación de las futuras generaciones  
de ingenieros.*

*Al M. en I. Rolando Reyes Greco*

*Por aceptar la continuidad de este trabajo iniciado con el Ing. Francisco  
Moreno Fierros, por sus consejos, por su atinada dirección y  
por su paciencia para la realización de este trabajo.*

**GRACIAS**

# INDICE

INTRODUCCION	1
--------------	---

## CAPITULO 1 CONCRETO PRESFORZADO Y TECNICAS DE PRESFUERZO

1.1 BREVE RESEÑA DEL CONCRETO PRESFORZADO	3
1.2 CONCEPTOS BASICOS	6
1.3 SISTEMAS DE PRESFUERZO	8

## CAPITULO 2 ANALISIS Y DISEÑO DE TRABE DOBLE T DE CONCRETO PRESFORZADO

2.1 USO DE LA TRABE DOBLE T	16
2.2 SOLICITACIONES	19
2.3 ANALISIS	22
2.4 DISEÑO A FLEXION	36
2.5 DISEÑO POR CORTANTE	45
2.6 DISEÑO POR TEMPERATURA	46
2.7 COMENTARIOS	47

## CAPITULO 3 FABRICACION DE LA TRABE DOBLE T DE CONCRETO PRESFORZADO

3.1 TECNICA UTILIZADA	78
3.2 TIPOS Y CARACTERISTICAS DEL ACERO	80

**3.3 CARACTERISTICAS ESPECIALES DEL CONCRETO FABRICACION Y COLADO 83**

**3.4 CIMBRADO Y DESCIMBRADO 90**

**3.5 CONTROL DE CALIDAD 93**

**CAPITULO 4 MONTAJE EN OBRA DE LA TRABE DOBLE T DE CONCRETO PRESFORZADO**

**4.1 CARACTERISTICAS GENERALES 102**

**4.2 TRASLADO A OBRA 104**

**4.3 MONTAJE EN OBRA 109**

**4.3.1 MAQUINARIA 110**

**4.3.2 MANO DE OBRA 117**

**4.3.3 SEGURIDAD 124**

**4.4 CASO ESPECIFICO 127**

**CONCLUSIONES 149**

**BIBLIOGRAFIA 151**

**ANEXO I  
CERTIFICADOS DE CALIDAD**

**ANEXO II  
LOSAS DOBLE T**

## INTRODUCCION

El propósito de esta tesis es familiarizar a los estudiantes de ingeniería con los principios fundamentales del diseño de elementos estructurales de concreto presforzado, aplicados a la sección Doble T.

El presfuerzo se define como la creación intencional de esfuerzos permanentes en una estructura con el objeto de mejorar su comportamiento y su resistencia bajo varias condiciones de carga. El concreto presforzado, como concepto estructural, combina las características más convenientes de dos materiales de construcción bien conocidos, concreto y acero. El concreto, que es uno de los materiales estructurales más económicos, es capaz de resistir esfuerzos de compresión relativamente altos; sin embargo, su resistencia a la tensión es únicamente del 10 al 15 por ciento de su resistencia a la compresión, el acero es un material resistente a la tensión. El concreto presforzado combina estos materiales en sus capacidades más efectivas.

Una manera de aumentar la eficiencia consiste en usar materiales básicos de calidad superior, utilizando concreto que tenga una resistencia aproximadamente el doble de la usual y acero que es aproximadamente seis veces más resistente que el acero normal de refuerzo. Estos materiales de calidad superior tienen también propiedades que son necesarias para evitar la pérdida de la fuerza de presfuerzo. Estas propiedades se analizarán más adelante.

El presforzado, además de utilizar materiales de calidad superior, los combina de la manera más eficiente. Estirando el acero antes de que quede adherido al concreto (presforzándolo) se inducen esfuerzos de compresión en el concreto. Así, el acero, que es resistente a la tensión, es estirado en tanto que el concreto, que es más resistente a la compresión, es precomprimido. Y si el acero y por lo tanto las zonas resultantes en compresión, es localizado en el miembro en las zonas donde ocurrirán esfuerzos de tensión bajo carga se habrán utilizado estos materiales en su forma más eficiente y se habrá logrado un miembro presforzado.

En este trabajo se cubren cuatro áreas importantes para el diseño de concreto presforzado.

**Capítulo Primero:** Remembranza de los inicios del concreto presforzado hasta nuestros días, las técnicas del concreto presforzado y los términos técnicos más usuales en la industria del presfuerzo.

**Capítulo Segundo:** Se comenta el uso de la trabe Doble T; se analizan las condiciones principales de diseño, esto es flexión, cortante y temperatura, se discuten ejemplos de diseño aplicados a obras. Así mismo se ilustran las características esenciales de los reglamentos y códigos más usuales.

**Capítulo Tercero:** Se discuten las propiedades de los materiales básicos, concreto y acero, haciendo énfasis en las propiedades físicas que afectan al presforzado. Se habla de las instalaciones requeridas para una planta de fabricación de elementos presforzados; la técnica de presfuerzo usada en la planta, la fabricación del concreto, su transportación, colocación y el curado, las características especiales de las cimbras que dan la forma a las secciones transversales, el control de calidad aplicado en la planta de prefabricados.

**Capítulo Cuarto:** Se habla de las características del equipo de transporte especial que se usa para la transportación de los prefabricados a la obra y del equipo de montaje, así como las condiciones necesarias de obra para elegir el más adecuado. Se realiza un ejemplo del cálculo para saber el tipo y capacidad de grúa más óptima.

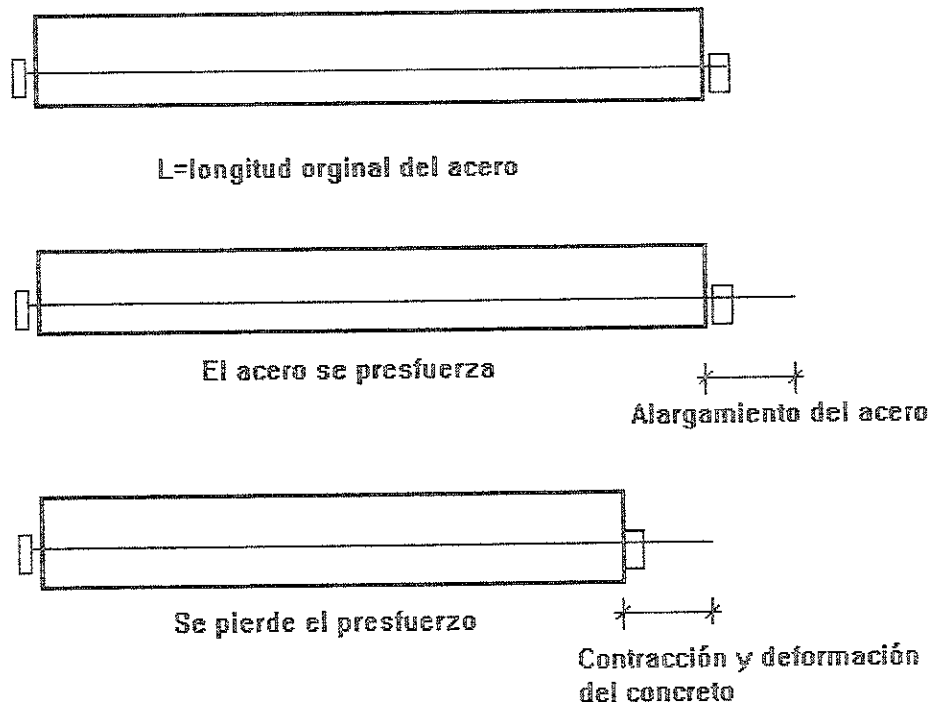


# CAPITULO 1 CONCRETO PRESFORZADO Y TECNICAS DE PRESFUERZO.

## 1.1 BREVE RESEÑA DEL CONCRETO PRESFORZADO.

Presfuerzo significa aplicar esfuerzos permanentes a una estructura con el fin de mejorar la resistencia y comportamiento ante las cargas de servicio. El presfuerzo se aplicó hace muchos años, tal vez siglos, al atar cintas o bandas metálicas alrededor de duelas de madera para construcción de barriles. Al apretar los cinchos, se crea presfuerzo de compresión entre las duelas y consecuentemente resistir los esfuerzos internos provocados por el líquido. Es decir, se inducía presfuerzo en la duela y los cinchos para mejorar el comportamiento ante cualquier carga de servicio.

Este principio fue aplicado en 1886 por P. H. Jackson, ingeniero de San. Francisco, California, al obtener la patente para unir varilla de acero en arcos de concreto y piedras artificiales que servían como losas de pisos como se ilustra en la fig 1. En 1888, C. E. W. Doehring, de Alemania aseguró una patente de concreto reforzado con metal que tenía aplicado un esfuerzo de tensión antes de que fuera cargado el elemento. Esta aplicación se basa en la capacidad del concreto es resistir esfuerzos de compresión y su débil comportamiento a la tensión, al presforzar el acero contra el concreto la pondría bajo esfuerzos de compresión, de manera que se podría utilizar para compensar esfuerzos de tensión producida por cargas vivas o muertas.



*Figura 1 Presfuerzo del concreto con acero estructural ordinario*

Estos métodos patentados no tuvieron éxito porque el bajo presfuerzo, producido en el acero, se perdía como resultado de la contracción y deformación plástica del concreto. En 1908, C. R. Steiner, de Estados Unidos sugirió la posibilidad de reajustar las barras de refuerzo después de que hubiera una contracción en el concreto y un escurrimiento plástico, con objeto de recuperar algunas pérdidas. En 1925, R. E. Dill, de Nebraska, ensayó barras de acero de alta resistencia cubiertas para evitar la adherencia con el concreto. Después de colar el concreto, se tensaban las varillas y se anclaban al concreto por medio de tuercas. Pero no se aplicó ninguno de estos métodos por razones económicas.

E. Freyssinet, de Francia, fue quien en 1928 desarrolló formalmente el concreto presforzado, usando alambres de acero de alta resistencia para el presfuerzo. Los alambres, con una resistencia de ruptura de 17500 kg/cm<sup>2</sup>, se presforzaban hasta aproximadamente 10600 kg/cm<sup>2</sup> creando una deformación unitaria de:

$$\delta = f/E$$

$$\delta = 10600/2100000$$

$$\delta = 0.005$$

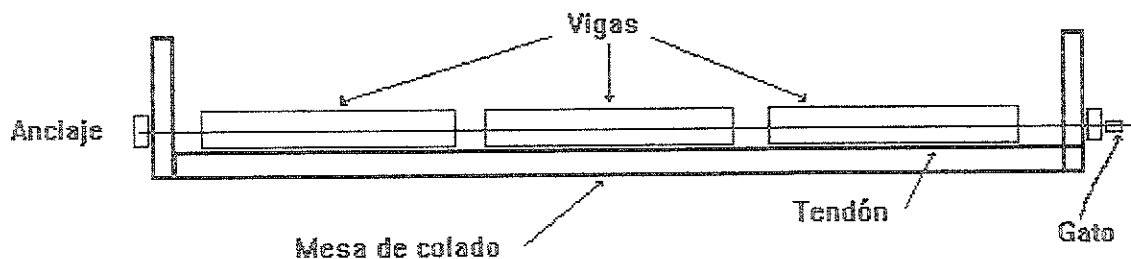
Donde:

$\delta$  = deformación unitaria

f = Esfuerzo unitario

E = Módulo de elasticidad del acero de presfuerzo

Aunque Freyssinet ensayó el presfuerzo cuando el acero estaba adherido al concreto sin anclaje en los extremos, la primera aplicación práctica de este método fue hecha por E. Hoyer, de Alemania. Este método "Hoyer" consiste en estirar los alambres entre dos pilares situados a varias decenas de metros, poniendo obturadores entre las unidades, colando el concreto y cortando los alambres después de que el concreto ha endurecido (como se muestra en la fig. 2). El método permite el colado de varias piezas entre los pilares o contrafuertes.



*Figura 2 Método de pretensado en línea.*

La amplia aplicación del concreto presforzado fué posible hasta que se crearon nuevos métodos para tensar y anclar los extremos

En 1939, Freyssinet produjo cuñas cónicas para los anclajes de los extremos y diseñó gatos de doble acción, los cuales tensaban los alambres y después presionaban los conos machos dentro de los conos hembra para anclarlos. En 1940, el prof. G. Magnel, de Bélgica desarrolló el sistema Magnel, el cual estiraba dos alambres a la vez y se anclaban con una cuña metálica simple en cada extremo. En aquellos años el concreto presforzado empezó a tomar importancia, aunque fue hasta 1945 cuando se adoptó totalmente dicha técnica. Probablemente la escasez de acero en Europa, durante la guerra, impulsó el concreto presforzado, ya que se utilizaba menos cantidad de acero para el concreto presforzado que para el tipo de construcciones normales.

Francia y Bélgica encabezaron el desarrollo del concreto presforzado, Alemania, Suiza, Holanda, Rusia e Italia lo continuaron. En Estados Unidos el concreto presforzado circular fué el primero en desarrollarse, construyéndose tanques de almacenamiento por la empresa PreLoad Company, la cual produjo máquinas para enrollar alambre. El presforzado lineal, nombre dado a la fabricación de vigas y losas de concreto presforzado se inició en Estados Unidos en 1949, con la construcción del puente Philadelphia Walnut Lane Bridge. La aplicación del concreto presforzado en Estados Unidos ha crecido a la par de los productos pretensados y precolados, esencialmente para puentes y edificios. En 1950 solo existía una planta, para 1954 había 34, en 1961, 229 plantas en operación.

Hace mas de 25 años que se inició en México en forma industrializada la fabricación de elementos de concreto presforzado. Desde su inicio hasta la fecha, la industria del presfuerzo y la prefabricación ha transitado por diferentes etapas: la primera, cuando un número reducido de empresas con capacidad limitada para introducir nuevas técnicas constructivas en México, ofrecían mejores criterios al diseñar y fabricar estructuras, con ventajas obtenidas del empleo de los elementos presforzados para salvar claros de longitud considerable, y resistir grandes solicitaciones. En esa época, estas empresas se esforzaban por abrir mercados, convencer a sus clientes de las ventajas de estos nuevos sistemas y obtener, de esta forma, un pequeño espacio en la construcción en México. Para lograr dicho objetivo se utilizaban técnicas, equipos y soluciones importadas de otros países.

La etapa de crecimiento, llegó posteriormente, donde se establecieron un gran número de nuevas empresas, en la Cd. de México, y en provincia, con un aumento sustancial en la competencia en la industria del presfuerzo; ya no se tenía que competir con los métodos tradicionales de construcción, sino también se requería ofrecer mejores productos, más económicos, y que aseguraban máxima calidad y tiempos mínimos de ejecución. Para lograrlo, se tuvo que revisar todos los aspectos del diseño y fabricación de los elementos presforzados, desde criterios de dimensionamiento, sistemas de fabricación y moldes a emplear, métodos de transporte y montaje, la planeación general de las plantas y de las obras, entre otros, con un aumento en la calidad del producto terminado. En esta etapa, se consolidó el empleo de los elementos Doble T de peralte constante, Doble T de peralte variable (con técnica mexicana), las secciones "Y". El empleo de presfuerzo y de la prefabricación se amplió notablemente, diversificándose así mismo su

utilización. Los logros en esta etapa fueron ampliar el mercado, de estos productos y de obtener elementos de gran eficiencia y costo mínimo.

## 1.2 CONCEPTOS BASICOS

Los conceptos básicos son términos técnicos utilizados dentro del medio del presfuerzo. Los mas importantes son:

- 1.- Concreto Presforzado: Concreto en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes de las cargas externas dadas se equilibran hasta un grado deseado. En miembros de concreto reforzado se introduce, comúnmente, el presfuerzo induciendo tensión al refuerzo de acero.
- 2.- Concreto parcialmente presforzado: Concreto en el cual se han introducido esfuerzos internos de magnitud y distribución tales que los esfuerzos resultantes de las cargas de servicio se contrarrestan parcialmente hasta un nivel deseado, tomándose el remanente de tales esfuerzos con acero de refuerzo.
- 3.- Alambre de presfuerzo: Elemento de acero que, tensado y anclado, se emplea para impartir presfuerzo al concreto.
- 4.- Anclaje: Dispositivo para mantener los tendones bajo tensión.
- 5.- Anclaje de postensado: Dispositivo colocado en forma permanente en los extremos del tendón, por el cuál se transmite al concreto endurecido la fuerza presforzante.
- 6.- Anclaje de pretensado: Dispositivo temporal que mantiene la fuerza de tensión en el acero de presfuerzo hasta la transferencia.
- 7.- Banco: (véase inciso 10).
- 8.- Barrilete: Componente del anclaje cuyo interior se alojan las cuñas que sujetan el extremo del tendón del presfuerzo.
- 9.- Cable: Tendón formado por varios alambres o torones que generalmente se localizan dentro de un ducto.
- 10.- Cama: Sitio con las instalaciones adecuadas, donde se fabrican los elementos pretensados, por vaciado del concreto en los moldes o por procedimiento de extrusión.
- 11.- Contraflecha: Deflexión hacia arriba que se presenta en un elemento estructural presforzado.
- 12.- Cuñas: Parte del anclaje que sujeta el tendón dentro del barrilete.

13.- Deflector: Dispositivo que se emplea en la fabricación de elementos pretensados, colocado en el sitio donde se requiera cambiar la trayectoria de los tendones.

14.- Ducto: Perfil tubular metálico que se emplea en elementos de concreto postensado dentro del cual se alojan los tendones.

15.- Eliminador de adherencia: Material o producto que recubre determinada longitud de un tendón, para evitar que el concreto se adhiera.

16.- Flujo Plástico: Deformación diferida, que se presenta en los elementos de concreto presforzado bajo la acción de la carga permanente y que modifica la fuerza presforzante.

17.- Fricción por curvatura: Es la que resulta en el perfil especificado de los cables de postensado.

18.- Fricción por desviación: Es la provocada por una desviación no intencionada del cable de presfuerzo fuera de su ubicación especificada.

19.- Inyección de lechada en los ductos: Operación de introducir la lechada requerida mediante bombeo a presión, dentro de los ductos de los tendones.

20.- Mesa: (ver inciso 10)

21.- Miembros por dovelas: Miembro estructural, fabricado a base de elementos individuales (dovelas) que después de presforzados actúan como una unidad monolítica bajo las cargas de servicio.

22.- Muerto de Anclaje: Estructura voluminosa y pesada, de concreto, que sirve para equilibrar los esfuerzos temporales producidos por los dispositivos de anclaje de los tendones de presfuerzo.

23.- Mordazas: Cuñas (ver inciso 12).

24.- Postensado: Método de presfuerzo en el cual los tendones se tensan después de que el concreto ha adquirido la resistencia del proyecto.

25.- Pérdidas de Presfuerzo: Las originadas por:

- a) Deslizamiento del anclaje.
- b) Acortamiento elástico del concreto.
- c) Flujo plástico del concreto.
- d) Retracción de fraguado en el concreto.
- e) Relajamiento del acero.
- f) Pérdidas por fricción, debida a la curvatura, intencional o no intencional, de los tendones.

26.- Presfuerzo efectivo: Esfuerzo que persiste en los tendones después de que han ocurrido todas la pérdidas.

27.- Pretensado: Método de presfuerzo en el cual los tendones se tensan antes de que se cuele el concreto.

28.- Relajamiento del acero: Decremento del esfuerzo en el acero de presfuerzo que depende del tiempo y no de una disminución de la fuerza de tensión. En el acero de presfuerzo es el porcentaje de pérdida de tensión a temperatura constante y longitud constante.

29.- Respiradero: Conducto tubular, generalmente de plástico, conectado herméticamente al ducto de postensado con salida al exterior para permitir la expulsión de aire o del agua. Sirve también como indicador de que la inyección de la lechada ha sido completa.

30.- Tendón: Elemento o conjunto de elementos de acero, que tensados y anclados en común le imparten al concreto la fuerza presforzante. Puede estar constituido por un alambre, un torón, y un cable formado por varios alambres o varios torones.

31.- Tendón adherido: Es aquel en el que se provoca su adherencia al concreto ya sea directamente o con lechada.

32.- Tendón no adherido: Es aquel en el que se evita su adherencia en el concreto.

33.- Tensión inicial: Fuerza presforzante máxima aplicada al tendón al tensar.

34.- Tensión final: Fuerza presforzante que permanece en el tendón después que ha ocurrido todas las pérdidas.

35.- Torón: Tendón compuesto generalmente de siete alambres o hilos, de los cuales el central es recto y los otros seis longitudinalmente siguen una trayectoria helicoidal.

36.- Transferencia: En concreto pretensado, es la acción de transferir la fuerza del tendón al concreto estructural, al ser elevado el tendón de sus anclajes temporales extremos.

37.- Insertos: Son todas aquellas preparaciones metálicas, o de algún otro material, que se dejan ahogadas o ancladas en el concreto con el objeto de descimbrar, mover, transportar o montar elementos prefabricados.

### **1.3 SISTEMAS DE PRESFUERZO.**

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

## PRETENSADO

El pretensado se efectúa presforzando los tendones y anclándolos luego en salientes exteriores; a continuación el concreto se cuele y se cura de modo tal que alcance una resistencia adecuada a la compresión y a la adherencia. Una vez logrado esto, se sueltan los tendones de los anclajes y se transfiere el presfuerzo al miembro de concreto.

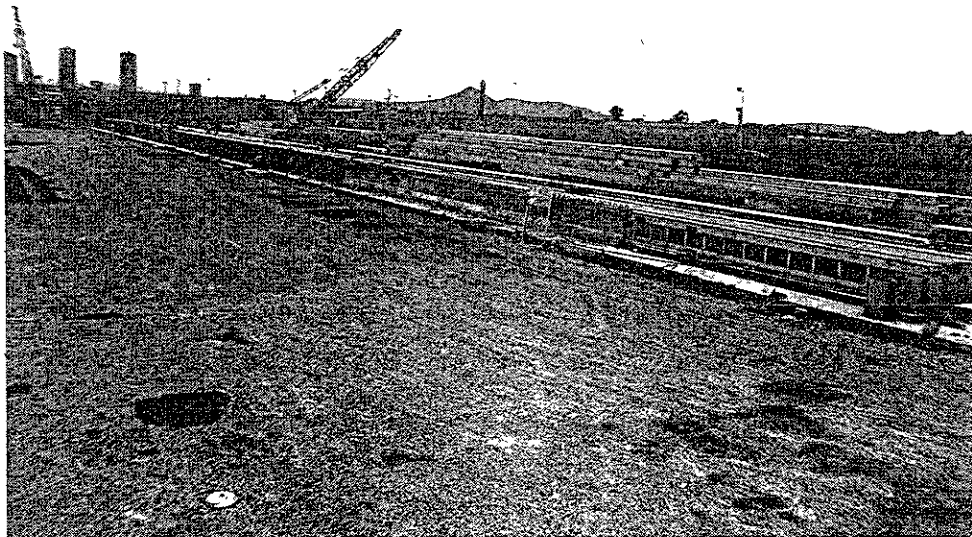
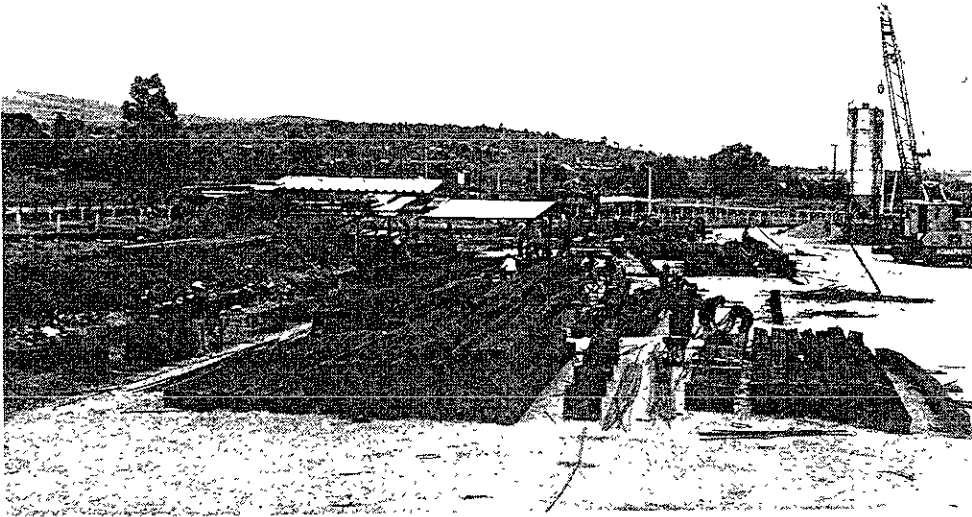
El presfuerzo sólo se puede transmitir por medio del acortamiento elástico del concreto, pues mientras no se haya acortado, no estará presforzado.

### SISTEMAS DE PRESFUERZO LINEAL.

TIPO	CLASIFICACION	DESCRIPCION	NOMBRE DEL SISTEMA	PAIS ORIGEN
Pretensado	Métodos de Presfuerzo	Contramachones o plataformas de esforzado.	<b>HOYER</b>	Alemania
		Contratubo central de acero.	<b>SHORER</b> <b>CHALOS</b>	Estados Unidos. Alemania.
		Esfuerzo continuo contra moldes.	<b>ESPIRA</b> <b>CONTINUA</b> <b>DE ALAMBRES</b>	RUSIA
		Corriente eléctrica para calentar el acero.	<b>ELECTRO-</b> <b>TERMICO</b>	RUSIA

#### Sistema HOYER.

Consiste en estirar los alambres entre dos cabezales a cierta distancia, a unas decenas de metros. Los cabezales pueden anclarse independientemente al piso, o pueden conectarse por una larga plataforma de esforzado. Tal plataforma es conocida también mesa de presfuerzo o cama de presfuerzo.



*Fig. 1 y 2 Planta de pretensados*



Con este método, pueden producirse varios miembros a lo largo de una línea, al proveerse de obturadores entre los miembros y colocándolos separadamente. Cuando el concreto ha endurecido suficientemente para soportar el presfuerzo, se liberan los alambres de los cabezales, y se transmite el presfuerzo a los miembros a través de anclajes especiales de pretensado en los extremos de los miembros. Este método de producción en líneas es económico y se usa en casi todas las fábricas de pretensados.

Los artificios para amordazar los alambres de pretensado a los cabezales se hacen usualmente bajo el principio de cuña y fricción.

Existen mordazas de "alivio rápido". Si los alambres van a sostenerse en extensión solo por periodos cortos, estas mordazas de "alivio rápido" pueden ser más económicas.

### Sistema SHORER (Chalos)

Este sistema implica un artificio, prescindiendo de las plataformas de esforzado y de los cabezales. En su lugar un tubo central de acero de alta resistencia soporta el presfuerzo de los alambres circundantes, y el conjunto completo se coloca en posición y se cuela. Después de que el concreto ha fraguado y obtenido cierta resistencia, se remueve el tubo y el presfuerzo es transmitido al concreto por adherencia. La perforación dejada por el tubo se llena con lechada.

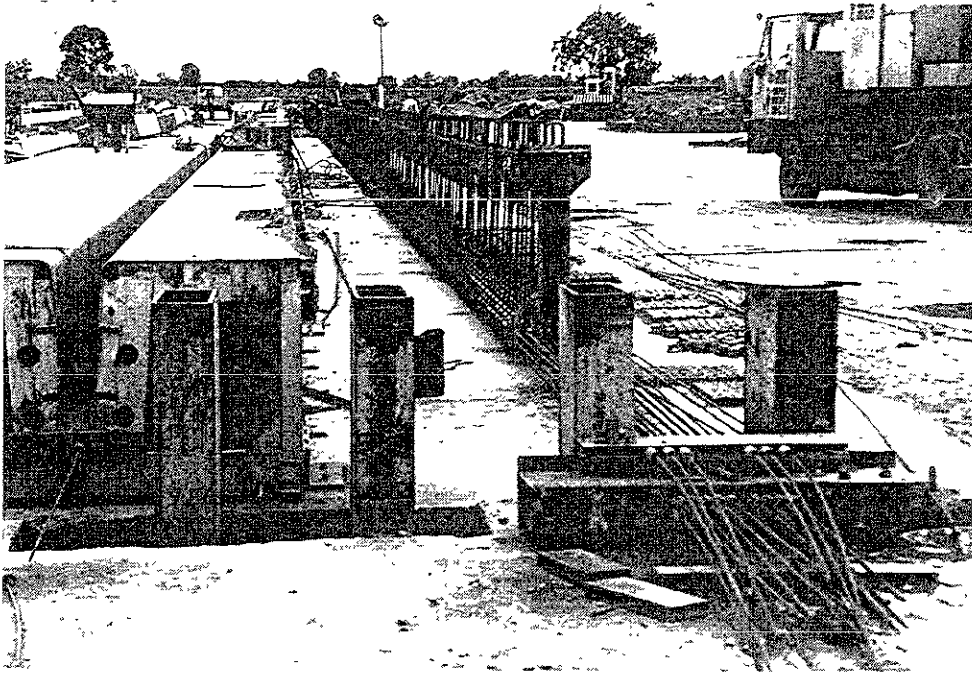
En Francia se le conoce como sistema Chalos.

### Sistema ESPIRA CONTINUA DE ALAMBRES.

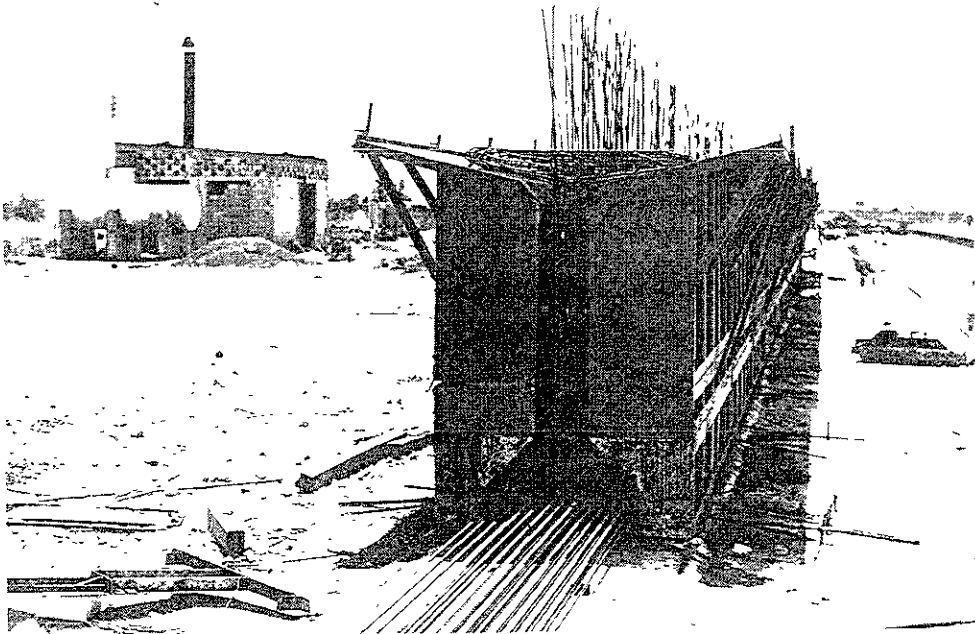
Este método ha encontrado amplia aplicación en Rusia, donde se utiliza un molde individual para pretensado, el método ocasionalmente se usa en Estados Unidos y Alemania.

Dicho método se adopta a patrones relativamente complicados en la trayectoria del presfuerzo, tales como presforzado en dos direcciones para losas o para armaduras; también es conveniente para durmientes de ferrocarril.

Este método se efectúa con dos tipos de máquinas: una tiene una tornamesa con una cabeza alimentadora estacionaria y la otra consiste en una cabeza alimentadora móvil. El alambre de presfuerzo alimenta al molde bajo una fuerza de tensión controlada y se coloca en un modelo predeterminado al ser enrollado alrededor de espigas de acero fijas al molde.



*Fig. 3 Sistema de pretensado*



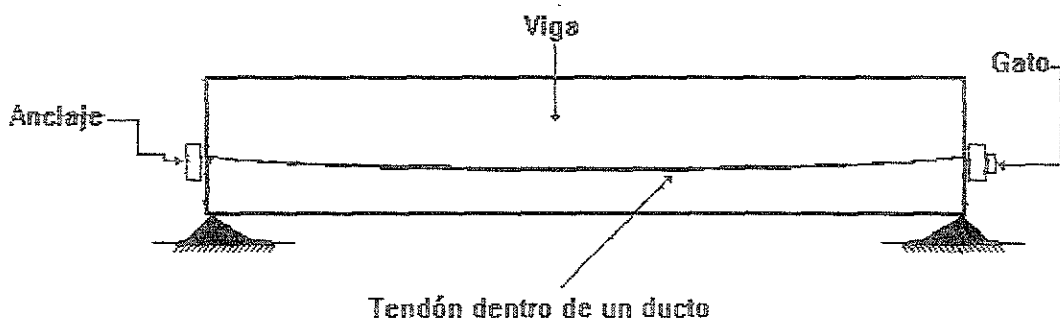
*Fig 4 Colado en línea*

## POSTENSADO

El postensado se puede utilizar tanto en miembros precolados como en miembros colados en sitio; por lo general, los tendones se insertan después de que el concreto ha endurecido y se ha curado.

Cuando se hace el presforzado por postensado, generalmente se colocan en los moldes o formas de la viga conductos huecos que contienen a los tendones no esforzados, y que siguen el perfil deseado, antes de vaciar el concreto, como se ilustra en la figura.

Los tendones pueden ser alambres paralelos atados en haces, cables torcidos en torones, o varillas de acero.



*Fig 3. Viga con conducto embebido en el concreto*

El conducto se amarra con alambres al refuerzo auxiliar de la viga (estribos sin esforzar) para prevenir su desplazamiento accidental, y luego se vacía el concreto. Cuando éste ha adquirido suficiente resistencia, se usa la viga de concreto misma para proporcionar la reacción para el gato de esforzamiento, como se ilustra en el extremo alejado del miembro, se restira, luego se ancla en el extremo de aplicación del gato por medio de accesorios similares y se quita el gato. La tensión se evalúa midiendo tanto la presión del gato como la elongación del acero. Los tendones se tensan normalmente uno a la vez, aunque cada tendón puede constar de varios alambres o torones.

Normalmente se rellenan de mortero los conductos de los tendones después de que esto han sido esforzados. Se forza el mortero al interior del conducto en un de los extremos, a alta presión, y se continúa el bombeo hasta que la pasta aparece en el otro extremo del tubo. Cuando endurece, la pasta une al tendón con la pared interior del conducto, permitiendo la transmisión de fuerza.

Los sistemas de postensado son aquellos en que el presforzamiento de los cables de acero se realiza después de que el concreto se ha vaciado y fraguado, siendo capaz de resistir el presforzamiento impuesto.

Los sistemas mas conocidos y utilizados a describir son:

Freyssinet, Stressteel, Roebling, Reyerson, Prescon y CCL.

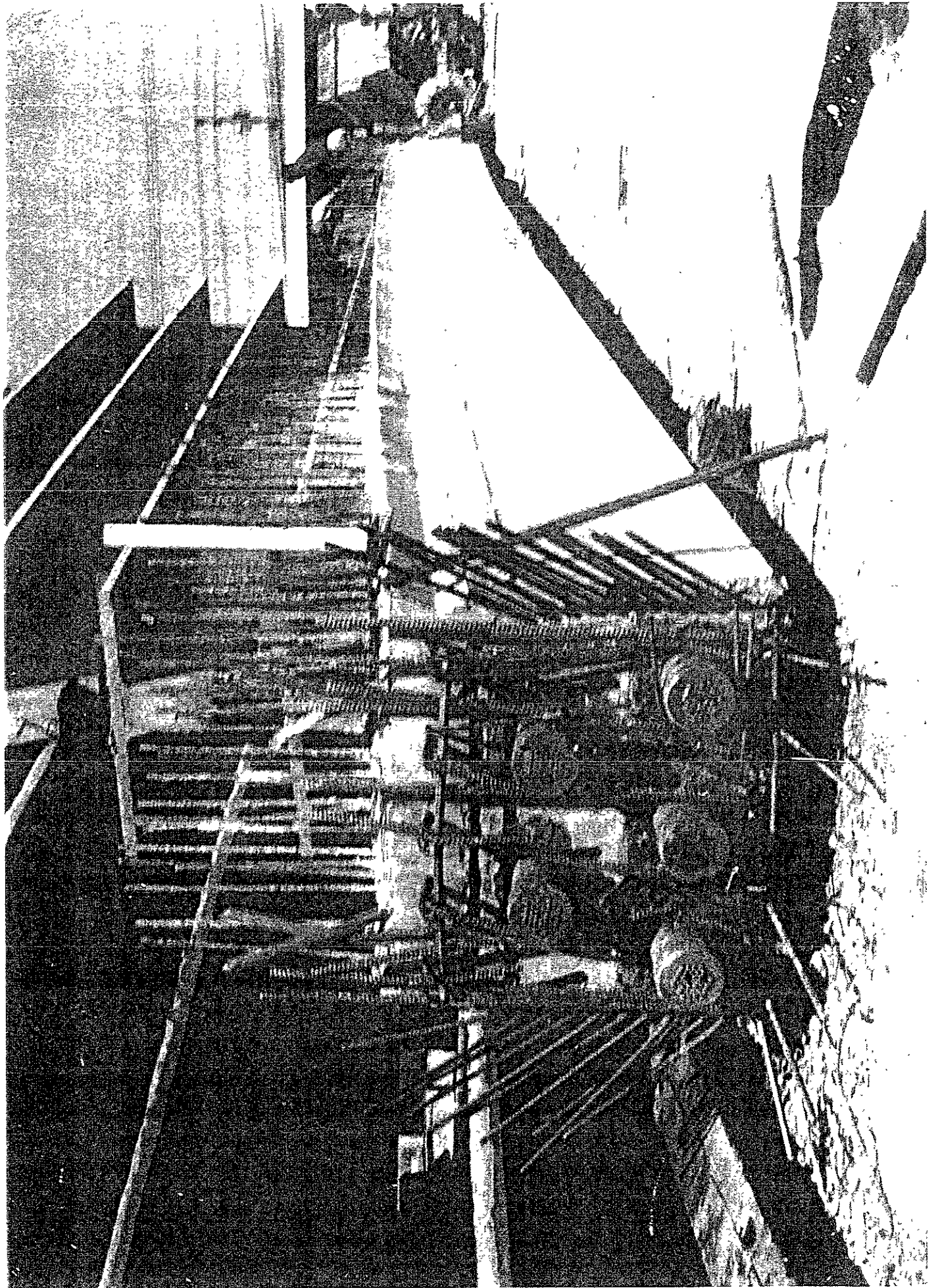
**FREYSSINET:** Uno de los pioneros del concreto presforzado, Eugene Freyssinet, también fue el creador de un método ingenioso para el postensado del concreto que lleva su nombre. Los alambres se insertan dentro de un revestimiento de metal flexible, tubería rígida o conductos preformados, y se anclan en cada extremo por medio de un sistema de anclaje Freyssinet especial. El anclaje consiste de un conjunto de conos de concreto macho y hembra que actúa a modo de cuña en el anclaje de todos los alambres de cable en forma simultánea y evitando el deslizamiento. La parte hembra consiste de un cilindro de concreto altamente reforzado con un orificio cónico central recubierto de alambre helicoidal enrollado cercanamente, mientras que la parte macho consiste de un tapón de concreto ranurado que separa uniformemente los alambres alrededor de su perímetro y que los acuña en contra del interior del cono hembra. En el extremo de esforzado se inserta el cono macho por medio de un gato ejerciendo una gran fuerza después de que ha ocurrido el presforzado de los alambres.

**STRESSTEEL:** El sistema Stressteel de postensado ha sido utilizado ampliamente en Estados Unidos desde el año de 1952 con la introducción de las barras de acero de alta resistencia cuyo diámetro varía desde 12.7 mm hasta 34.9 mm. Las barras pueden anclarse con una variedad de anclajes de cuña o tuerca de apriete. Los cuales están diseñados especialmente para el anclaje de barras sin rosca, con una gran diversidad de tamaños y pendientes de la placa de anclaje. Las barras se colocan en un tubo de metal flexible que se sujeta o se soporta de otro modo para evitar el desplazamiento vertical u horizontal durante el fraguado del concreto. El anclaje se logra mediante el propio gato al apretar la cuña en su lugar.

**ROEBLING:** El sistema Roebling utiliza cordón galvanizado que se fabrica a máquina del mismo modo que los cordones que se fabrican a partir del alambre galvanizado por inmersión en caliente, lo cual garantiza protección contra la corrosión sin necesidad de tratamientos posteriores.

Los cordones se anclan separando los alambres y enterrando los mismos con metal fundido dentro de un tubo de acero forjado. Para permitir el estirado del cordón por medio del gato hidráulico, el extremo exterior del tubo de acero de anclaje se enrosca en la parte interior de modo que la barra de tracción puede adaptarse al mismo y al gato. Por razones de seguridad, mientras el cable se somete al estiramiento, la tuerca de anclaje se aprieta en contra de la placa de apoyo y se libera el gato.

**BBRV, RYERSON Y PRESCON:** El sistema BBRV para postensado fue desarrollado en Suiza por parte de Bikenmaier, Brandestini, Rost y Vogt en el año de 1949. La principal característica de este sistema, que hace uso de cables formados de varios alambres sin recubrir en paralelo y liberados del tensado, consiste en la forma en que los alambres se fijan a los dispositivos de anclaje. En el extremo de cada alambre en contra de la superficie de sujeción de la máquina formadora del cabezal semicilíndrico.



## CAPITULO 2 ANALISIS Y DISEÑO DE LA TRABE DOBLE T DE CONCRETO PREFORZADO.

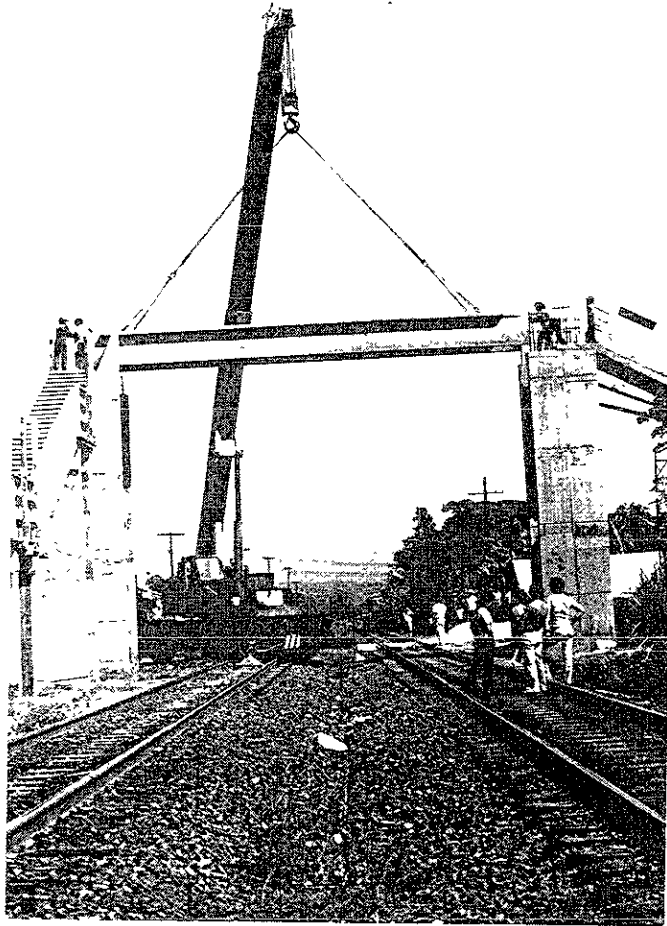
### 2.1 USO DE LA TRABE DOBLE T.

Son elementos estructurales, diseñados de acuerdo con las especificaciones del ACI, del PCI y el Reglamento de Construcciones y Servicios Urbanos para el distrito Federal.

La Doble T o TT es una pieza de gran flexibilidad de uso y amplios recursos arquitectónicos.

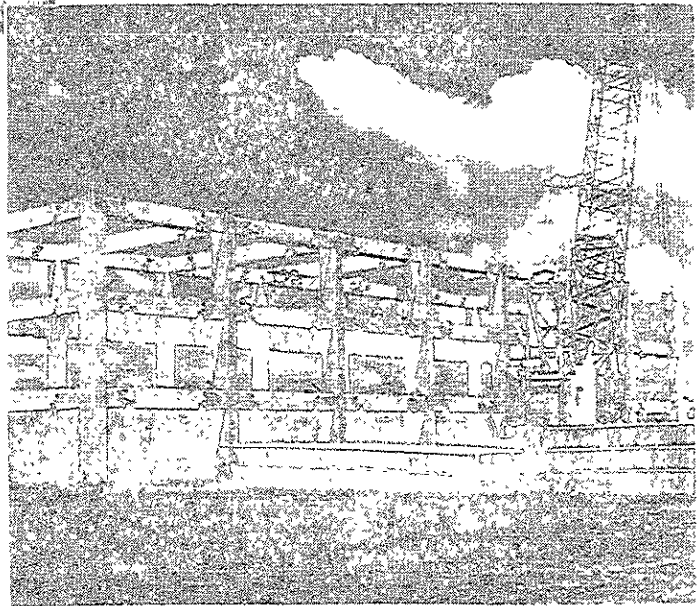
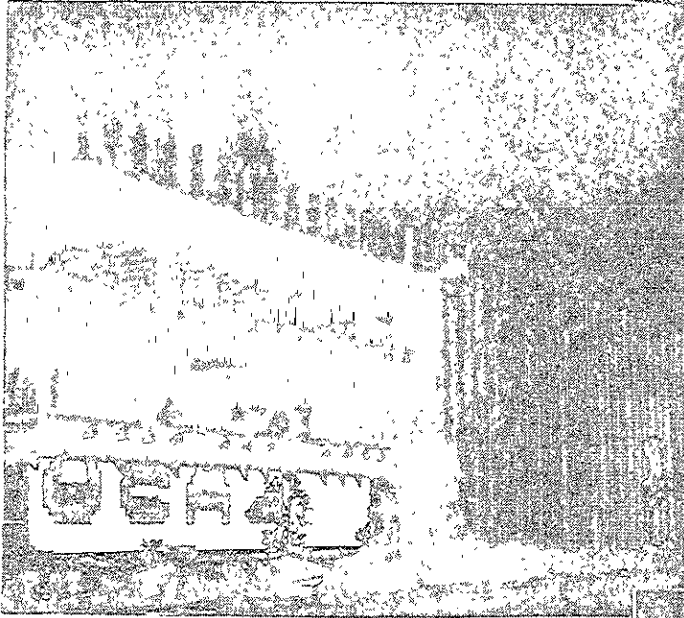
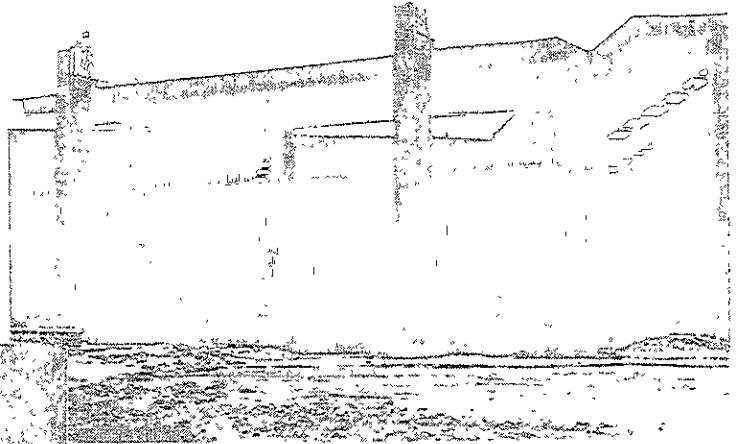
A continuación se presenta un cuadro con algunos usos de la trabe Doble T:

APLICACION	FRECUENCIA	VENTAJAS DE SELECCION	ADVERSIDADES
Pisos	Considerable	Menor peso propio, carga sísmica reducida carga reducida en estructura y en cimentación. Resistencia al fuego. Costos de transporte mas bajo.	Deflexión y contraflecha ligeramente mayores. Menor resistencia alcortante en los soportes.
Techos	Difundido	Menor peso propio. Cargas sísmica reducida, carga reducida en estructura y en cimentación. Resistencia al fuego. Costos de transporte mas bajo.	Deflexión y contraflecha ligeramente mayores. Menor resistencia alcortante en los soportes.
Muros para edificios.	Substancial	El esfuerzo en los páneces de de muro evita el agrietamiento, hace práctico el uso de secciones delgadas y facilita el manejo y montaje. Menor peso propio. Carga sísmica reducida. Mayor aislamiento contra el calor.	
Trabes de Puentes Peatonales	Difundido	Menor peso propio, de particular importancia en donde el peso propio es una parte principal de la carga total de diseño y en donde la carga de diseño rara vez se presenta en condiciones de servicio.	



*Fig. 1 Uso Puentes Peatonales*

*Fig 2 Naves Industriales*



*Fig 4 Entrepisos*



## 2.2 SOLICITACIONES.

Las cargas que actúan sobre la estructura se clasifican generalmente como cargas muertas y cargas vivas. Las cargas muertas son fijas en cuanto a posición y de magnitud constante por toda la vida de la estructura. Generalmente el peso propio de una estructura es la parte más importante de la carga muerta; esta puede calcularse con mucha aproximación, basándose en las dimensiones de la estructura y el peso unitario del material. Las cargas vivas son las de los ocupantes; las cargas accidentales son: la nieve, el viento, las cargas de tráfico o las fuerzas sísmicas.

Las cargas vivas se especifican por lo general en los códigos y especificaciones locales, regionales o nacionales. Algunas fuentes típicas son en México, R. C. D. F. y Normas Técnicas Complementarias, en estados Unidos se usa el American Concrete Institute ( A. C. I. ), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Las cargas vivas especificadas incluyen generalmente cierta tolerancia por sobrecarga, y pueden incluir efectos dinámicos, explícitamente. Las cargas vivas pueden ser controladas hasta cierto grado por medidas tales como la colocación de avisos de cargas máximas en pisos o puentes, pero no puede haber certidumbre de que no hayan de sobrepasarse tales cargas. A menudo es importante establecer una distinción entre la carga especificada y lo que se conoce como carga característica, es decir, la carga que realmente está en efecto bajo condiciones normales de servicio, lo cual será significativamente menor.

A la suma de carga muerta calculada y la carga viva especificada se le llama carga de servicio, porque ésta es la carga máxima que puede esperarse razonablemente que actúe durante la vida de servicio de la estructura. La carga de falla que una estructura justamente debe ser capaz de soportar, es un múltiplo de la carga de servicio.

La siguiente tabla indica las cargas vivas a utilizar en los casos mas comunes de las construcciones y es un extracto del R. C. D. F., capítulo V.

### *CAPITULO V CARGAS VIVAS*

Art. 199

V.- Las cargas uniformes de la tabla siguiente se considerarán distribuidas sobre el área tributaria de cada elemento:

## TABLA DE CARGAS VIVAS UNITARIAS, EN KG/M2

DESTINO DE PISO O CUBIERTA Observaciones	W	W <sub>z</sub>	W <sub>m</sub>	
a.- Habitaciones (casa - habitación, departamento, viviendas, dormitorios, cuartos de hoteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares).	70	90	170	1
b.- Oficinas, despachos y laboratorios.	100	180	250	2
c.- Comunicaciones para peatones. 4	40	150	350	3,
d.- Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales.	40	350	450	5
e.- Otros lugares de reunión (Templos, cines, teatros, gimnasios, salón de baile, restaurantes, bibliotecas, aulas, -- salas de juego y similares).	40	250	450	5
f.- Comercios, Fábricas y Bodegas.	0.8W <sub>m</sub>	0.9W <sub>m</sub>	W <sub>m</sub>	6
g.- Cubiertas y azoteas con pendiente no mayor de 5% 7	15	70	100	4,
h.- Cubiertas y azoteas con pendiente mayor de 5%. 7, 8	5	20	300	4,
i.- Volados en vía pública (marquesinas, balcones y similares).	15	70	300	
j.- Garages y estacionamientos (para automóviles exclusivamente).	40	100	250	9

### OBSERVACIONES A LA TABLA DE CARGAS VIVAS UNITARIAS

1.- Para elementos con área tributaria mayor de 36 m<sup>2</sup>, W<sub>m</sub> podrá reducirse, tomándose igual a 100 + 420A (A es el área tributaria en m<sup>2</sup>). Cuando sea más desfavorable se considerará en lugar de W<sub>m</sub>, una carga de 500 kg aplicable sobre un área de 50 x 50 cm en la posición más crítica. Para un sistema de piso ligero con cubierta rigidizante, se considerará en un lugar de W<sub>m</sub>, cuando sea más desfavorable, una carga concentrada de 250 kg para el diseño de los elementos de soporte y de 100 kg para el diseño de cubierta, en ambos casos ubicadas en la posición más desfavorable.

Se considerarán sistemas de piso ligero aquellos formados por tres o más miembros aproximadamente paralelos y separados entre sí no más de 80 cm y unidos con una que proporcione una rigidez equivalente.

2.- Para elementos con área tributaria mayor de 36 m<sup>2</sup>, W<sub>m</sub> podrá reducirse, tomándola igual a  $180 + 420A$  (A es el área tributaria en m<sup>2</sup>). Cuando sea más desfavorable se considerará en un lugar de W<sub>m</sub>, una carga de 100 kg aplicada sobre un área de 50 x 50 cm en la posición más crítica. Para sistemas de piso ligeros con cubierta rigidizante, definidos como en la nota 1, se considerará en lugar de W<sub>m</sub>, cuando sea más desfavorable, una carga concentrada de 500 kg, para el diseño de los elementos de soporte y de 150 kg, para el diseño de la cubierta, ubicadas en la posición más desfavorable.

3.- En áreas de comunicación de casas habitación y edificios de departamentos se considerará la misma carga viva que en el caso a) de la tabla.

4.- En el diseño de pretilas de cubiertas, azoteas y barandales para escaleras, rampas, pasillos y balcones, se supondrá una carga viva horizontal no menor de 100 kg/m<sup>2</sup> actuando al nivel y en la dirección más desfavorables.

5.- En estos casos deberá presentarse particular atención a la revisión de los estados límite de servicio relativos a vibraciones.

6.- Atendiendo al destino del piso se determinará con los criterios del artículo 187, la carga unitaria, W<sub>m</sub>, que no será inferior a los 350 kg/m<sup>2</sup> y deberá especificarse en los planos estructurales y en placas metálicas colocadas en lugares fácilmente visibles de la construcción.

7.- Las cargas vivas especificadas para cubiertas y azoteas no incluyen las cargas producidas por tinacos y anuncios, ni las que se deben a equipos u objetos pesados que puedan apoyarse en o colgarse del techo. Estas cargas deben preverse por separado y especificarse en los planos estructurales.

Adicionalmente los elementos de las cubiertas y azoteas deberán revisarse con una carga concentrada de 100 kg en la posición más crítica.

8.- Además, en el fondo de los valles de techos inclinados se considerará una carga, debida al granizo de 30 kg por cada metro cuadrado de proyección horizontal del techo que desagüe hacia el valle. Esta carga se considerará como una acción accidental para fines de revisión de la seguridad y se le aplicarán los factores de carga correspondientes según el artículo 194.

9.- Más una concentración de 1500 kg en el lugar más desfavorable del miembro estructural de que se trate.

## 2.3 ANALISIS

### ANALISIS A FLEXION

El principio básico del concreto presforzado consiste en introducir, de alguna manera, esfuerzos de compresión permanentes en el miembro antes de que éste sea cargado. Estos esfuerzos de compresión se concentran en las regiones donde se espera que ocurran esfuerzos de tensión cuando el miembro sea cargado. Así, a través de esta manipulación de los esfuerzos internos es posible tomar en cuenta la sección transversal total en el análisis de miembros a flexión para resistir cargas de trabajo o cargas de servicio. Por consiguiente, el área neta y el momento de inercia son mayores en un miembro presforzado que en un miembro no presforzado de las mismas dimensiones.

En los miembros sujetos a flexión, los esfuerzos de compresión inducidos para resistir las tensiones eventuales son creados mediante la aplicación de una fuerza de magnitud suficiente localizada de tal manera que se logre eficiencia máxima en la obtención de estos esfuerzos de compresión.

El análisis por flexión de un miembro presforzado por cualquier método para todas las etapas de carga, desde la fabricación hasta la carga total de diseño, se lleva a cabo mediante la fórmula de la escuadría:

$$f = \left( \frac{P}{A} \right) \pm \left( \frac{Mo}{I} \right)$$

En el uso de esta fórmula intervienen exclusivamente cargas directas y momentos aplicados externamente. Sin embargo, las cargas internas y los momentos creados por los tendones de presfuerzo son aspectos fundamentales del análisis y diseño del concreto presforzado.

Los signos convencionales empleados para los esfuerzos del concreto, son más (+), para la tensión y menos (-), para la compresión. Los subíndices s e i se utilizan para designar tanto a las superficies superiores, como a las superficies inferiores del concreto, respectivamente.

El esfuerzo en la fibra inferior en el punto medio del claro de la viga es:

$$f_i = -\left( \frac{P}{A} \right) - \left( \frac{P_e}{S_i} \right) + \left( \frac{M}{S_i} \right)$$

El esfuerzo en la fibra superior en el punto medio del claro de la viga es:

$$f_s = -\left(\frac{P}{A}\right) + \left(\frac{Pe}{S_s}\right) - \left(\frac{M}{S_s}\right)$$

Donde: A = Area de la sección total.

i = Momento de inercia de la sección total.

S<sub>s</sub> = I/Y<sub>s</sub>. (Módulo de sección superior).

S<sub>i</sub> = I/Y<sub>i</sub>. (Módulo de sección inferior).

Y<sub>s</sub> = Distancia del centroide a la fibra superior mas alejada.

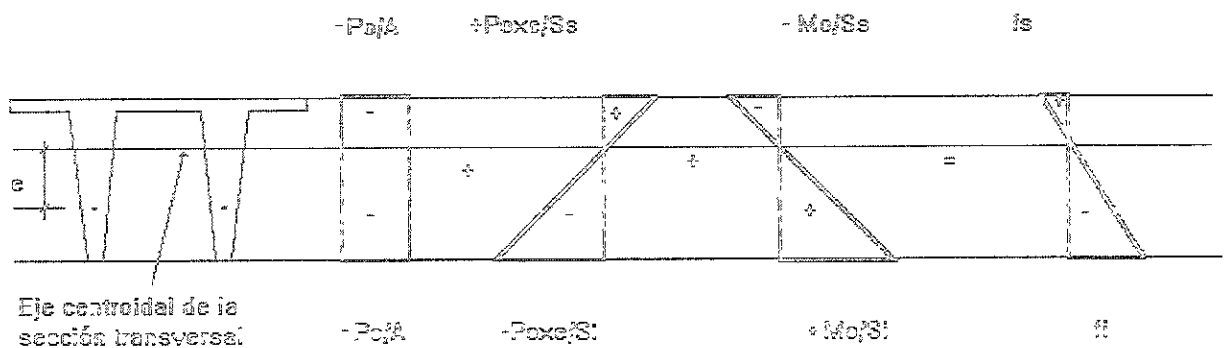
Y<sub>i</sub> = Distancia del centroide a la fibra inferior mas alejada.

El presfuerzo no actúa solo. En la mayoría de los casos el tendón bajo el centroide del concreto, provocará deflexión en la viga hacia arriba, entonces se apoyará por los extremos en las cimbras o en las camas de colado causando momentos M<sub>o</sub> que se superpondrán inmediatamente. Por lo tanto, es el estado inicial de carga, inmediatamente después de la transferencia del presfuerzo, los esfuerzos en el concreto en superficie inferior y superior valen:

$$f_i = -\left(\frac{P_o}{A}\right) - \left(\frac{P_o \times e}{S_i}\right) + \left(\frac{M_o}{S_i}\right)$$

$$f_s = -\left(\frac{P_o}{A}\right) + \left(\frac{P_o \times e}{S_s}\right) - \left(\frac{M_o}{S_s}\right)$$

Donde: M<sub>o</sub> = Momento flexionante debido a su peso propio.



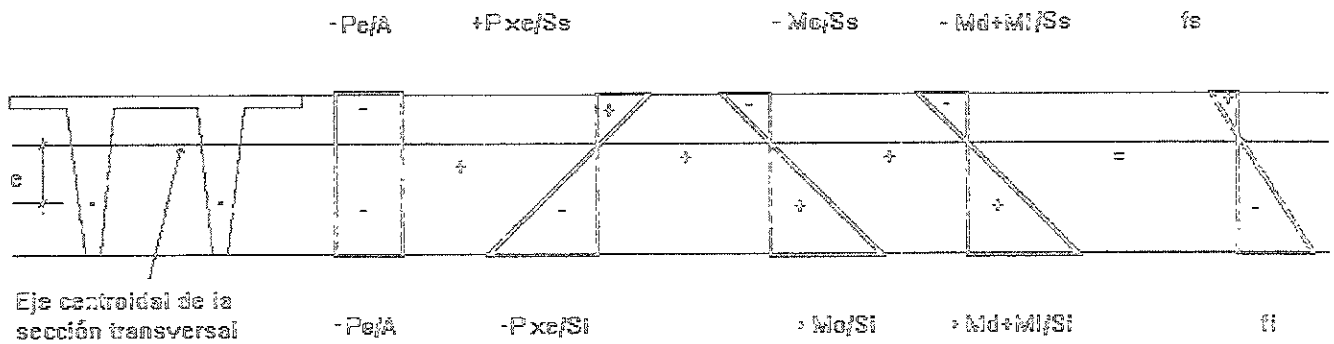
a.- Etapa posterior a la transferencia de presfuerzo, debido a la fuerza inicial del presfuerzo P<sub>o</sub> y al peso propio W<sub>c</sub>.

El siguiente estado de carga de interés es el estado correspondiente a la totalidad de las cargas de servicio, cuando actúa la fuerza pretensora efectiva  $P$  con los momentos debidos al peso propio  $M_o$ , a la carga muerta supuesta  $M_d$ , y a la carga viva  $M_l$ , los esfuerzos resultantes son:

$$f_t = -\left(\frac{P}{A}\right) - \left(\frac{P \times e}{S_t}\right) + \left(\frac{M_t}{S_t}\right)$$

$$f_s = -\left(\frac{P}{A}\right) + \left(\frac{P \times e}{S_s}\right) - \left(\frac{M_t}{S_s}\right)$$

Donde  $M_t =$  Suma de momentos  $M_o + M_d + M_l$ .



b.- Etapa bajo cargas de servicio y después de todas las pérdidas de pretensión debidas a la fuerza de pretensión efectiva  $P$  y a la suma de cargas  $W_o + W_{cm} + W_{cv}$

## SECCIONES COMPUESTAS

En la construcción del concreto pretensado, a menudo es ventajoso precolar parte de una sección, elevarla a su posición, y colar el resto de la sección en el lugar. Las porciones precoladas y coladas en el sitio actúan juntas (si es necesario con estribos) y forman una sección compuesta. A menudo, el elemento precolado es una losa pretensada o una viga simple o Doble T. En tales casos, se emplea una losa relativamente delgada de remate, a menudo sin refuerzo, aunque a veces reforzada con mallá de alambre. La losa colada "in situ" cumple con los requisitos funcionales de proporcionar una superficie lisa y útil, además de rigidizar y reforzar a la unidad precolada. Un miembro compuesto pretensado puede adicionalmente pretensarse, postensándolo después de que la losa ha endurecido.

La construcción compuesta ofrece las ventajas del precolado, incluyendo la prefabricación en planta de secciones estandarizadas, las cimbras reutilizables, el tensado de cables en línea larga y un excelente control de calidad. En el lugar de la obra, se eliminan en gran escala los trabajos de cimbrado y andamiaje, permitiendo una erección rápida de la estructura en el campo, con muy poca interferencia del trabajo o del tráfico efectuado por debajo.

La viga doble T de la figura es típica en la producción de numerosas plantas de precolado. Estas vigas se usan ampliamente en claros cortos y medianos, mayormente en pisos y cubiertas de edificios y a menudo se diseñan para acción compuesta con una losa de acabado o firme de compresión de 5 cm de espesor.

El prerrequisito esencial para la acción compuesta es una buena adherencia entre el concreto precolado y el colado "in situ". El cortante por flexión produce la tendencia al deslizamiento horizontal a lo largo del plano que separa a las dos partes. Una considerable resistencia al deslizamiento es proporcionada por la adhesión y fricción naturales entre el concreto colado in situ y el precolado. En muchos casos, se deja rugosa la superficie superior del elemento prefabricado, raspándola, para aumentar la transferencia de cortante por fricción y trabazón mecánica. Como regla general, para elementos T, doble T, losas huecas, no se proporciona otro dispositivo para la transferencia del cortante. Para vigas tipo AASHTO, que resisten cargas más intensas con superficie de contacto más pequeña, el acero de refuerzo del alma se prolonga hacia arriba dentro de la losa colada in situ. Esto proporciona la acción de anclaje para resistir al deslizamiento y mantiene juntos a los dos materiales para asegurar el desarrollo de una resistencia friccionante máxima.

En casi todos los casos, la calidad obtenida para el concreto prefabricado es superior a la del concreto de la parte colada in situ de la sección compuesta. El concreto colado bajo condiciones de una planta de precolado, donde puede mantenerse fácilmente el control de calidad, tiene generalmente resistencias de 300 a 450 kg/cm<sup>2</sup>. El concreto colado en el lugar de la obra es de calidad más variable y de menor resistencia, generalmente en el rango de 150 a 250 kg/cm<sup>2</sup>. Tales diferencias deben tomarse en cuenta en el diseño.

## ESTADOS DE CARGA

Un miembro compuesto debe tener un comportamiento satisfactorio bajo cualquier carga o combinación de cargas que puedan actuar durante su vida útil. El análisis y diseño de secciones compuestas puede requerir la consideración de varios o todos los estados de carga:

- 1.- Presfuerzo inicial  $P_0$  inmediatamente después de la transferencia.
- 2.- Presfuerzo inicial  $P_0$  más peso propio del elemento precolado.
- 3.- Presfuerzo efectivo  $P$  más el peso propio del miembro precolado.
- 4.- Presfuerzo efectivo  $P$  más todas las cargas muertas de la sección no compuesta, inclusive el peso del concreto húmedo de la losa.
- 5.- Presfuerzo efectivo  $P$  más las cargas muertas tanto de la sección no compuesta como de la compuesta más la carga viva de servicio.

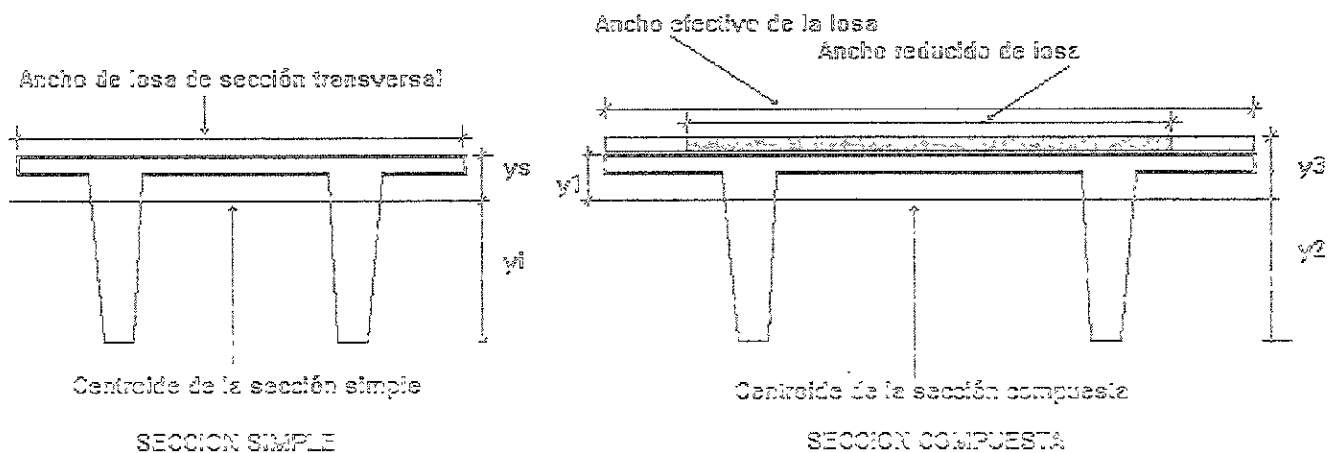
## 6.- Sobrecarga máxima.

Las cargas que se aplican antes de que fragüe el concreto colado en el sitio producen esfuerzos asociados con la flexión de la sección precolada, alrededor de su propio eje centroidal. Las cargas aplicadas después de que endurece el concreto colado "in situ" producen la flexión alrededor del centroide del miembro compuesto. Los esfuerzos que ya se encuentran actuando en la parte precolada del miembro son modificadas, y adicionalmente, se aplican en el concreto recientemente colado.

### PROPIEDADES DE LA SECCION

Cuando se calculan esfuerzos en vigas compuestas, es necesario diferenciar entre las cargas que actúan en la viga precolada y aquellas que se aplican después de haberse agregado la parte colada in situ de la sección, cuando puede desarrollarse la totalidad de la acción compuesta. Los esfuerzos producidos por la flexión del miembro compuesto se pueden suponer directamente a aquellos ya presentes en la porción precolada. Lógicamente, la flexión en cada caso es alrededor de un centroide diferente, debiéndose emplear dos juegos separados de propiedades de sección.

La notación se establecerá tomando como referencia la figura de abajo, la cual muestra la sección doble T de una viga precolada a la cual se le adiciona una losa colada en sitio. Con relación a los subíndices  $p$  y  $c$  se refieren, respectivamente, a las propiedades de las secciones precoladas y compuestas. De forma similar, a aquellas cargas que sólo afecten a la porción precolada se les dotará de un subíndice  $p$ , mientras que aquellas que producen esfuerzos asociados con la sección compuesta se les pondrá el subíndice  $c$ .





SECCION SIMPLE		SECCION COMPUESTA	
CONCEPTO	NOMENCLATURA	CONCEPTO	NOMENCLATURA
Area de concreto	$A_{cp}$	Area de concreto	$A_{cc}$
Momento de Inercia	$I_{cp}$	Momento de inercia	$I_{cc}$
Centroide superior	$y_s$	Centroide sup. pref.	$c_1$
Centroide inferior	$y_i$	Centroide inf. comp.	$c_2$
Módulo de sección sup.	$S_s$	Centroide sup. comp.	$c_3$
Módulo de sección inf.	$S_i$	Módulo de sección 1	$S_{1c} = I_{cc}/c_1$
		Módulo de sección 2	$S_{2c} = I_{cc}/c_2$
		Módulo de sección 3	$S_{3c} = I_{cc}/c_3$
		Relación de módulos	$n_c = E_{pref}/E_{losa}$

### Propiedades de sección simple y sección compuesta

Los esfuerzos elásticos que actúan en el miembro bajo cualquier estado pueden hallarse bajo cualquier método, pero en el desarrollo de esta tesis, el método utilizado es el de esfuerzos límite de servicio o esfuerzos permisibles. Se supondrá que el miembro no está agrietado en ninguno de los estados que sean de interés.

- Esfuerzos del concreto en la transferencia ( se revisa solo para sección simple ):

$$f_s = -\left(\frac{P_o}{A}\right) + \left(\frac{P_o \times e}{S_s}\right) - \left(\frac{M_o}{S_s}\right)$$

$$f_i = -\left(\frac{P_o}{A}\right) - \left(\frac{P_o \times e}{S_i}\right) + \left(\frac{M_o}{S_i}\right)$$

- Esfuerzos del concreto después de las pérdidas, al aplicar la carga viva ( se revisa para ambas secciones ):

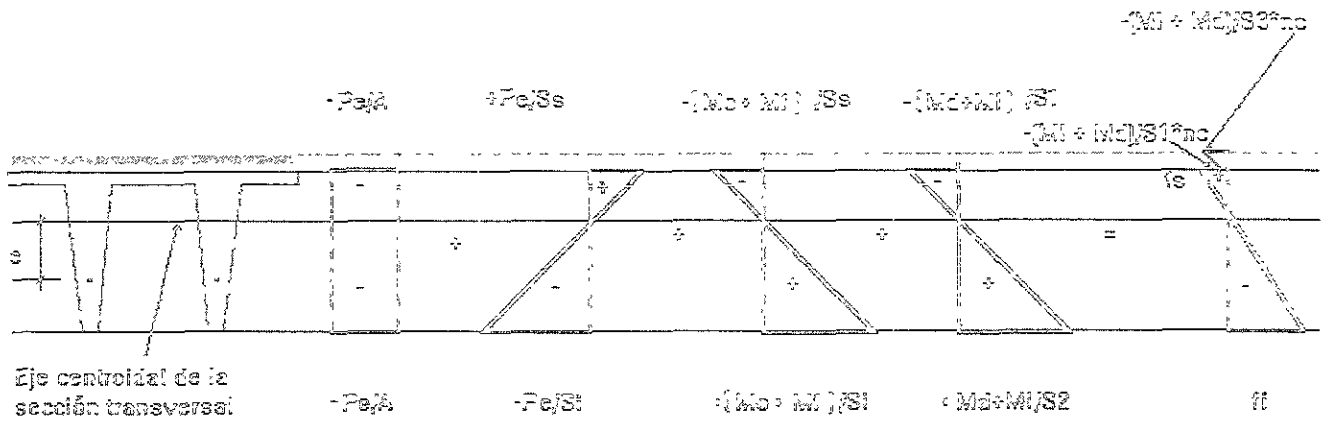
$$f_{s1} = -\left(\frac{P_o}{A_p}\right) + \left(\frac{P_o \times e}{S_{sp}}\right) - \left(\frac{M_o}{S_{sp}}\right) - \left(\frac{M_{dp}}{S_{sp}}\right) - \left(\frac{M_{dc}}{S_{1c}}\right) - \left(\frac{M_l}{S_{1c}}\right)$$

$$f_{i1} = -\left(\frac{P_o}{A_p}\right) - \left(\frac{P_o \times e}{S_{ip}}\right) + \left(\frac{M_o}{S_{ip}}\right) + \left(\frac{M_{dp}}{S_{ip}}\right) + \left(\frac{M_{dc}}{S_{2c}}\right) + \left(\frac{M_l}{S_{2c}}\right)$$

- Esfuerzos en la losa

$$f_{s1} = \left(\frac{M_{dc} + M_l}{S_{3c}}\right) \times n_c$$

$$f_{i1} = \left(\frac{M_{dc} + M_l}{S_{1c}}\right) \times n_c$$



Diagramas característicos de la distribución del esfuerzo del concreto, después de las pérdidas al aplicar la carga viva, para vigas compuestas.

## PERDIDAS DE PRESFUERZO

Cuando el presfuerzo se transfiere al concreto, el miembro se acorta y el acero presforzado se acorta junto con él. Por lo tanto hay una pérdida de presfuerzo en el acero. La restante, debido al acortamiento elástico del concreto y a los deslizamientos en los anclajes del postensado al empezar a trabajar las cuñas del bloqueo, ocurre inmediatamente después de la transferencia.

Ocurren pérdidas adicionales a través de un largo periodo, debidas a la contracción y al escurrimiento plástico y al relajamiento de los esfuerzos en el tendón de acero. Como consecuencia de esto, la fuerza pretensora se reduce de  $P_o$  hasta su valor final o efectivo  $P$ , después de que ha ocurrido todas las pérdidas significativas que dependen del tiempo.

Los valores mas importantes en el cálculo de los esfuerzos en el concreto son el presfuerzo inicial  $P_o$  y el presfuerzo efectivo  $P$ . Al determinar el presfuerzo efectivo (esfuerzo del acero, después de todas las pérdidas), y al establecer la fuerza efectiva correspondiente de presfuerzo, el Reglamento del ACI señala la necesidad de investigar las siguientes fuentes de pérdidas de presfuerzo que se deben tomar en cuenta:

- \* Pérdida en el asentamiento del anclaje.
- \* Acortamiento elástico del concreto.
- \* Fluencia del concreto.
- \* Contracción del concreto.
- \* Relajamiento del esfuerzo del tendón.

\* Pérdida de la fricción debida a la curvatura intencional o no intencional, en los tendones postensados.

La siguiente suma total de las pérdidas, se establecen en el Manual PCI: las pérdidas supuestas al calcular la resistencia requerida del concreto, en el momento del alojamiento de los cables, constituyen el 10%. A su vez, se supone que las pérdidas podrían ser ligeramente mayores que los valores supuestos, y para los elementos cortos, con un presfuerzo mas bajo, las pérdidas podrían disminuir. Sin embargo serán adecuados para la selección de los elementos.

Ya que la base del análisis del presfuerzo inicial será la condición que prevalezca. Una vez efectuada la transferencia del presfuerzo, a través del esfuerzo en los tendones (igual a  $0.70 f_{sr}$ ), sólo se considerará la pérdida del presfuerzo, sujeta al tiempo, que a su vez es consecuencia de la contracción y fluencia del concreto y del relajamiento del acero, a fin de calcular el esfuerzo final en los tendones, después de verificadas todas las pérdidas.

Estimación de las pérdidas por porcentajes individuales:

CONCEPTO	PRETENSADO	POSTENSADO
Acortamiento elástico del concreto.	3%	1%
Desviación de tendones	calcular	-
Fricción	-	calcular
Deslizamiento del anclaje	-	calcular
Flujo Plástico	7%	5%
Contracción del concreto	7%	6%
Relajación del acero	3%	3%
S U M A	20%	15%

Ejemplo 1.

Se analizarán los esfuerzos actuantes en una trabe Doble T pretensada, con la finalidad de aplicar los principios y las ecuaciones antes descritas.

Datos:

Elemento: Trabe Doble T  
 Dimensiones: 275/75/1300  
 Carga de diseño: 500 kg/m<sup>2</sup>

Se considerará un firme de compresión de 5cm de altura promedio.

Sección simple:

Area:	3055 cm <sup>2</sup>
I.:	1454677 cm <sup>4</sup>
Yi:	54.55 cm
Ys:	20.54 cm
Si:	26666.86 cm
Ss:	70821.67 cm
No torones:	8

Ver memoria de cálculo no 1.

## MOMENTO DE AGRIETAMIENTO

Si la viga se agrieta antes de la aplicación de las cargas debido a la contracción u otras causas, no existe una modificación sustancial en el comportamiento hasta la carga de descompresión, en donde la compresión en la parte inferior del miembro se reduce a cero. El esfuerzo en el acero continúa incrementándose poco y en forma lineal hasta que se alcanza la carga de agrietamiento. Bajo esta carga, ocurre un súbito incremento en el esfuerzo del acero, a medida en que la tensión que era tomada por el concreto se transfiere al acero.

Después del agrietamiento, el esfuerzo en el acero se incrementa más rápido que antes. Después de alcanzado el esfuerzo de fluencia  $f_{py}$ , el acero se deforma desproporcionadamente, pero soporta crecientes esfuerzos debidos a la curva de esfuerzo-deformación, y la esfuerzo-carga, continua hacia arriba reduciendo gradualmente su pendiente. El esfuerzo del acero en la falla  $f_{ps}$  puede ser igual a la resistencia a la tensión  $f_{pu}$  pero por lo general se encuentra algo por debajo de ese valor, dependiendo de la geometría de la viga, la proporción de acero, y de las propiedades de los materiales.

El momento que produce el agrietamiento puede hallarse fácilmente para una viga típica, con la ecuación para el presfuerzo en el concreto en la cara inferior, igualando al módulo de ruptura.

$$\tilde{f}_i = f_r = -\left(\frac{P}{A}\right) - \left(\frac{P \times e}{S_i}\right) + \left(\frac{M_{cr}}{S_i}\right)$$

Donde:

-  $M_{cr}$  = Momento total de agrietamiento (incluyendo momento por peso propio, por cargas vivas, cargas muertas).

-  $f_r$  = módulo de ruptura

Trasponiendo:

$$M_{cr} = (P \times e) + \left( \frac{P \times S_i}{A} \right) + (f_r \times S_i)$$

como

$$f_r = 2\sqrt{f'_c}$$

entonces

$$M_{cr} = (P \times e) + \left( \frac{P \times S_i}{A} \right) + (2\sqrt{f'_c} \times S_i)$$

Para el caso de vigas de sección compuesta el momento de agrietamiento se obtiene con la siguiente fórmula:

$$M_{cr} = \left( \frac{P \times S_{2c}}{A} \right) + \left( \frac{P \times e \times S_{2c}}{S_{2p}} \right) + (f_r \times S_{2c})$$

Por lo tanto, se deduce que el momento de agrietamiento, es el momento necesario para evitar la compresión previa, debida a la fuerza del pretuerzo y a la aplicación de un esfuerzo de tensión, igual al módulo de ruptura.

El Reglamento de ACI, establece que la relación del momento resistente de diseño, con el momento de agrietamiento sea por lo menos de 1.2, a fin de permitir un 20% de capacidad de sobrecarga, sobre la carga de agrietamiento, donde  $M_n$ , es el momento nominal resistente.

entonces:

$$\phi M_n \geq 1.2 M_{cr}$$

Un procedimiento alternativo para analizar la condición del diseño por agrietamiento, es el calcular el factor de seguridad contra el agrietamiento, representado por  $F_{cr}$ , basado en el momento por carga viva, de acuerdo a la ecuación:

$$M_o + M_d + F_{cr} M_i = M_{cr}$$

$$f_{cr} = \left( \frac{M_{cr} - M_o - M_d}{M_i} \right)$$

Del ejemplo 1 analizaremos por momento de agrietamiento. (ver memoria de cálculo no 1)

## ANÁLISIS POR CORTANTE

La resistencia de las cargas de concreto presforzado a la flexión se conoce bastante, pero su resistencia al esfuerzo cortante o a la combinación de esfuerzo cortante y flexión no se puede decir con exactitud.

Se puede establecer que las vigas de concreto presforzado tienen una gran capacidad de resistencia al corte, mayor que en las vigas de concreto reforzado, porque el presfuerzo, usualmente evitará la aparición de grietas por contracción que podrían fácilmente destruir la resistencia al corte de las vigas de concreto reforzado especialmente cerca del punto de inflexión.

No sería ni económico ni seguro diseñar traveses de concreto presforzado de tales proporciones que sólo el concreto sea el que proporcione toda la resistencia al cortante. El refuerzo del alma sin presforzar se emplea de la misma manera generalmente así como se usa en traveses de concreto reforzado. Tal acero en el alma no solamente aumenta la resistencia al cortante de las traveses, sino que también garantiza que la falla sea más dúctil, en caso de que exista una severa sobrecarga que produzca una falla por cortante. La fluencia del refuerzo del alma, acompañada por el amplio agrietamiento del concreto dará alguna alarma de peligro.

Se requiere de por lo menos una cantidad mínima de refuerzo en el alma en todas las traveses presforzadas. Se pueden exceptuar los miembros tales como traveses doble T de claros cortos a medianos, que han probado tener un comportamiento satisfactorio sin tal acero, o las losas en las que el esfuerzo cortante es característicamente bajo.

Con poca frecuencia se usa el presforzado diagonal o vertical en las almas de las vigas. Aun cuando esto brinda la ventaja de que pueden eliminarse completamente las grietas y los esfuerzos principales de tensión en el concreto, bajo cargas de servicio, tales métodos no son económicos con la excepción de casos poco frecuentes. Adicionalmente, existe gran dificultad práctica en el control de la tensión en el acero, debido a las grandes pérdidas por los deslizamientos en los anclajes de los tendones cortos.

Utilizando el reglamento ACI dice:

El diseño de las vigas, sometidas a cortante, se basa en la ecuación:

$$V_u < V_n$$

donde  $V_u$ , es la fuerza cortante factorizada en la sección considerada,  $V_n$  es la resistencia nominal al cortante, y  $\phi=0.85$  para cortante.

$$V_n = V_c + V_s$$

donde  $V_c$  y  $V_s$ , son las resistencias nominales a cortante, suministradas por el concreto y por el acero, respectivamente.

Cuando  $f_{pe} > 0.40 f_{pu}$  ( que es el caso mas común), se puede usar la ecuación:

$$V_c = \left( 0.159 \times \sqrt{f'_c} + 49.2 \times \left( \frac{V_u \times d'}{M_u} \right) \right) \times (b \times d)$$

La contribución del acero a la resistencia a cortante, es proporcionada por la ecuación:

$$V_s = \left( \frac{A_v \times f_y \times d'}{s} \right)$$

donde  $A_v$  y  $s$ , son el área efectiva y la separación del acero de cortante, respectivamente. Al valor  $V_s$ , no deberá asignársele un valor mayor de  $2.12 \sqrt{f'_c} \times b \times d$

$$s = \left( \frac{\phi \times A_v \times f_y \times d'}{V_u - \phi * V_c} \right)$$

Las secciones situadas a una distancia menor que  $h/2$ , desde la cara de los apoyos, pueden diseñarse para el mismo cortante,  $V_u$ , que el calculado a una distancia  $\frac{h}{2}$ .

El Reglamento del ACI admite la eliminación de todo el acero de cortante, bajo cualquiera de las siguientes condiciones.

- Para losas y zapatas.
- Para construcción con largueros de concreto, incluyendo elementos nervados, como vigas Doble T.
- Para vigas con un peralte total, que no rebase al mayor de los siguientes valores: 25 cm, 2 ½ veces el espesor del patín y la mitad del ancho del alma.
- Cuando las pruebas demuestren que se puede desarrollar la resistencia última a flexión y a cortante, con el acero de cortante omitido.

Si no es necesario el acero de cortante, se requiere de una cantidad mínima. Como en el diseño práctico de los estribos, es más conveniente por lo general suponer un diámetro de varilla y calcular la separación requerida, para eso es conveniente usar las ecuaciones siguientes:

$$s = \left( \frac{A_v \times f_y}{3.52 \times b \times d} \right)$$

Cuando  $f_{pe} > 0.40 f_{pu}$ , se usará la ecuación:

$$S = \left( \frac{80 \times Av \times fy \times d}{Av \times fpu} \right) \times \sqrt{\frac{bw}{d}}$$

donde  $f_y$  es la resistencia a la fluencia del acero de los estribos.

Se especifican las siguientes ecuaciones a fin de asegurar que cualquier agrietamiento diagonal será atravesado por una cantidad de acero del alma:

$$S = \left( \frac{3}{4} \right) h; \text{ cuando } V_s < 1.06 \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

$$S = \left( \frac{3}{4} \right) h; \text{ cuando } V_s > 1.06 \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

como límite superior,

$$S_{\text{máx}} = 60 \text{ cm.}$$

A continuación se hará una revisión de la trabe Doble T para verificar su capacidad al cortante y checar que los estribos propuestos sean los correctos así como la separación entre ellos.

Ejemplo 3 Del elemento anterior se procederá a analizar por cortante (ver hoja de cálculo no 1).

## ANÁLISIS POR TEMPERATURA

El Reglamento del A. C. I. exige que en losas estructurales en donde el refuerzo por flexión sea en una sola dirección se debe proporcionar refuerzo normal al refuerzo por flexión para resistir los esfuerzos por contracción y temperatura.

El área de refuerzo por contracción y temperatura debe de proporcionar, por lo menos, la siguiente relación de área de refuerzo al área total de concreto, pero no menor de 0.0014.

$$\frac{A_c}{A_s} = 0.0020$$

donde:

$A_c$  = área de concreto.

$A_s$  = área de acero de refuerzo

de tal forma que se resuelve la sección del ejemplo 1, se encuentra que:



Área: 3055 cm<sup>2</sup>

$$A_s = 0.0020 \times A_c$$

Para el elemento doble T del ejemplo 1, se analizará en dos partes:

Para la losa:

$$A_{c1} = 5 \times 275 = 1375 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 1375 \times 0.002$$

$$A_s = 2.75 \text{ cm}^2$$

Se utilizara malla electrosoldada 6x6 - 6/6 la cual presenta un área de 1.22 cm<sup>2</sup>/ml.

La losa analizada tiene 2.75 ml, entonces se tiene que:

$$A_s = 2.75 \text{ ml} \times 1.22 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_s = 3.35 \text{ cm}^2$$

Se obtiene mas área de la requerida, pero si se analiza la inmediata inferior no se cumple con lo requerido.

Para los nervios:

$$A_{cn} = 3055 - 1375 = 1680 \text{ cm}^2$$

$$A_{cn} = 1680 \times 0.002 = 3.36 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla con  $\varnothing = 3/8''$ , el área de esta varilla es de 0.71 cm<sup>2</sup>.  
dividiendo

$$3.36 / 0.71 = \text{No. de varillas}$$

$$4.72 \text{ varillas}$$

y por lo tanto se usarán 6 varillas de 3/8'' por tratarse de dos nervios.

Ver croquis de armado estructural.

## 2.4 DISEÑO POR FLEXIÓN

Generalmente, en la práctica actual, las dimensiones del concreto y la fuerza pretensora para las vigas se escogen en forma tal de no exceder los límites de esfuerzos especificados a medida en que la viga pasa del estado descargado al estado de servicio. Tanto en el concreto como en el acero se pueden considerar elásticos en este rango. Después de que se han seleccionado tentativamente las dimensiones del miembro sobre estas bases, si fuera necesario se deberán revisar las deflexiones bajo los estados de carga de interés y la resistencia última del miembro.

Esta posición es razonable, considerando que uno de los objetivos más importantes del presfuerzo es mejorar el comportamiento bajo las cargas de servicio. Más aún, es el criterio del comportamiento bajo cargas de servicio el que determina la magnitud de la fuerza pretensora a usarse, aunque los requisitos de resistencia pueden determinar el área total de acero a tensión.

Muchos diseñadores adoptan un método de aproximaciones sucesivas. Se supone una sección transversal, una fuerza pretensora y un perfil del cable determinados. Después se revisa el miembro de un tanteo para asegurar que los esfuerzos están dentro de los límites permisibles, que las deflexiones son satisfactorias y que se dispone de la resistencia requerida. Sin embargo, se puede seguir un procedimiento más sistemático, basado en la aproximación de los esfuerzos tan cerca como sea posible, de los esfuerzos límite, bajo los estados de carga que controlan el diseño. Este es el método que aquí regirá.

La notación que se establece en lo que atañe a los esfuerzos en el concreto para los estados límite, es la que sigue:

$f_{ci}$  = Esfuerzo de compresión permisible inmediatamente después de la transferencia.

$f_{ti}$  = Esfuerzo de tensión permisible inmediatamente después de la transferencia.

$f_{cs}$  = Esfuerzo de compresión permisible bajo carga de servicio, después de todas las pérdidas

$f_{ts}$  = Esfuerzo de tensión permisible bajo carga de servicio, después de todas las pérdidas

Esfuerzos permisibles en el concreto para elementos sometidos a flexión:

1.- Que los esfuerzos posteriores a la transferencia del presfuerzo (antes de las pérdidas de presfuerzo que dependen del tiempo) no excedan de los siguientes valores:

a) Esfuerzo a compresión en la fibra extrema  $0.6 \sqrt{f'_{ci}}$

b) Esfuerzo a tensión en la fibra extrema, a

excepción de lo permitido en el siguiente inciso

$$0.8 \sqrt{f'ci}$$

c) Esfuerzo a tensión en la fibra extrema de los

elementos simplemente apoyados.

$$1.5 \sqrt{f'ci}$$

Cuando los esfuerzos calculados a tensión excedan estos valores, se propondrán en la zona de tensión un refuerzo adherido auxiliar ( con o sin presfuerzo), para resistir la fuerza total de tensión en el concreto, suponiendo que se trata de una sección no agrietada.

2.- Los esfuerzos bajo cargas de servicio (después de permitir todas las pérdidas del presfuerzo) no excederán los siguientes valores:

a) Esfuerzos a compresión en la fibra extrema

$$0.45 \sqrt{f'c}$$

b) Esfuerzos a tensión en la fibra extrema en la

zona de tensión, con una compactación previa

$$1.6 \sqrt{f'c}$$

c) Esfuerzos a tensión en la fibra extrema en la

zona de tensión, con la aplicación de una fuerza

de compactación de los elementos ( excepto pa-

ra los sistemas de losas reforzadas en dos di-

recciones) donde los análisis basados en las se-

cciones agrietadas transformadas y en las relacio-

nes bilineales de momento y deflexión, muestran

que las deflexiones a corto y largo plazo, cum-

pien con los requisitos de deflexión del reglamen

tc.

$$3.2 \sqrt{f'_c}$$

3.- Los esfuerzos permisibles que se mencionaron anteriormente podrán excederse, si se demuestra, por medio de pruebas o de análisis, que no se alterará el comportamiento.

## CONSIDERACIONES PARTICULARES

Para fines específicos de este trabajo, partiendo del hecho de que el elemento en estudio se fabricará en una planta especializada en la producción de miembros presforzados, con un estricto control de calidad, y que el fin al cuál están destinados dichos miembros está perfectamente definido, siendo responsabilidad del ingeniero constructor el uso adecuado de estos elementos, se hacen las siguientes consideraciones particulares.

Los esfuerzos límite a la compresión y tensión en el momento de destensar que se tomarán en cuenta para fines de diseño son los especificados en el Reglamento del ACI (arriba mencionados, siendo  $f'_{ci}$  el 80% de la resistencia  $f'_c$  final del concreto, consideración que se basa en la resistencia mínima alcanzada por el concreto a la hora de destensar en el 80% de la resistencia final  $f'_c$ ). El peso propio del elemento se calculará con toda precisión, así como su distribución a lo largo de todo el claro. Por lo tanto, el  $M_{pp}$  provocado por el peso propio del miembro no será afectado por ningún factor de seguridad. La consideración de factores de seguridad para las cargas de servicio se hará desde el siguiente punto de vista:

El diseño se basa (como ya se mencionó y explicó anteriormente) en la revisión de los esfuerzos en las fibras extremas del miembro. Dichos esfuerzos no deben rebasar a los permisibles que nos proporciona el Reglamento del ACI, entidad que se dedica a establecer un criterio de seguridad para que se aplique en forma general a todas las estructuras de concreto, tanto reforzado como presforzado. Dicho reglamento también proporciona factores de seguridad para aplicarse a las cargas que se van aplicar en un elemento estructural. Sin embargo, este instituto da libertad al ingeniero de proponer sus factores de seguridad siempre que justifique de una manera razonable su criterio. De esta manera, para fines exclusivos de este trabajo, en lugar de tomar factores que aumentarían las magnitudes de las cargas de servicio, las cuales el miembro a diseñar debe ser capaz de resistir, se aplicará un factor de seguridad en los esfuerzos permisibles del concreto bajo cargas de servicio. Dicho factor nos disminuye la resistencia del concreto  $f'_c$  en un 75%, quedando así reducidos los esfuerzos permisibles bajo cargas de servicio.

La trabe trabaja bajo dos condiciones críticas: al ser destensada y bajo cargas de servicio.

En el primer caso, cuando se transmite la fuerza de presfuerzo al concreto, los tendones actúan con toda su fuerza, transmitiendo su fuerza pretensora a lo largo de una longitud de transmisión, y trabajando en toda la longitud restante. En este momento la única fuerza externa que actúa es el peso propio del elemento, contrarrestando parcialmente los efectos de la fuerza pretensora. Los

esfuerzos críticos suelen ser los de compresión en la fibra extrema inferior del elemento o los de tensión en la fibra extrema superior.

La convención de signos es la siguiente:

( + ) para expresar tensiones

( - ) para expresar compresiones

El proceso a seguir para el cálculo de acero de presfuerzo y revisión de esfuerzos se muestra a continuación.

### PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

1.- Determinar o proponer una sección transversal y sus propiedades geométricas (área, momento de inercia,  $y_i$ ,  $y_s$ ,  $S_i$ ,  $S_s$ , etc.).

2.- Se define el material que se está empleando, que cumpla la hipótesis.

3.- Se calcula la fuerza de presfuerzo teórica en función de la sección propuesta y a la capacidad máxima de presfuerzo.

a.- Considerar:

$$f_{ps} = -\left(\frac{P}{a}\right) + \left(\frac{Pe}{S_s}\right) \leq K\sqrt{f'ci}$$

$$f_{pi} = -\left(\frac{P}{a}\right) - \left(\frac{Pe}{S_i}\right) \leq K0.6f'ci$$

Dada que la sección B es la mas crítica ya que cuando la viga está en el patio de almacenaje, tiene una carga de presfuerzo mayor y menor resistencia de concreto.

b.- Determinando fuerza de presfuerzo teórica en función de capacidad máxima de presfuerzo y propiedades geométricas de la sección.

$$PT = \left( \left[ \frac{y_s}{h} \times (f_{ps} + f_{pi}) \right] - f_{ps} \right) \times A$$

c.- Determinación de torones

$$n = \frac{PT}{F}$$

Donde:

$$F = asp \times 0.7 \times K \times fpu$$

$K$  = % de pérdidas de presfuerzo (1-0.20)

$$K = 1-0.20$$

$$K = 0.80$$

asp = área del cable de presfuerzo

fpu = esfuerzo último del acero de presfuerzo

d) Determinación de la excentricidad teórica

$$et = \left( \frac{I}{P_{yi}} \right) \times \left( f_{pi} - \left( \frac{PT}{As} \right) \right)$$

e) Determinación de la fuerza de presfuerzo real

$$Po = nreal \times Fo$$

Donde:

$$Fo = 0.7 \times fpu \times asp$$

$$F = 0.7 \times fpu \times asp \times K$$

$$P = K \times Fo$$

f) Determinación de la excentricidad real.

Acomodo de torones en la sección geométrica por analizar.

4.- Se determinan los esfuerzos actuantes por la formula de la escuadría

$$f_i = -\left( \frac{P}{A} \right) - \left( \frac{P \times e}{S_i} \right) + \left( \frac{M_{pp}}{S_i} \right)$$

$$f_s = -\left( \frac{P}{A} \right) + \left( \frac{P \times e}{S_s} \right) - \left( \frac{M_{pp}}{S_s} \right)$$

5.- Obtener esfuerzos permisibles.

6.- Comparar esfuerzos actuantes contra los esfuerzos permisibles.

Si:

- $f_{actuante} < f_{permisible}$  entonces ¡OK!
- $f_{actuante} = f_{permisible}$  entonces ¡OK!
- $f_{actuante} > f_{permisible}$ , entonces no pasa y se propone otra iteración.

En la aplicación del método de diseño de un elemento pretensado, se revisará un elemento Doble T de azotea para un comedor que se construirá en la Cd. de México <sup>1</sup> (ver memoria de cálculo no Z "Diseño de trabe doble T de 300/50/1565")

El diseño arquitectónico del proyecto se realiza tomando en cuenta las áreas necesarias para que dicho inmueble sea funcional, estético y estructuralmente seguro.

Resolviendo los claros a cubrir ( 15.65 mt ) con elementos prefabricados para el sistema de azotea. (Ver plano arquitectónico anexo a memoria).

Para iniciar este diseño se verá la carga que indica el Reglamento R. C. D. D. F., para esta obra en particular.

- Carga viva actuante según reglamento para azotea con pendiente menor al 5%:  $100 \text{ kg} + 0 \text{ kg}$  por sobrecarga.

Una vez clasificadas las cargas, se inicia el procedimiento señalado para el diseño

1.- Proponer una sección: La sección a proponer de acuerdo a la tesis será un elemento Doble T con una sección comercial dentro de la industria del prefuerzo de 50 cm de peralte.

- De acuerdo a la distribución de los elementos en la planta arquitectónica se obtiene el ancho del miembro a diseñar obteniendo así que es de 3.00 m (Ver plano anexo)

- Con los pasos anteriores obtenemos una sección transversal con las características que enseguida se mencionan:

Ancho: 3.00 m

Peralte: 0.50 m

Con la sección definida se obtienen sus características geométricas necesarias para poder hacer los cálculos.

Para Sección Simple

Para Sección compuesta

(con firme de 5 cm colado en obra)

$A_x = 2740 \text{ cm}^2$   
 $62009.55 \text{ cm}^3$

$I = 813565.3 \text{ cm}^4$        $S_3 =$

<sup>1</sup> Esta viga a diseñar es referencia del Capítulo IV.4 CASO PRACTICO.

$I = 575809.3 \text{ cm}^4$	$y_1 = 8.12 \text{ cm}$
$y_1 = 36.97 \text{ cm}$	$y_2 = 41.88 \text{ cm}$
$y_s = 13.03 \text{ cm}$	$y_3 = 13.12 \text{ cm}$
$S_i = 15575.04 \text{ cm}^3$	$S_1 = 100192.8 \text{ cm}^3$
$S_s = 44191.04 \text{ cm}^3$	$S_2 = 19426.11 \text{ cm}^3$

2.- Se define el material que se está empleando, que cumpla la hipótesis.

$$f_c \text{ de trabe Dobie T} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{pu} \text{ de acero de presfuerzo} = 18900 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y \text{ de acero de refuerzo} = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c \text{ de firme de compresión} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

3.- Se calcula la fuerza de presfuerzo teórica en función de la sección propuesta y a la capacidad máxima de presfuerzo.

a) Considerar:

$$f_{ps} = -\left(\frac{P}{a}\right) + \left(\frac{Pe}{S_s}\right) \leq K\sqrt{f'ci}$$

$$f_{pi} = -\left(\frac{P}{a}\right) - \left(\frac{Pe}{S_i}\right) \leq K0.6f'ci$$

Se iguala  $f_{ps} = K\sqrt{f'ci}$  donde  $K = 0.8$  por lo tanto se tiene que

$$f_{ps} = 0.8 \times \sqrt{0.8 \times 350} = 13.38 \text{ kg/cm}^2$$

Se iguala  $f_{pi} = K \times 0.6 \times f'ci$  donde  $K = 0.8$  por lo tanto se tiene que

$$f_{pi} = 0.8 \times 0.6 \times (0.8 \times 350) = 134.40 \text{ kg/cm}^2$$

b) Determinando fuerza de presfuerzo teórica en función de capacidad máxima de presfuerzo y propiedades geométricas de la sección.

$$P_T = \left( \left[ \frac{y_s}{h} \times (f_{ps} + f_{pi}) \right] - f_{ps} \right) \times A$$



Sustituyendo valores:

$$P_T = \left( \left[ \frac{13.03}{50} \times (134.40 + 13.38) \right] - 13.38 \right) \times 2740$$

$$P_T = 49752.4048 \text{ KG}$$

c) Determinación del número de torones

$$n = \frac{P_T}{F}$$

Donde:  $F = asp \times 0.7 \times K \times f_{pu}$

$K = \% \text{ de pérdidas de presfuerzo (1-0.20)}$

$$K = 1-0.20$$

$$K = 0.8$$

$$asp = 0.99 \text{ cm}^2$$

$$f_{pu} = 18900 \text{ kg/cm}^2$$

Sustituyendo valores se tiene que:

$$F = 0.99 \times 0.7 \times 0.8 \times 18900 = 10478.10 \text{ kg}$$

$$n = 49752.4048 / 10478.10$$

$$n = 4.75 \approx 6 \text{ torones por tratarse dos nervios.}$$

d) Determinación de la excentricidad teórica

$$e_t = \left( \frac{I}{P_{yi}} \right) \times \left( f_{pi} - \left( \frac{P_T}{A_s} \right) \right)$$

$$e_t = \left( \frac{575809.3}{(49752.4048 \times 36.97)} \right) \times \left( 134.4 - \left( \frac{49752.4048}{2740} \right) \right)$$

$$e_t = 0.31305 \times 116.24$$

$$e_t = 36.40 \text{ cm}$$

e) Determinación de la fuerza de presfuerzo real:

$$P_o = n_{real} \times F_o$$

Donde  $F = 0.7 \times f_{pu} \times asp$

$$F = 0.7 \times 18900 \times 0.99$$

$$F = 13097.7 \text{ kg}$$

por lo tanto

$$P_0 = 6 \times 13097.7$$

$$P_0 = 78568.20 \text{ kg}$$

$$P = K \times P_0$$

$$P = 0.8 \times 78568.20$$

$$P = 62869 \text{ kg}$$

f) Determinación de la excentricidad real.

disposición de torones en la sección geométrica a analizar.

4.- Se determinan los esfuerzos actuantes por la formula de la escuadría (ver memoria 2)

$$f_t = -\left(\frac{P}{A}\right) - \left(\frac{P \times e}{S_i}\right) + \left(\frac{M_{pp}}{S_i}\right)$$

$$f_s = -\left(\frac{P}{A}\right) + \left(\frac{P \times e}{S_s}\right) - \left(\frac{M_{pp}}{S_s}\right)$$

5.- Obtener esfuerzos permisibles. (Ver memoria 2).

6.- Comparar esfuerzos actuantes contra los esfuerzos permisibles.

Si

$f_{actuante} < f_{permisible}$  entonces ¡OK!

$f_{actuante} = f_{permisible}$  entonces ¡OK!

$f_{actuante} > f_{permisible}$  entonces no pasa

Resultados ver memoria 2

## 2.5 DISEÑO POR CORTANTE

Una vez diseñado por flexión el elemento en estudio se procederá a diseñar por cortante.

El procedimiento de diseño consiste en la aplicación de las fórmulas antes mencionadas para este caso siguiendo un orden como se señala, siendo recomendable hacer una tabla con los conceptos analizados.

1.- Si  $f_c > 0.40 f_{pr}$  entonces:

$$V_c = \left( 0.159 \times \sqrt{f'c} + 49.2 \times \left( \frac{V_u \times d}{M_u} \right) \right) \times (b \times d)$$

$$V_{c\text{mín}} = 0.53 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

$$V_{c\text{máx}} = 1.33 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

$$S_{\text{máx}} = \left( \frac{80 A_v f_y d}{A_p f_{pu}} \right) \times \sqrt{\frac{bw}{d}}$$

2.- Obtener  $V_u$  para los intervalos a analizar

3.- Obtener  $M_u$  para los intervalos a analizar

4.- Calcular  $V_c$

5.- Calcular  $V_c$  mín

6.- Calcular  $V_c$  máx

7.- Calcular con valor de  $V_c$  a usar  $\phi V_c$

8.- Calcular  $\phi V_c / 2$

9.- Calcular valor de  $V_s = V_u - \phi V_c$

10.- Obtener Separación máxima de acuerdo a los resultados obtenidos se usarán las siguiente fórmula:

$$s = \left( \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - (\phi V_c)} \right)$$

A continuación se presenta el diseño por cortante del elemento Doble T de 300/50/1565, (ver memoria de cálculo no 2).

## 2.6 DISEÑO POR TEMPERATURA

De acuerdo a lo especificado por el reglamento de ACI el cual está rigiendo para el desarrollo de esta tesis, nos indica que a elementos estructurales sometidos a flexión se proporcionará refuerzo por flexión para resistir los esfuerzos por contracción y temperatura.

El procedimiento para diseñar por contracción y temperatura se aplicarán las siguientes fórmulas:

El área de refuerzo por contracción y temperatura debe de proporcionar, por lo menos, la siguiente relación de área de refuerzo al área total de concreto, pero no menor de 0.0014.

Diseñando para la trabe Doble T de 300/50/1565 tenemos que:

Area:  $2740 \text{ cm}^2$

Para analizar al elemento doble T del ejemplo 1, lo analizaremos en dos partes:

Para la losa:

$$Acl = 5 \times 300 = 1500 \text{ cm}^2$$

$$As = 1500 \times 0.002$$

$$As = 3.0 \text{ cm}^2$$

Se utilizara maila electrosoldada 6x6 - 6/6 la cual presenta un área de  $1.22 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ .

La losa analizada tiene  $3.00 \text{ m}^2$ , entonces tenemos que:

$$As = 3 \text{ m}^2 / 1.22 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

$$As = 3.66 \text{ cm}^2$$

Se obtiene mas área de la requerida, pero si se analiza la inmediata inferior no cumplimos con lo requerido.

Para los nervios:

$$Acn = 2740 - 1500 = 1240 \text{ cm}^2$$

$$Acn = 1240 \times 0.002 = 2.48 \text{ cm}^2$$

Usando varilla con  $\varnothing = 3/8"$ , tenemos el área de esta varilla es de  $0.71 \text{ cm}^2$ , dividiendo

$$2.48 / 0.71 = \text{No. de varillas}$$

$$3.5 \text{ varillas}$$

y por lo tanto se usarán 4 varillas de  $3/8"$  por tratarse de dos nervios.

## 2.7 COMENTARIOS GENERALES

El diseño de elementos de concreto presforzado, se basa en el método de los esfuerzos permisibles. Es decir, que, a los materiales que intervienen, se les hace trabajar en el rango elástico. En el diseño de un elemento presforzado es importante conocer cual será su utilidad, el claro a cubrir y cuales son las restricciones tanto de apoyo como de peralte. En el caso de peraltes se deben considerar los peraltes existentes en el mercado del presfuerzo. Se realiza el diseño de secciones simples, y de secciones compuestas, pues es muy común que en obra se cuele una capa de compresión (elementos compuestos) la cual tendrá la función de diafragma permitiendo rigidizar a todo el tablero formado por el o los elementos. Carga que es de importancia considerar en el diseño por los efectos que provoca en el elemento presforzado.

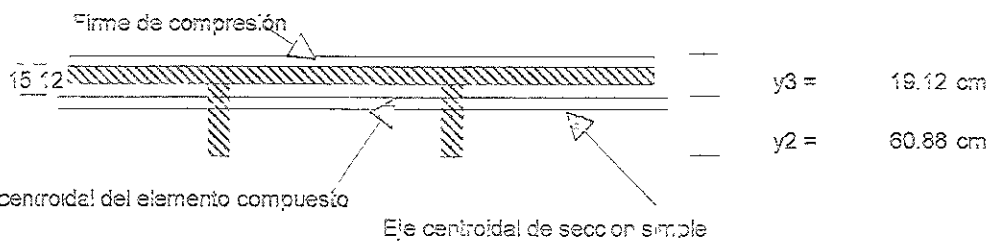
Para el diseño por cortante, los extremos son los puntos más críticos (trabaja en realidad como viga simplemente apoyada), ya que es la parte donde se apoya y donde se da la mayor concentración de estos esfuerzos, por lo tanto, la trabe en esos puntos en particular se analiza como viga de concreto reforzado y se desprecia la capacidad por cortante del concreto, el cual toma una cantidad considerable. En este caso no se diferencia si es sección compuesta o sección simple. Para cortante de elementos doble T que trabajan como sección compuesta, es suficiente con prolongar el acero de refuerzo del alma por encima de la losa prefabricada para tomar los esfuerzos por cortante horizontal existentes entre la doble T y la losa colada in situ.

En el Anexo no I se presentan gráficas de secciones doble T con sus características geométricas y gráficas de capacidades de carga.

MEMORIA DE CALCULO No. 1

TRABE DOBLE T 275/75/1300

DISEÑO A FLEXIÓN DE TRABE DOBLE T DE 275/75/1300



Sección Simple:

L =	13 m
A =	3055 cm <sup>2</sup>
I =	1454677 cm <sup>4</sup>
y <sub>1</sub> =	54.55 cm
y <sub>s</sub> =	20.54 cm
S <sub>i</sub> =	26666.86 cm <sup>3</sup>
S <sub>s</sub> =	70821.67 cm <sup>3</sup>
No torones	8 pzs
e =	43.3 cm

Sección compuesta:

I =	1959301 cm <sup>4</sup>
y <sub>1</sub> =	15.12 cm
y <sub>2</sub> =	60.88 cm
y <sub>3</sub> =	19.12 cm
S <sub>1</sub> =	129583.3995 cm <sup>3</sup>
S <sub>2</sub> =	32182.99934 cm <sup>3</sup>
S <sub>3</sub> =	102473.9017 cm <sup>3</sup>

Firme de compresión	5 cm
Carga de viva	500 kg/m <sup>2</sup>

1.- Analisis de cargas

Peso Propio

W <sub>pp</sub> =	A * Peso Vol. concreto
W <sub>pp</sub> =	0.3055 m <sup>2</sup> * 2.4 kg/m <sup>3</sup>
W <sub>pp</sub> =	0.7332 ton/m

Peso firme de compresión

W <sub>pp</sub> =	Espesor del firme * Peso Vol. concreto * Ancho de losa
W <sub>pp</sub> =	0.05 m * 2.4 kg/m <sup>3</sup> * 3 m
W <sub>f</sub> =	0.36 ton/m

Peso por Carga de azotea

W <sub>pp</sub> =	Carga esp. en reglamento * Ancho de losa
W <sub>pp</sub> =	0.5 ton/m <sup>2</sup> * 3 m
W <sub>ev</sub> =	1.5 ton/m

2.- Momentos Flexionantes

$M = (W * l^2) / 8$

Momento peso propio	
M <sub>pp</sub> =	73320 * 169 / 8
M <sub>pp</sub> =	15.48555 ton-m

Momento firme de compresión	
M <sub>f</sub> =	36000 * 169 / 8

$$M_T = 7.905 \text{ ton-m}$$

Momento carga de azotes

$$M_{cv} = 150000 \cdot 189 / 8$$

$$M_{cv} = 31.9875 \text{ ton-m}$$

SUMA DE MOMENTOS

$$M_T = 54.78135$$

ACERO DE PRESFUERZO

$f_{sr}$  18900 kg/cm<sup>2</sup> esfuerzo último del torón

torón 0 = 1/2 pulg diámetro del torón

asp 0.99 cm<sup>2</sup> área por torón

$$f_o = 0.7 \cdot f_{sr} = 0.7 \cdot 18900 = 13230 \text{ kg/cm}^2$$

Si se considera un 20% de perdidas

$$k = 0.8$$

$$f = k \cdot f_o = 0.8 \cdot 13230 = 10584 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_o = N \cdot asp \cdot f_o = 800 \cdot 0.99 \cdot 13230 = 104781.6 \text{ kg}$$

$$P = k \cdot P_o = 0.8 \cdot 104781.6 = 83825.28 \text{ kg}$$

$$n_c = (E_{cp}/E_{cl})^{1/2}$$

$$E_{cp} = 15253 \cdot (f_c)^{1/2}$$

$$E_{cp} = 350$$

$$E_{cl} = 250$$

$$n_c = 1.183216$$



3.- Esfuerzos actuantes

Para el análisis de esfuerzos actuantes en fabricación se revisa solo con momentos de p.p.

**ESFUERZOS EN EL CONCRETO A LA TRANSFERENCIA**

Esfuerzos en la fibra inferior

$$f_i = - P_o / A_{ss} - P_o e / S_1 + M_{pp} / S_1$$

$$f_i = - ( 104781.60 / 3055 ) - ( 104781.6 * 43.3 / 26667 ) + ( 2E+06 / 26667 )$$

$$f_i = -34.30 - 170.1 + 58.082775$$

$$f_i = -146.35 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra superior

$$f_s = - P_o / A_{ss} + P_o e / S_2 - M_{pp} / S_2$$

$$f_s = - ( 104781.60 / 3055 ) + ( 104781.6 * 43.3 / 70822 ) - ( 2E+06 / 70822 )$$

$$f_s = -34.30 + 64.06 - 21.870214$$

$$f_s = 7.89 \text{ kg/cm}^2$$

**ESFUERZOS EN CONDICIONES DE SERVICIO**

Esfuerzos en la fibra inferior

$$f_i = - P / A_s - P e / S_1 + M_o + M_{pp} / S_1 + M_i + M_{dc} / S_2$$

$$f_i = - ( 83825.28 / 3055 ) - ( 83825.28 * 43.3 / 26667 ) + ( 2E+06 / 26667 ) + ( 3E+06 / 32183 )$$

$$f_i = -27.44 - 136.1 + 86.601322 + 98.5$$

$$f_i = 21.51 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra superior

$$f_s = - P / A_s + P e / S_2 - M_o - M_{pp} / S_2 + M_i + M_{dc} / S_1$$

$$f_s = - ( 83825.28 / 3055 ) + ( 83825.28 * 43.3 / 70822 ) - ( 2E+06 / 70822 ) + ( 3E+06 / 129583 )$$

$$f_s = -27.44 + 51.25 - 32.608454 - 24.5$$

$$f_s = -33.25 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra inferior de la losa

$$f_{il} = - M_i + M_{dc} / S_3 * n_c$$

$$f_{il} = - 3168750 / 1E+05 * 1$$

$$f_{il} = -20.66866 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra superior de la losa

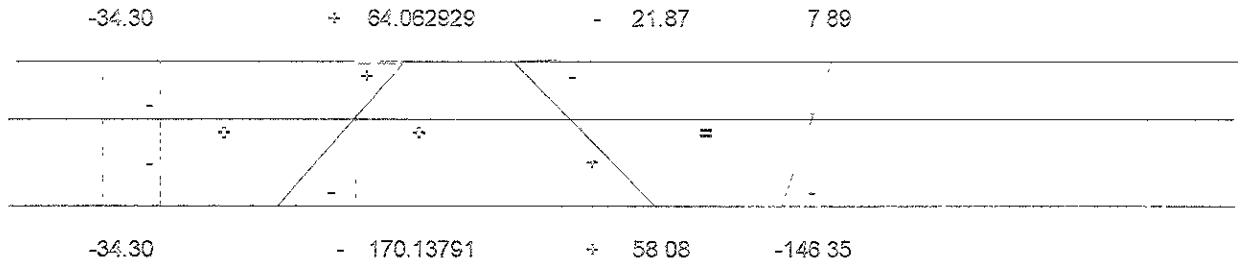
$$f_{sl} = - M_i + M_{dc} / S_3 * n_c$$

$f_s = - 3168750 / 1E+05 = - 31.6875$

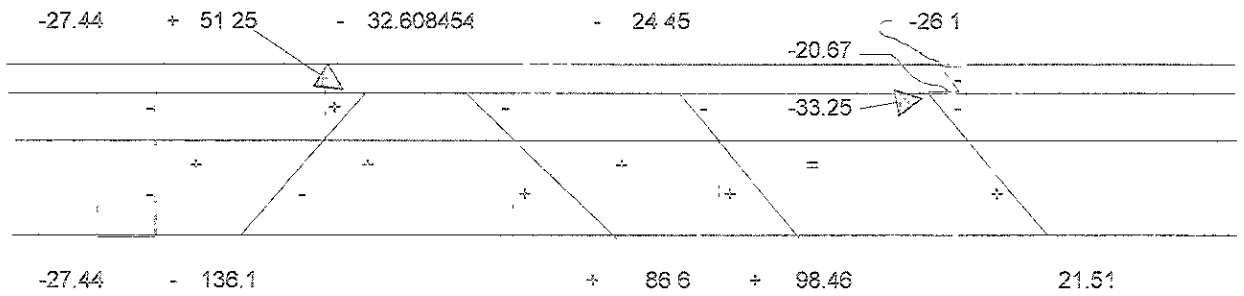
$f_{si} = -26.13429 \text{ kg/cm}^2$

Diagramas de Esfuerzos

AL DESTENSAR



EN CONDICIONES DE SERVICIO



ESFUERZOS PERMISIBLES

$$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 0.8 f_c$$

$$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA TRANSFERENCIA

$$\text{Compresión} \quad 0.6 f_c = -168 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tensión} \quad f_c^{1/2} = 18.73 \text{ kg/cm}^2$$

EN CONDICIONES DE SERVICIO

$$\text{Compresión} \quad 0.45 f_c = -157.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tensión} \quad 1.6(f_c)^{1/2} = 29.93 \text{ kg/cm}^2$$

Comparando esfuerzos actuantes con esfuerzos permisibles

ETAPA		ESFUERZO ACTUANTE	PERMISIBLE	OBSERVACION
Fabricación	fs	7.89	18.73	OK
	fi	-146.35	-168.00	OK
Servicio	fs	-33.25	-157.50	OK
	fi	21.51	29.93	OK
En losa	fsl	-26.1342888		
	fil	-20.6668644		

Por lo tanto el diseño final es de 68 torones para la viga Doble T de 276/75/1300

MOMENTO DE AGRIETAMIENTO DT 275/75/1300

REVISION PARA SECCION COMPUESTA

$$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 1.989 \cdot (f_c)^{1/2}$$

$$f_r = 1.989 \cdot (350)^{1/2}$$

$$f_r = 37.21078$$

$$M_{cr} = (P \cdot S^2 / A) + (P \cdot e \cdot S^2 / I) + f_r \cdot S^2$$

$$M_{cr} = ( 83825.28 \cdot 32183 / 3055 ) + ( 83825.28 \cdot 43.3 \cdot 32183 / 26666.9 ) + ( 37.2 \cdot 32183 )$$

$$M_{cr} = 883060.2 + 4E+06 + 1197555$$

$$M_{cr} = 6461054 \text{ kg-cm}$$

$$M_{cr} = 64610.54 \text{ kg-m}$$

$$F_{cr} = (M_{cr} - M_{pp} - M_d) / M_l$$

$$F_{cr} = ( 64610.54 - 15489 - 7605 ) / 31687.50$$

$$F_{cr} = 1.310191$$

DISEÑO DE CORTANTE DE TRABE DOBLE T DE 275/75/1300

Sección simple:

Area:	3055 cm <sup>2</sup>	Long =	19	m
I:	1454877 cm <sup>4</sup>	bw =	29	cm
Yi:	54.55 cm	d =	70	cm
Ys:	20.54 cm	h =	75	cm
Si:	26666.22 cm	f'c =	350	kg/cm <sup>2</sup>
Ss:	71137.77 cm			
e:	43.3 cm			
No torones:	10			
P				

Firme de compresión:	5 cm
Carga de viva:	500 kg/m <sup>2</sup>

Sección compuesta:

Area:	4217.09 cm <sup>2</sup>
I:	1959301 cm <sup>4</sup>
Yi:	60.88 cm
Ys:	19.12 cm
Si:	32185.55 cm
Ss:	102448.1 cm
e:	49.63 cm

1.- Analisis de cargas

Peso Propio

W <sub>pp</sub> =	A * Peso Vol. concreto
W <sub>pp</sub> =	0.3055 m <sup>2</sup> 2.4 kg/m <sup>3</sup>
W <sub>pp</sub> =	0.7332 ton/m

Peso firme de compresión

W <sub>pp</sub> =	Espesor del firme * Peso Vol. concreto * Ancho de losa
W <sub>pp</sub> =	0.05 m      2.4 kg/m <sup>3</sup> 2.75 m
W <sub>pp</sub> =	0.33 ton/m

Peso por Carga viva de proyecto

W <sub>pp</sub> =	Carga esp. en reglamento * Ancho de losa
W <sub>pp</sub> =	0.5 ton/m <sup>2</sup> 2.75 m
W <sub>cv</sub> =	1.375 ton/m

Memoria 1

$W_{total} = 3.82598 \text{ ton/m}$   
 $W_{total} = 3825.98 \text{ kg/m}$   
 $V_u = W/2$   
 $V_u = 24868.87 \text{ kg}$

ACERO DE PRESFUERZO

$f_{sr}$	18900	kg/cm <sup>2</sup>	esfuerzo último del torón
$f_y$	4200	kg/cm <sup>2</sup>	esfuerzo último del acero de refuerzo
torón	0 = 1/2	pulg	diámetro del torón
asp	0.99	cm <sup>2</sup>	área por torón

$f_o = 0.7 * f_{sr} = 0.7 * 18900 = 13230 \text{ kg/cm}^2$

$f_o > 0.40 f_{pu}$

13230 > 7560 entonces se usa la ecuación:

$V_c = (0.159(f_c)^{1/2} + 49.2(V_{ud}/Mu))bwd$   
 $V_{cmin} = 0.53(f_c)^{1/2}bwd$   
 $V_{cmax} = 1.33(f_c)^{1/2}bwd$   
 $S_{max} = ((80 * A_v * f_y * d) / (A_p * f_{sr})) * (b_w/d)^{1/2}$

Si  $V_c < V_{cmin}$  entonces usar  $V_{cmin}$

Si  $V_c > V_{cmin}$  entonces usar  $V_c$

Si  $V_c > V_{cmax}$  entonces usar  $V_{cmax}$

CONCEPTO	h/2	0.1*	2h	0.2*	0.3*	0.4*	0.5*
	0.375	1.3	1.5	2.6	3.9	5.2	6.5
$V_u$	23434.13	19895.1	19129.9	14921.32	9947.548	4973.774	0
$M_u$	9056.812	29096.58	32999.08	51727.25	67892.02	77590.87	80823.83
$V_u * d / M_u$	1.448977	0.382906	0.324638	0.161538	0.082051	0.035897	0
$V_c$	150756.5	44281.59	38461.99	22172.29	14233.43	9623.766	6038.474
$V_{cmin}$	20242.18	20242.18	20242.18	20242.18	20242.18	20242.18	20242.18
$V_{cmax}$	50510.5	50510.5	50510.5	50510.5	50510.5	50510.5	50510.5
$\phi V_c$	17205.85	17205.85	17205.85	17205.85	17205.85	17205.85	17205.85
$\phi V_c / 2$	8602.926	8602.926	8602.926	8602.926	8602.926	8602.926	8602.926
$V_s$	3191.948	-347.083	-1112.28	-5320.86	-10294.6	-15268.4	-20242.2
$S_{max}$	113.7402						

Dado que  $V_u > \phi V_c$  entonces requiere acero mínimo en el alma

Por lo tanto se proponen estribos del no. 3

$area = 0.71 \text{ cm}^2$   
 $A_v = 0.71 \quad 4$   
 $A_v = 2.84$   
 $f_y = 2100 \text{ esfuerzo permisible para acero de cortante}$

$S = (0.85 \cdot A_v \cdot f_y \cdot d) / V_s$  En este caso  $V_s$  se tomará como  $V_u$  total despreciando el  $V_c$  del concreto para 0 a 1.50 mts

$S = (0.85 \cdot 2.84 \cdot 2100 \cdot 70) / 23434.13$

$S = 15.14279$

$S = 15 \text{ cm}$

para 1.50 a 3.00 mts

$S = (0.85 \cdot 2.84 \cdot 2100 \cdot 70) / 14921.32$

$S = 23.78194$

$S = 20 \text{ cm}$

para 3.00 a 5.72

$S = (0.85 \cdot 2.84 \cdot 2100 \cdot 70) / 4973.774$

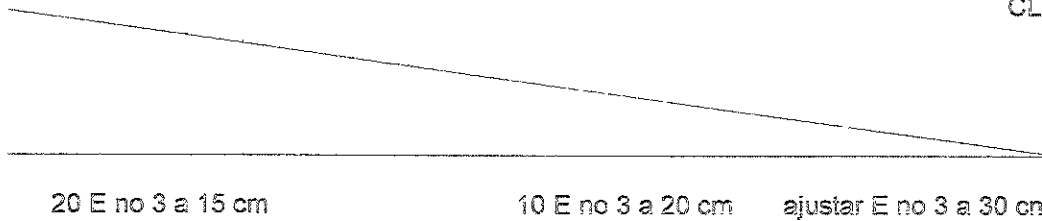
$S = 71.34582 > 75/2$

$S = 30 \text{ cm}$

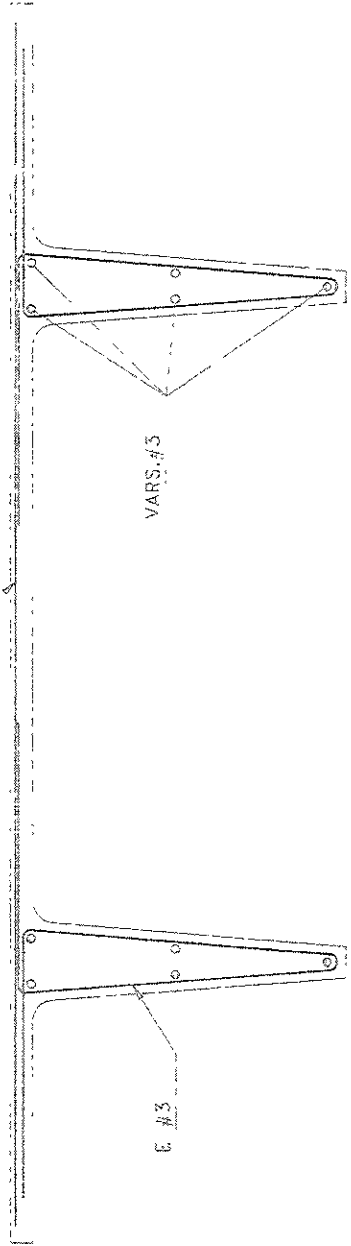
La separación máxima será la de 30 cm y la mínima será la de 10 cm por lo tanto el armado en la trabe será como lo indica el croquis

DIAGRAMA DE ARMADO DE ESTRIBOS POR CORTANTE

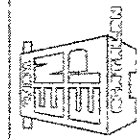
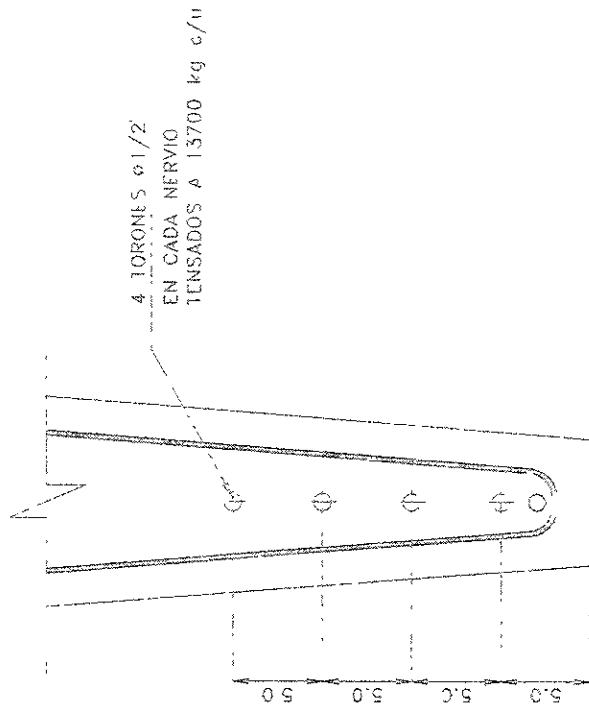
CL



MACLA ELECTROSOLDADA 6x6-6/6



SECCION TRANSVERSAL  
REFUERZO



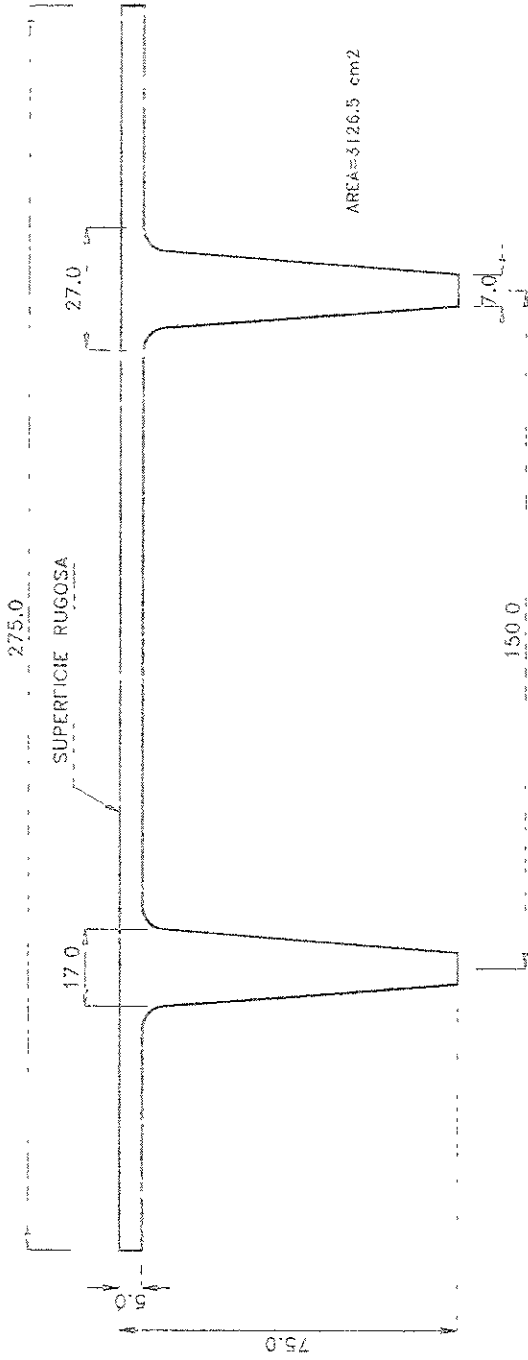
E N E P A C A T L A N  
FLRMIN MONDRAGON LEMUS  
INGENIERIA CIVIL

TESIS

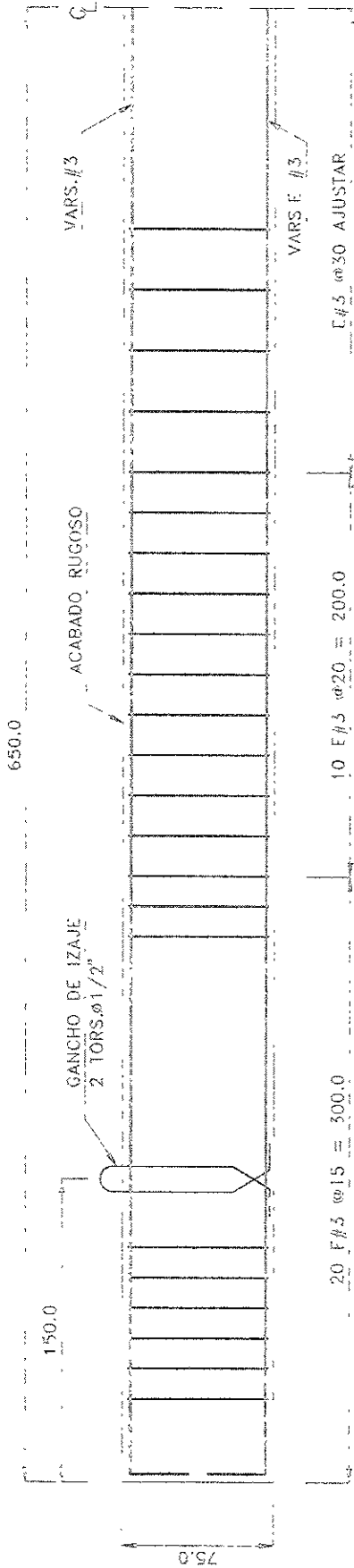
TRABE DOBLE "I" DE CONCRETO PRELFORZADO  
ANALISIS, DISENO Y MONTAJE EN OBRA

PLANO ESTRUCTURAL DT 75/275/1300

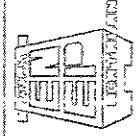




SECCION TRANSVERSAL  
GEOMETRIAS



ELEVACION  
REFUERZO



ENEP A C A T L A N  
FERMIN MONDRAGON LEMUS  
INGENIERIA CIVIL

TESIS

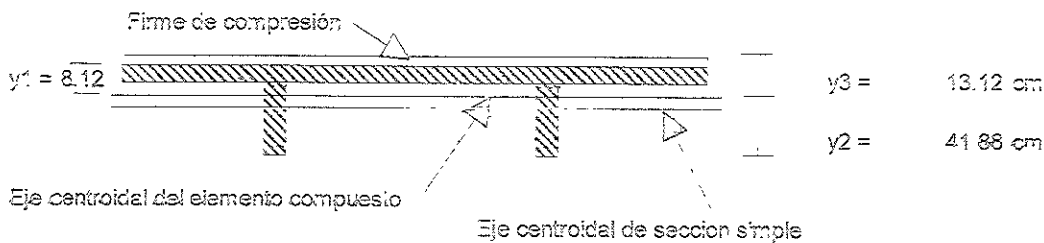
TRABE DOBLE "T" DE CONCRETO PREFORZADO  
ANALISIS, DISENO Y MONTAJE EN OBRA

PLANO ESTRUCTURAL DT 75/275/1500

MEMORIA DE CALCULO No. 2

TRABE DOBLE T 300/50/1565

REVISIÓN A FLEXIÓN DE TRABE DOBLE T DE 300/50/1535



Sección Simple:

A =	2740 cm <sup>2</sup>
I =	575809.3 cm <sup>4</sup>
yi =	38.97 cm
ys =	13.03 cm
Si =	15575.04 cm <sup>3</sup>
Ss =	44191.04 cm <sup>3</sup>
No torones	6 pzs
e =	26.97 cm

Sección compuesta:

I =	813565.3 cm <sup>4</sup>
y1 =	8.12 cm
y2 =	41.88 cm
y3 =	13.12 cm
S1 =	100192.8 cm <sup>3</sup>
S2 =	19426.11 cm <sup>3</sup>
S3 =	62009.55 cm <sup>3</sup>

Firme de compresión	5 cm
Carga de azotea	100 kg/m <sup>2</sup>

1.- Analisis de cargas

Peso Propio

W <sub>pp</sub> =	A * Peso Vol. concreto
W <sub>pp</sub> =	0.274 m      2.4 kg/m <sup>3</sup> 3 m
W <sub>pp</sub> =	0.6576 ton/m

Peso firme de compresión

W <sub>pp</sub> =	Espesor del firme * Peso Vol. concreto * Ancho de losa
W <sub>pp</sub> =	0.05 m      2.4 kg/m <sup>3</sup> 3 m
W <sub>pp</sub> =	0.36 ton/m

Peso por Carga de azotea

W <sub>pp</sub> =	Carga esp. en reglamento * Ancho de losa
W <sub>pp</sub> =	0.1 ton/m <sup>2</sup> 3 m
W <sub>pp</sub> =	0.3 ton/m

2 - Momentos Flexionantes

$$M = (W \cdot l^2) / 8$$

Momento peso propio

M <sub>pp</sub> =	(0.6576 * 15.65 <sup>2</sup> ) / 8
M <sub>pp</sub> =	20.13233 ton-m

Momento firme de compresión:

$$M_{if} = (0.36 * 15.65^2) / 8$$

$$M = 11.32151 \text{ ton-m}$$

Momento carga de azólea

$$M_{cv} = (0.3 * 15.65^2) / 8$$

$$M_{cv} = 9.184594 \text{ ton-m}$$

**SUMA DE MOMENTOS**

$$M = 40.33874$$

**ACERO DE PRESFUERZO**

$f_{sr}$  18900 kg/cm<sup>2</sup> - esfuerzo último del torón  
 torón  $\phi = 1/2$  pulg diámetro del torón  
 $asp$  0.99 cm<sup>2</sup> área por torón

$$f_o = 0.7 * f_{sr} = 0.7 * 18900 = 13230 \text{ kg/cm}^2$$

Si se considera un 20% de pérdidas

$$k = 0.8$$

$$f = k * f_o = 0.8 * 13230 = 10584 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_o = N * asp * f_o = 6.00 * 0.99 * 13230 = 78586.2 \text{ kg}$$

$$P = k * P_o = 0.8 * 78586.2 = 62868.96 \text{ kg}$$

$$n_c = (E_{cp} / E_{cl})^{1/2}$$

$$E_{cp} = 350$$

$$E_{cl} = 250$$

$$n_c = 1.183216$$

### 3.- Esfuerzos actuantes

Para el análisis de esfuerzos actuantes en fabricación se revisa solo con momentos de o.p.

#### ESFUERZOS EN EL CONCRETO A LA TRANSFERENCIA

Esfuerzos en la fibra inferior

$$f_i = - P_o/A_{ss} - P_o e/S_i + M_{pp}/S_i$$

$$f_i = - ( 78586.20 / 2740 ) - ( 78586.2 * 27 / 15575 ) + ( 2E+06 / 15575 )$$

$$f_i = -28.68 - 136.1 + 129.26212$$

$$f_i = -35.50 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra superior

$$f_s = - P_o/A_{ss} + P_o e/S_2 - M_{pp}/S_2$$

$$f_s = - ( 78586.20 / 2740 ) + ( 78586.2 * 27 / 44191 ) - ( 2E+06 / 44191 )$$

$$f_s = -28.68 + 47.96 - 45.558167$$

$$f_s = -26.28 \text{ kg/cm}^2$$

#### ESFUERZOS EN CONDICIONES DE SERVICIO

Esfuerzos en la fibra inferior

$$f_i = - P/A_s - P_e/S_i + M_o + M_{pp}/S_i + M_i + M_{dc}/S_2$$

$$f_i = - ( 62868.96 / 2740 ) - ( 62868.96 * 27 / 15575 ) + ( 3E+06 / 15575 ) + ( 918459 / 19426.11 )$$

$$f_i = -22.94 - 108.9 + 200.02606 + 47$$

$$f_i = 115.50 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra superior

$$f_s = - P/A_s + P_e/S_s - M_o + M_{pp}/S_s + M_i + M_{dc}/S_1$$

$$f_s = - ( 62868.96 / 2740 ) + ( 62868.96 * 27 / 44191 ) - ( 3E+06 / 44191 ) + ( 918459 / 100192.6 )$$

$$f_s = -22.94 + 38.37 - 70.498769 - 9$$

$$f_s = -64.24 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra inferior de la losa

$$f_{il} = - M_i + M_{dc} / S_i * n_c$$

$$f_{il} = - 918459.38 / 1E+05 * 1$$

$$f_{il} = -7.747464 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra superior de la losa

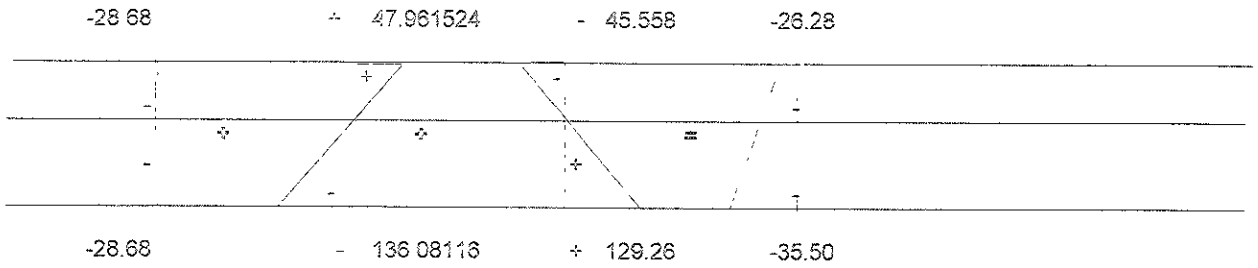
$$f_{sl} = - M_i + M_{dc} / S_s * n_c$$

$i_s = - 918459.38 / 62010 * 1$

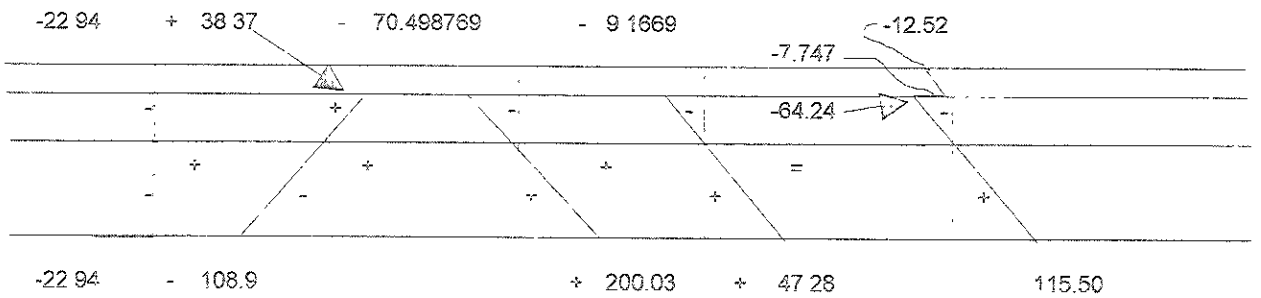
$f_{si} = -12.51807 \text{ kg/cm}^2$

Diagramas de Esfuerzos

AL DESTENSAR



EN CONDICIONES DE SERVICIO



ESFUERZOS PERMISIBLES

$$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ci} = 0.8 \cdot f_c$$

$$f_{ci} = 280 \text{ kg/cm}^2$$

INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA TRANSFERENCIA

$$\text{Compresión} \quad 0.6 f_{ci} = -168 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tensión} \quad f_{ci}^{1/2} = 16.73 \text{ kg/cm}^2$$

EN CONDICIONES DE SERVICIO

$$\text{Compresión} \quad 0.45 f_c = -157.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tensión} \quad 1.6(f_c)^{1/2} = 29.93 \text{ kg/cm}^2$$

Comparando esfuerzos actuantes con esfuerzos permisibles

ETAPA		ESFUERZO ACTUANTE	PERMISIBLE	OBSERVACION
Fabricación	fs	-26.28	-168.00	OK
	fi	-35.50	-168.00	OK
Servicio	fs	-64.24	-157.50	OK
	fi	115.50	29.93	OK
En losa	fsl	-12.5180693		
	fil	-7.74746363		

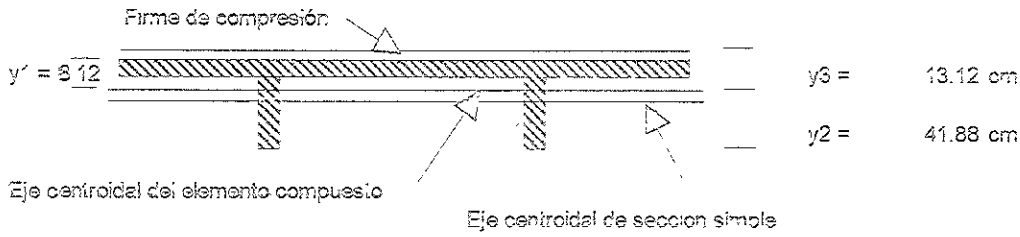
RESUMEN DE ESFUERZOS EN TRABAJO DE Doble T DE 600/50,1663

No. Torones	excentricidad	Etapa	Fibra	Esfuerzos		Observaciones
				Actuante	Permisible	
6	26.97	Transferencia	fs	-28.28	-168.00	OK
			fi	-35.50	-168.00	OK
		Servicio	fs	-64.24	-157.50	OK
			fi	115.50	29.93	Tensiones
			fsi	-12.52		
fil	-7.47					
8	25.72	Transferencia	fs	-22.81	-168.00	OK
			fi	-82.01	-168.00	OK
		Servicio	fs	-61.47	-157.50	OK
			fi	78.29	29.93	Tensiones
			fsi	-12.52		
fil	-7.47					
10	25.7	Transferencia	fs	-17.19	-168.00	OK
			fi	-134.66	-168.00	OK
		Servicio	fs	-59.97	-157.50	OK
			fi	36.17	29.93	Se puede tomar como bueno el diseño, pero analizaremos
			fsi	-12.52		
fil	-7.47					
12	22.5	Transferencia	fs	-22.90	-168.00	OK
			fi	-155.15	-168.00	OK
		Servicio	fs	-61.54	-157.50	OK
			fi	19.77	29.93	OK
			fsi	-12.52		
fil	-7.47					

Por lo tanto el diseño final del elemento será con 12 torones y se anexa en la memoria el análisis detallado de los esfuerzos.



DISEÑO A FLEXION DE TRABE DOBLE T DE 300/50/1565



Sección Simple:

A =	2740 cm <sup>2</sup>
I =	575809.3 cm <sup>4</sup>
y <sub>i</sub> =	36.97 cm
y <sub>s</sub> =	13.03 cm
S <sub>i</sub> =	15575.04 cm <sup>3</sup>
S <sub>s</sub> =	44191.04 cm <sup>3</sup>
No torones	12 pzs
e =	22.5 cm

Sección compuesta :

I =	813565.3 cm <sup>4</sup>
y <sub>1</sub> =	8.12 cm
y <sub>2</sub> =	41.88 cm
y <sub>3</sub> =	13.12 cm
S <sub>1</sub> =	100192.8 cm <sup>3</sup>
S <sub>2</sub> =	19426.11 cm <sup>3</sup>
S <sub>3</sub> =	62009.55 cm <sup>3</sup>

Firme de compresión: 5 cm  
 Carga de azotea 100 kg/m<sup>2</sup>

1 - Analisis de cargas

Peso Propio

W <sub>pp</sub> =	A * Peso Vol. concreto		
W <sub>pp</sub> =	0.274 m	2.4 kg/m <sup>3</sup>	3 m
W <sub>pp</sub> =	0.6576 ton/m		

Peso firme de compresión

W <sub>pp</sub> =	Espesor del firme * Peso Vol. concreto * Ancho de losa		
W <sub>pp</sub> =	0.05 m	2.4 kg/m <sup>3</sup>	3 m
W <sub>pp</sub> =	0.36 ton/m		

Peso por Carga de azotea

W <sub>pp</sub> =	Carga esp. en reglamento * Ancho de losa		
W <sub>pp</sub> =	0.1 ton/m <sup>2</sup>	3 m	
W <sub>pp</sub> =	0.3 ton/m		

2 - Momentos Flexionantes

$$M = (W \cdot l^2) / 8$$

M <sub>pp</sub> =	(0.6576 * 15.65 <sup>2</sup> ) / 8
M <sub>pp</sub> =	20.13253 ton-m

M <sub>f</sub> =	(0.36 * 15.65 <sup>2</sup> ) / 8
M <sub>f</sub> =	11.02131 ton-m

Momento carga de azotea

$$M_{cv} = (0.3 \cdot 15.656^2) / 8$$

$$M_{cv} = 9.184594 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

**SUMA DE MOMENTOS**

$$M_t = 40.33874$$

**ACERO DE PRESFUERZO**

fsr            18900    kg/cm2    esfuerzo último del torón  
 torón:        0 = 1/2    pulg      diámetro del torón  
 asp            0.99      cm2       área por torón

$$f_o = 0.7 \cdot f_{sr} = 0.7 \cdot 18900 = 13230 \text{ kg/cm}^2$$

Si se considera un 20% de pérdidas

$$k = 0.8$$

$$f = k \cdot f_o = 0.8 \cdot 13230 = 10584 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_o = N \cdot asp \cdot f_o = 12.00 \cdot 0.99 \cdot 13230 = 157172.4 \text{ kg}$$

$$P = k \cdot P_o = 0.8 \cdot 157172.4 = 125737.9 \text{ kg}$$

$$n_c = (E_{cp}/E_c)^{1/2}$$

$$E_{cp} = 15253 \cdot (f'_c)^{1/2}$$

$$E_{cp} = 350 \qquad 285$$

$$E_c = 250 \qquad 241$$

$$n_c = 1.183216$$

3 - Esfuerzos actuantes

Para el análisis de esfuerzos actuantes en fabricación se revisa solo con momentos de p p

**ESFUERZOS EN EL CONCRETO A LA TRANSFERENCIA**

Esfuerzos en la fibra inferior:

$$f_i = - P_o / A_s - P_o e / S_i + M_{pp} / S_i$$

$$f_i = - ( 157172.40 / 2740 ) - ( 157172.4 * 22.5 / 15575 ) + ( 2E+06 / 15575 )$$

$$f_i = -57.36 - 227.1 + 129.292121$$

$$f_i = -155.15 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra superior:

$$f_s = - P_o / A_s + P_o e / S_2 - M_{pp} / S_2$$

$$f_s = - ( 157172.40 / 2740 ) + ( 157172.4 * 22.5 / 44191 ) - ( 2E+06 / 44191 )$$

$$f_s = -57.36 + 80.02 - 45.558167$$

$$f_s = -22.90 \text{ kg/cm}^2$$

**ESFUERZOS EN CONDICIONES DE SERVICIO**

Esfuerzos en la fibra inferior:

$$f_i = - P / A_s - P_e / S_i + M_o + M_{pp} / S_i + M_I + M_{dc} / S_i$$

$$f_i = - ( 125737.92 / 2740 ) - ( 125737.92 * 22.5 / 15575 ) + ( 3E+06 / 15575 ) + ( 918459 / 19426.11 )$$

$$f_i = -45.89 - 181.6 + 200.026055 + 47.3$$

$$f_i = 19.77 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra superior:

$$f_s = - P / A_s + P_e / S_s - M_o + M_{pp} / S_s + M_I + M_{dc} / S_s$$

$$f_s = - ( 125737.92 / 2740 ) + ( 125737.92 * 22.5 / 44191 ) - ( 3E+06 / 44191 ) + ( 918459 / 100192.8 )$$

$$f_s = -45.89 + 64.02 - 70.4987693 - 9.17$$

$$f_s = -61.54 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra inferior de la losa:

$$f_{il} = - M_I + M_{dc} / S_1 * n_c$$

$$f_{il} = - 918459.38 / 1E+05 * 1$$

$$f_{il} = -7.747464 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos en la fibra superior de la losa:

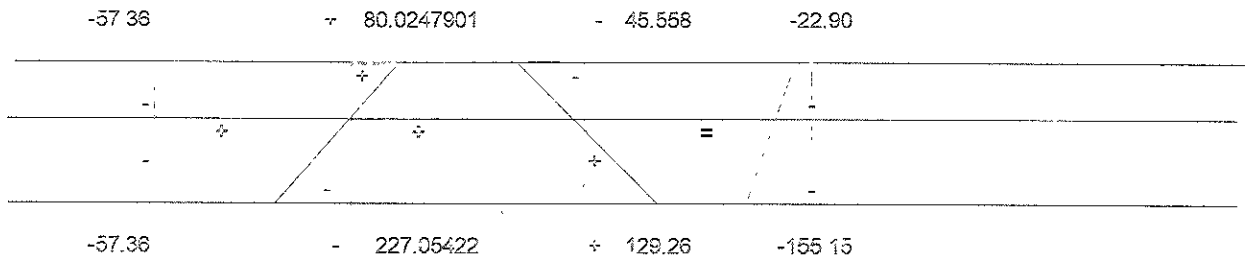
$$f_{sl} = - M_I + M_{dc} / S_2 * n_c$$

$$f_{sl} = - 918459.38 / 62010 * 1$$

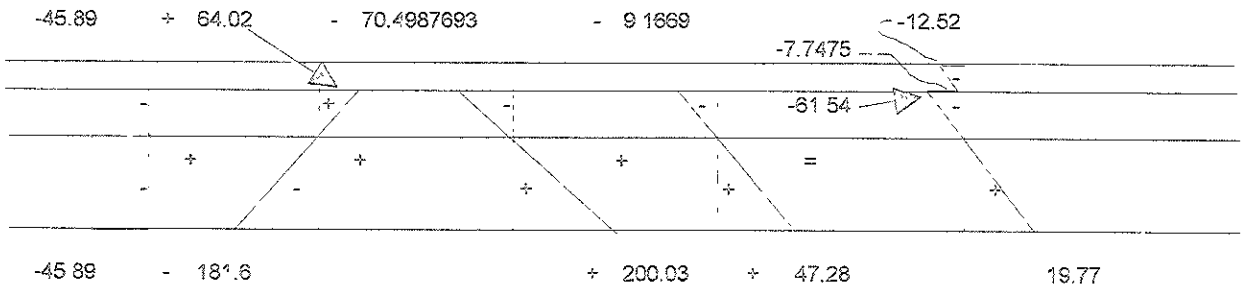
$f_{si} = -12.51807 \text{ kg/cm}^2$

Diagramas de Esfuerzos

AL DESTENSAR



EN CONDICIONES DE SERVICIO



ESFUERZOS PERMISIBLES

$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$

$f_{ci} = 0.8 f_c$

$f_{ci} = 280 \text{ kg/cm}^2$

INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA TRANSFERENCIA

Compresión  $0.6 f_{ci} = -168 \text{ kg/cm}^2$

Tensión  $f_c^{1/2} = 18.73 \text{ kg/cm}^2$

EN CONDICIONES DE SERVICIO

Compresión  $0.45 f_c = -157.50 \text{ kg/cm}^2$

Tensión  $1.6(f_c)^{1/2} = 29.93 \text{ kg/cm}^2$

Comparando esfuerzos actuantes con esfuerzos permisibles

ETAPA		ESFUERZO ACTUANTE	PERMISIBLE	OBSERVACION
Fabricación	$f_s$	-22.90	-168.00	OK
	$f_i$	-155.15	-168.00	OK
Servicio	$f_s$	-61.54	-157.50	OK
	$f_i$	19.77	29.93	OK
En losa	$f_{sl}$	-12.5180693		
	$f_{il}$	-7.74746363		

MOMENTO DE AGRIETAMIENTO DOBLE T 300/50/1565

REVISION PARA SECCION COMPUESTA

$$f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_r = 1.989 \cdot (f_c)^{1/2}$$

$$f_r = 1.989 \cdot (350)^{1/2}$$

$$f_r = 37.21078$$

$$M_{cr} = (P \cdot S^2 / A) + (P \cdot e \cdot S^2 / I) + f_r \cdot S^2$$

$$M_{cr} = ( 125737.9 \cdot 19426 / 2740 ) + ( 125737.9 \cdot 22.8 \cdot 19426 / 15575 ) + ( 37.2 \cdot 19426^2 / 4E+06 )$$

$$M_{cr} = 891459.2 + 722861$$

$$M_{cr} = 5189991 \text{ kg-cm}^2$$

$$M_{cr} = 51899.91 \text{ kg-m}^2$$

$$F_{cr} = (M_{cr} - M_{pp} - M_{d}) / W_l$$

$$F_{cr} = ( 51899.91 - 20133 - 11021.5 ) / 9184.59$$

$$F_{cr} = 2.258758$$

Por lo tanto la sección propuesta esta Ok

DISEÑO DE CORTANTE DE TRABE DOBLE T DE 300/50/1365

Sección simple:

Area:	2740 cm <sup>2</sup>	Long =	15.65	m
I <sub>x</sub> :	575809.3 cm <sup>4</sup>	bw =	27.85	cm
Y <sub>i</sub> :	36.97 cm	d =	45	cm
Y <sub>s</sub> :	13.03 cm	h =	50	cm
S <sub>i</sub> :	15575.04 cm	f <sub>c</sub> =	350	kg/cm <sup>2</sup>
S <sub>s</sub> :	44191.04 cm			
e:	22.8 cm			
No torones:	12			
P				

Firme de compresión 5 cm  
 Carga de viva 100 kg/m<sup>2</sup>

1.- Analisis de cargas

Peso Propio

W<sub>pp</sub> = A \* Peso Vol. concreto  
 W<sub>pp</sub> = 0.274 m<sup>2</sup> 2.4 kg/m<sup>3</sup>  
 W<sub>pp</sub> = 0.6576 ton/m

Peso firme de compresión

W<sub>pp</sub> = Espesor del firme \* Peso Vol. concreto \* Ancho de losa  
 W<sub>pp</sub> = 0.05 m 2.4 kg/m<sup>3</sup> 2.75 m  
 W<sub>f</sub> = 0.33 ton/m

Peso por Carga viva de proyección

W<sub>pp</sub> = Carga esp. en reglamento \* Ancho de losa  
 W<sub>pp</sub> = 0.1 ton/m<sup>2</sup> 2.75 m  
 W<sub>ev</sub> = 0.275 ton/m

W<sub>total</sub> = 1.85014 ton/m  
 W<sub>total</sub> = 1850.14 kg/m Vu = W<sub>l</sub>/2  
 Vu = 14477.35 kg

ACERO DE PRESFUERZO

f<sub>sr</sub> 18900 kg/cm<sup>2</sup> esfuerzo último del torón  
 f<sub>y</sub> 4200 kg/cm<sup>2</sup> esfuerzo último del acero de refuerzo  
 torón Ø = 1/2 pulg diametro del torón  
 asp 0.99 cm<sup>2</sup> área por torón

$$f_c = 0.7 * f_{sr} = 0.7 \cdot 18900 = 13230 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c > 0.40 \text{ fpu}$$

13230 > 7360 entonces se usa la ecuación:

$$V_c = (0.159(f_c)^{1/2} + 49.2(V_{ud}/Mu))bwd$$

$$V_{cmin} = 0.53(f_c)^{1/2}bwd$$

$$V_{cmáx} = 1.33(f_c)^{1/2}bwd$$

$$S_{máx} = ((80 \cdot A_v \cdot f_y \cdot d) / (A_p \cdot f_s)) \cdot (bwd)^{1/2}$$

Si  $V_c < V_{cmin}$  entonces usar  $V_{cmin}$

Si  $V_c > V_{cmin}$  entonces usar  $V_c$

Si  $V_c > V_{cmáx}$  entonces usar  $V_{cmáx}$

CONCEPTO	h/2 0.25	0.1* 1.565	2h 1	0.2* 3.13	0.3* 4.695	0.4* 6.26	0.5* 7.825
Vu	14014.81	11581.88	12827.21	8686.407	5790.938	2895.469	0
Mu	3561.52	20391.34	13552.28	36251.27	47579.8	54376.91	56642.61
Vu*d / Mu	1.416623	0.204473	0.335427	0.086262	0.043816	0.019169	0
Vc	91076.8	16335.71	24410.31	9046.845	6429.606	4909.918	3727.94
Vcmin	12496.8	12496.8	12496.8	12496.8	12496.8	12496.8	12496.8
Vcmáx	31183.39	31183.39	31183.39	31183.39	31183.39	31183.39	31183.39
φVc	10622.28	10622.28	10622.28	10622.28	10622.28	10622.28	10622.28
φVc/2	5311.142	5311.142	5311.142	5311.142	5311.142	5311.142	5311.142
Vs	1518.007	-914.927	130.4019	-3810.4	-8705.87	-9601.33	-12496.8
S <sub>máx</sub>	74.47379	74.47379	74.47379	74.47379	74.47379	74.47379	74.47379

Dado que  $V_u > \phi V_c / 2$  entonces requiere acero mínimo en el alma

Por lo tanto se usarán estribos del no. 3

$$area = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$A_v = 0.71 \cdot 4$$

$$A_v = 2.84$$

$f_y = 2100$  esfuerzo permisible para acero de cortante

$S = (O \cdot A_v \cdot f_y \cdot d) / V_s$  En este caso  $V_s$  se tomará como  $V_u$  total despreciando el  $V_c$  del concreto para 0 a 1.60 mts

$$S = (0.85 \cdot 2.84 \cdot 2100 \cdot 45) / 14014.81$$

$$S = 16.27728$$

$$S = 10 \text{ cm}$$

para 1.60 a 3.20 mts

$$S = (0.85 \cdot 2.84 \cdot 2100 \cdot 45) / 8686.407$$

$$S = 26.26207$$

$$S = 20 \text{ cm}$$



para 3.0 a 6

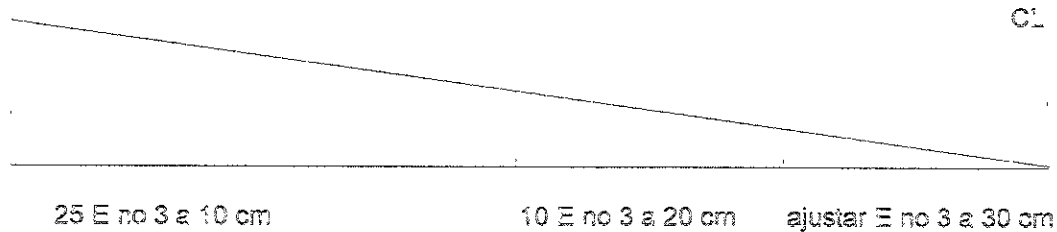
$$S = \frac{(0.85 \times 2.84 \times 2100 \times 45)}{2895.469}$$

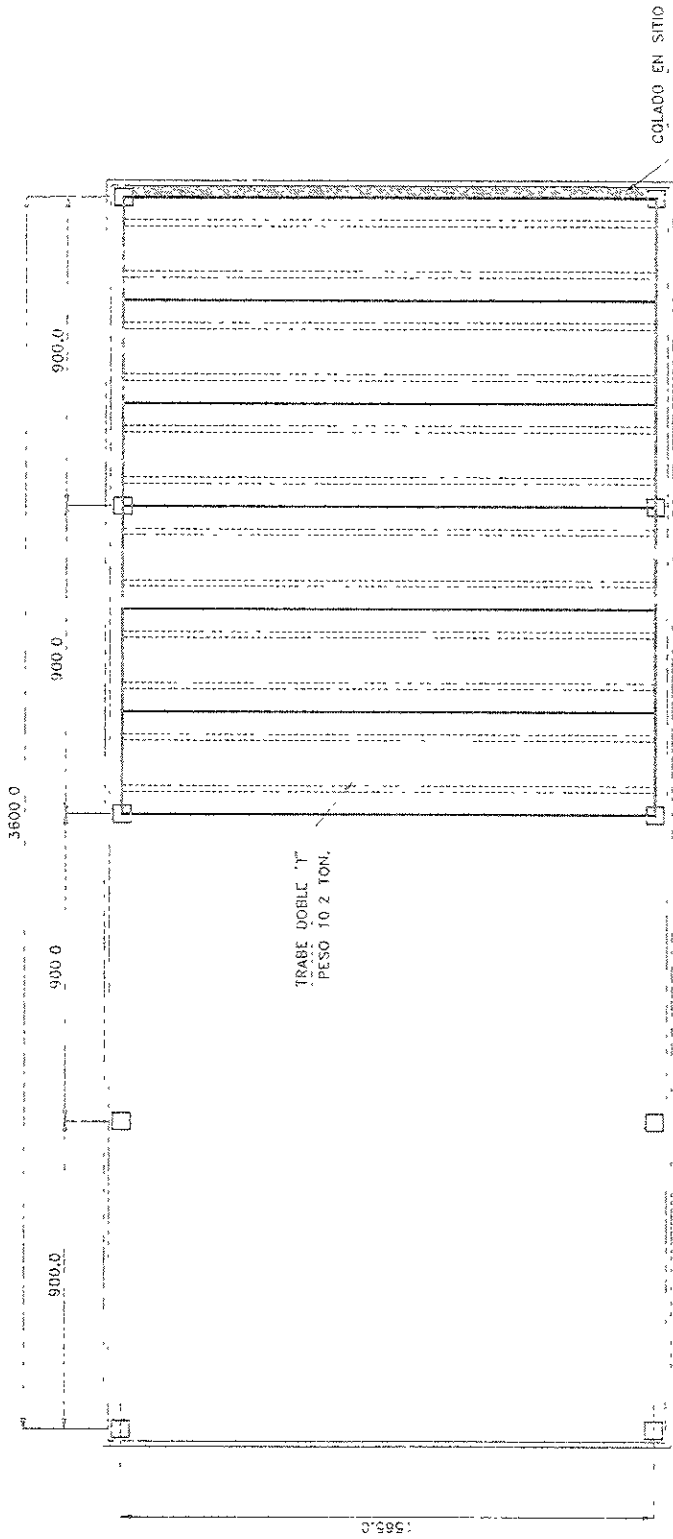
$$S = \frac{78.7862}{75/2}$$

$$S = 30 \text{ cm}$$

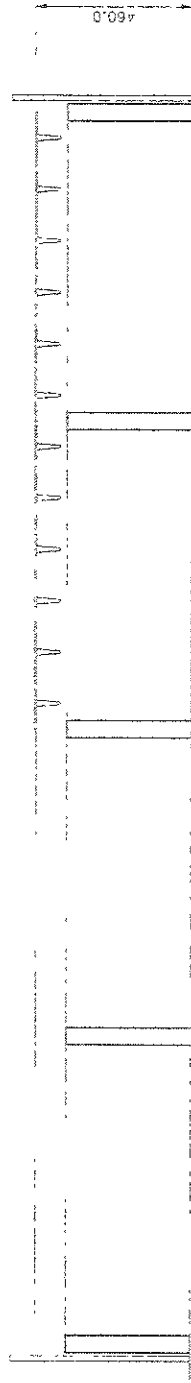
La separación máxima será la de 30 cm y la mínima será la de 10 cm por lo tanto el armado en la trabe será como lo indica el croquis

DIAGRAMA DE ARMADO DE ESTRIBOS POR CORTANTE

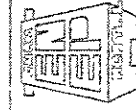




P L A N T A



CORTE TRANSVERSAL



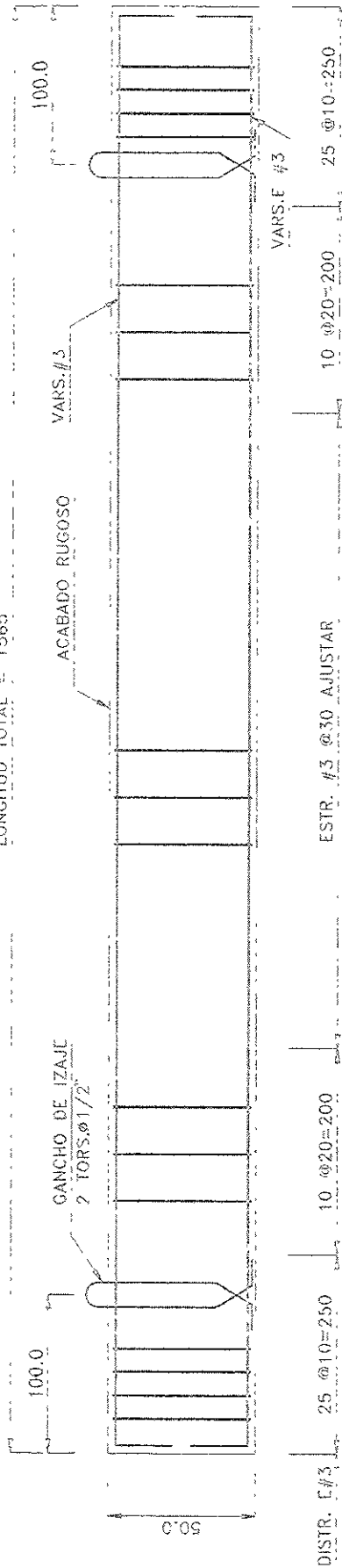
ENEP ACATLÁN  
FERMIN MONDRAGON LEMUS  
INGENIERIA CIVIL

TESIS

TRABE DOBLE "T" DE CONCRETO PRESTFORZADO  
ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA

PLANO ESTRUCTURAL | DT 50/300/1565

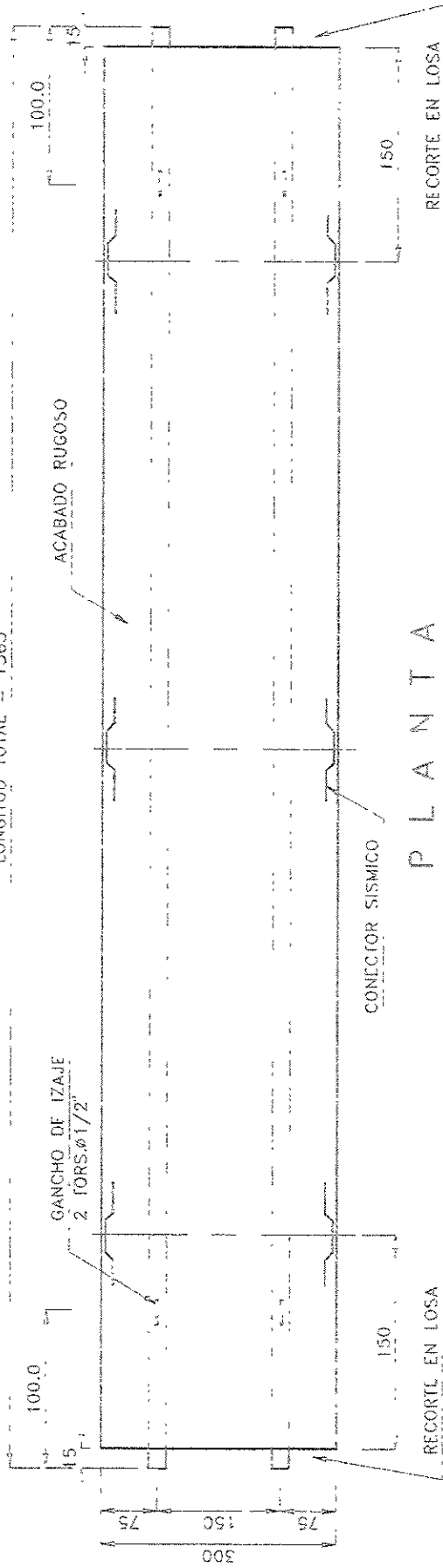
LONGITUD TOTAL = 1565



### ELEVACION REFUERZO

NOTA: EN EXTREMO DE TRABE COLOCAR  
2 ESTRIBOS JUNTOS ADICIONALES,  
Y COLOCAR ESTRIBOS ALTERNADOS UNO  
ABIERTO Y OTRO CERRADO

LONGITUD TOTAL = 1565



### PLANTA



E N E P A C A T L A N  
FERMIN MONDRAGON LEMUS  
INGENIERIA CIVIL

TESIS

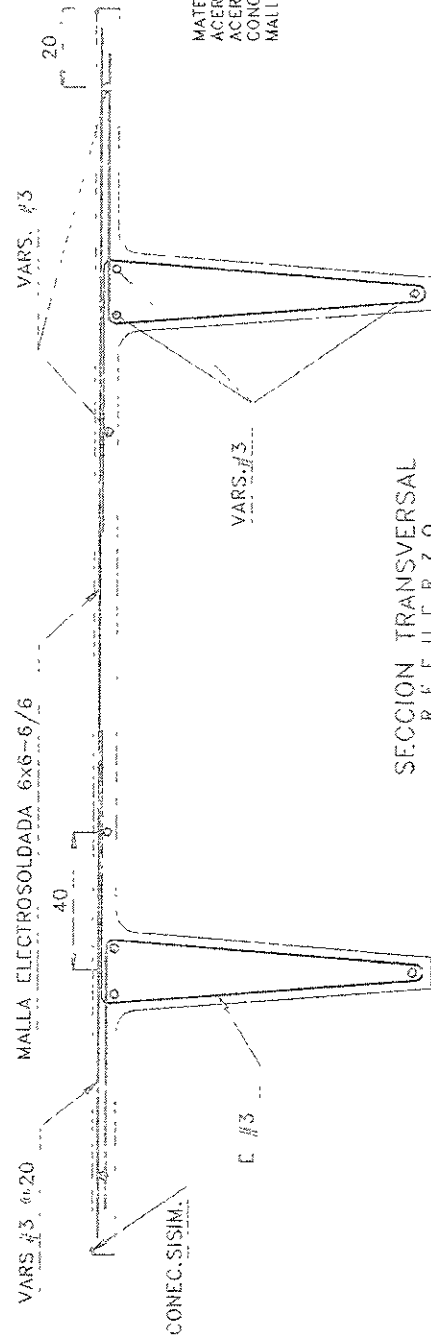
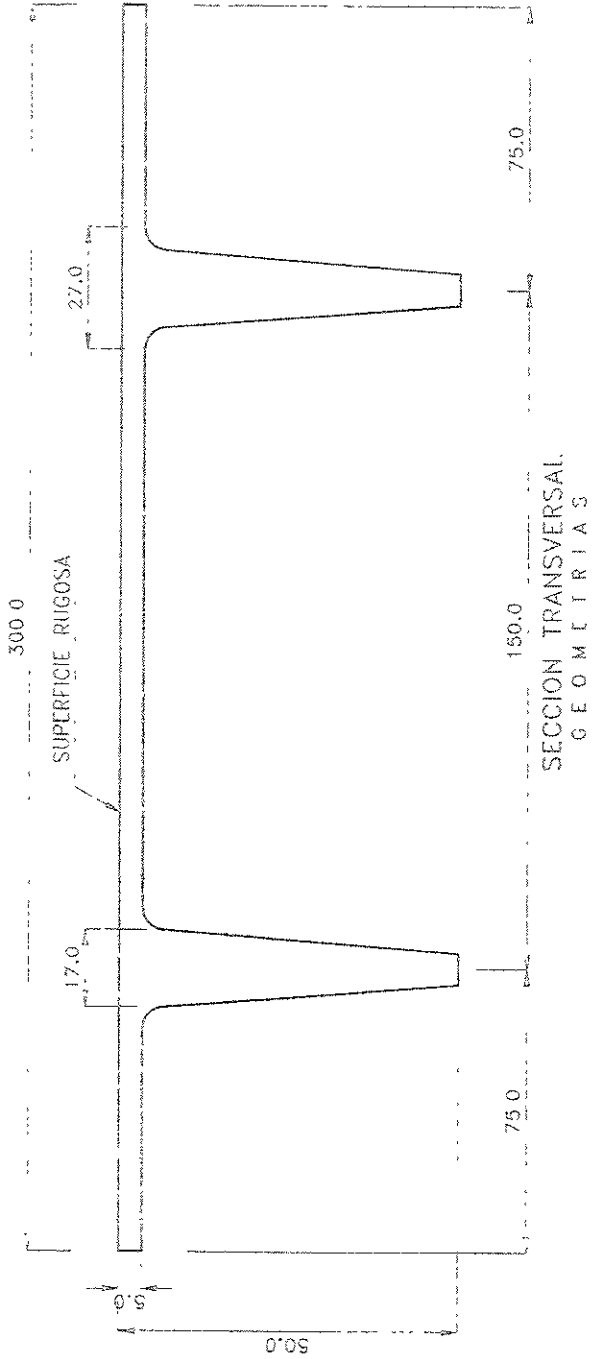
TRABE DOBLE "T" DE CONCRETO PREFORZADO  
ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA

PLANO ESTRUCTURAL DT 50/300/1565

VAR. #5



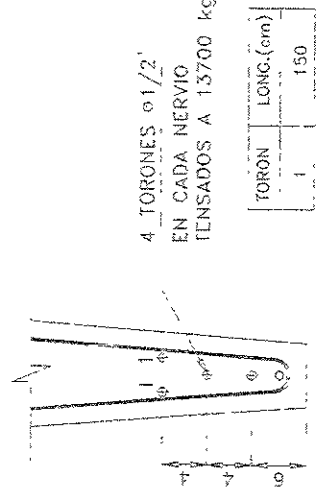
CONECTOR SISMICO



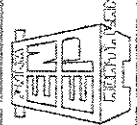
- NOTAS:
- 1.- DIMENSIONES EN CM.
  - 2.- DESTENSAR CUANDO  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>
  - 3.- LA TRABE PESA 10.5 TON.
  - 4.- LAS COTAS RICLN AL DIBUJO.
  - 5.- ENTAR TRASLAPPE AL CENTRO DE LA PZA
  - 6.- FABRICAR 12 PZAS.
  - 7.- TABLA DE VARILLAS VERTICAR EN PLANTA.

MATERIALES:

ACERO DE REFUERZO L.E.	4200 kg/cm <sup>2</sup>	-	252 kg
ACERO DE PRESTZO L.U.	1900 kg/cm <sup>2</sup>	-	67.5 kg
CONCRETO $f_c=350$ kg/cm <sup>2</sup>		-	4.3 m <sup>3</sup>
MALLA 6x6-6/6		-	46.6 m <sup>2</sup>



4 TORONES ø 1/2"  
EN CADA NERVIO  
TENSADOS A 13700 kg c/u



**FNEP A CATLAN**

**FERMIN MONDRACON LEMUS**

**INGENIERIA CIVIL**

TESIS

TRABE DOBLE "T" DE CONCRETO PRESTFORZADO

ANALISIS, DISENO Y MONTAJE EN OBRA

PLANO ESTRUCTURAL

DT 50/300/1565

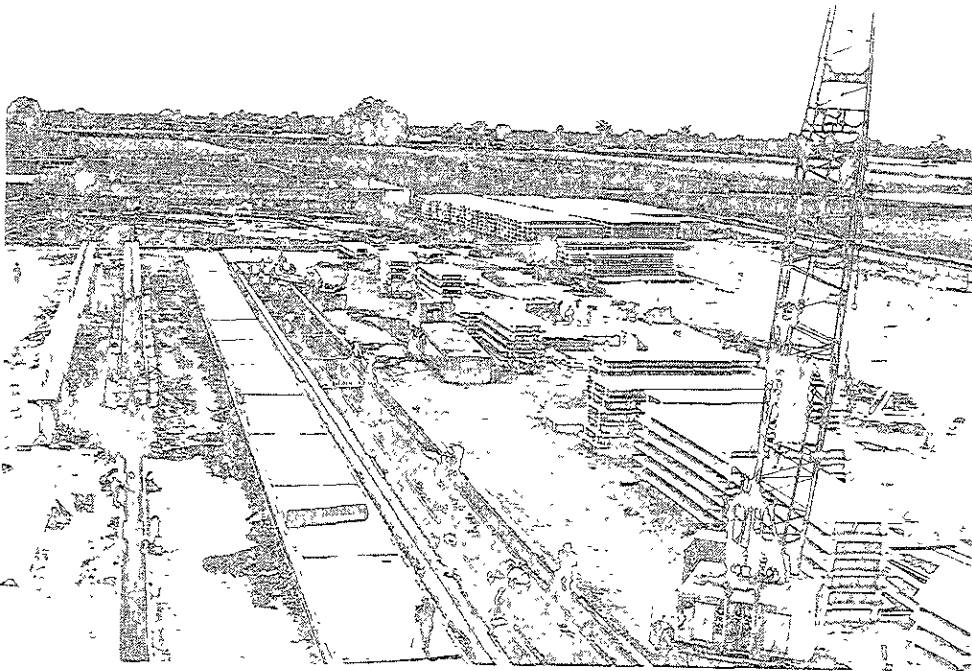
PRESFUERZO

## CAPITULO 3 FABRICACIÓN DE TRABE DOBLE T DE CONCRETO PREFORZADO.

### 3.1 TECNICA UTILIZADA

La mayor parte de la construcción presforzada que se hace en México es de concreto pretensado. Los tendones, que generalmente se usan son de cable torcido con varios torones de varios alambres cada uno, se restiran o tensan entre apoyos que forman parte permanente de las instalaciones de la planta.

El pretensado es muy adecuado para la producción de vigas en masa, usando el método de presforzado de línea de larga. Los apoyos de anclaje y los de aplicación de los gatos pueden estar separados hasta por 183 mt. Los torones se tensan a toda la longitud del lecho de vaciado en una vez, de la cual se vacían varios miembros individuales a lo largo del tendón esforzado. Cuando se destensa la fuerza de los gatos, se transfiere la fuerza de presfuerzo a cada miembro por adherencia, y los torones se cortan para quedar libres entre los miembros.



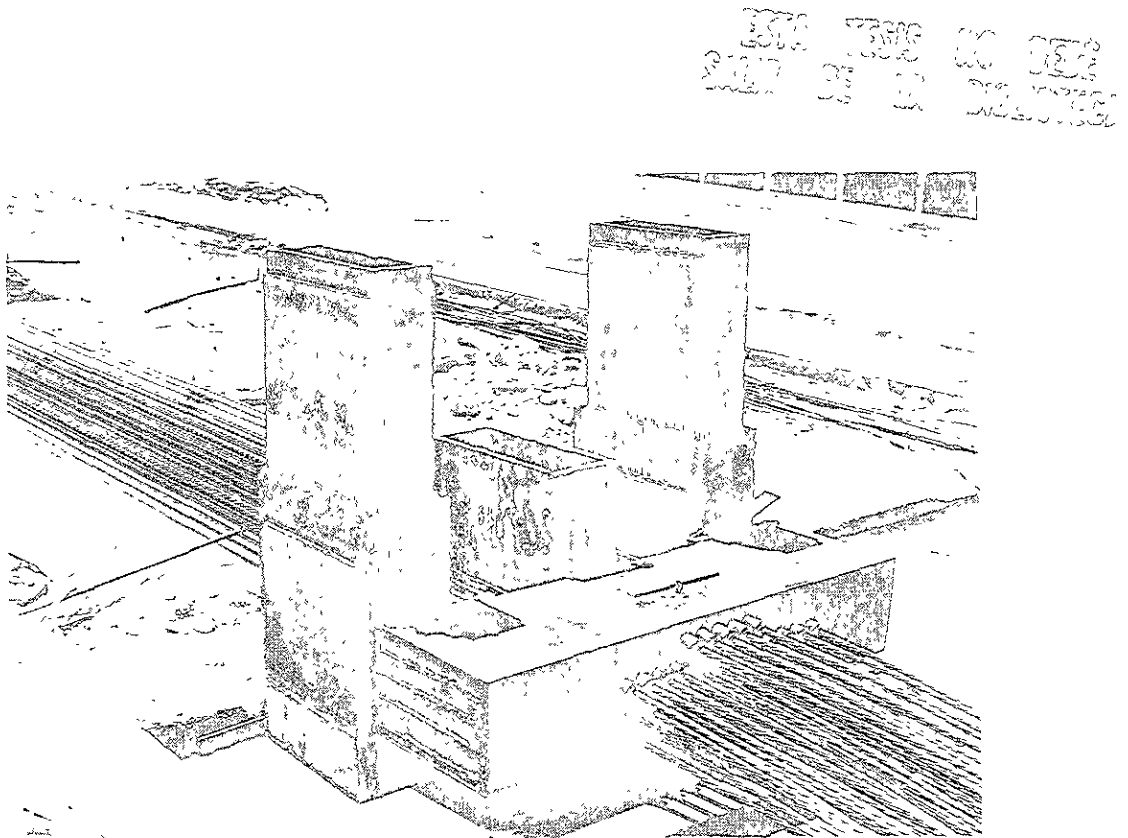
*Fig. 1 mesa de presfuerzo con sus anclajes.*

El pretensado es un método particularmente económico de presforzar, no solo porque la estandarización del diseño permite el uso de cimbras de acero reutilizables sino que también porque el presforzado simultáneo de muchos miembros a la vez tiene como resultado una gran economía de mano de obra.

Una manera simple de esforzar un miembro pretensado es estirar los tendones entre dos muros de contención anclados contra los extremos de una plataforma para esfuerzos. Después que endurece el concreto, los tendones se separan de los muros y el presfuerzo es transmitido al concreto. Tales plataformas o camas de esforzado como los muros o cabezales deberán diseñarse para resistir el esfuerzo y su excentricidad.

Para la producción en masa de los miembros pretensados, generalmente, se usa una extensión del método anterior conocido como el sistema Hoyer. Consistente en estirar los alambres entre dos cabezales a cierta distancia, aproximadamente 120 mt. Los cabezales pueden anclarse independientemente al piso, o pueden conectarse por una larga plataforma de esforzado.

Este proceso Hoyer, permite la producción de varios miembros a lo largo de la línea, al proveer obturadores entre los miembros y colocándolos separadamente. Cuando el concreto ha endurecido suficiente para soportar el presfuerzo, se liberan los alambres de los cabezales y se transmite el presfuerzo a los miembros a través de anclajes especiales de pretensado en los extremos de los miembros. (Ver figura 2)



*Fig. 2 anclajes y cabezales*

## 3.2 TIPOS Y CARACTERISTICAS DEL ACERO

### ACERO DE PREFUERZO

El acero de alta resistencia es casi el material universal para producir el prefuerzo y suministrar la fuerza de tensión en el concreto preforzado. La aproximación obvia hacia la producción del acero de alta resistencia es por aleaciones, lo cual permite la manufactura de tales aceros bajo una operación normal. El carbón es un elemento extremadamente económico para aleaciones, puesto que es barato y fácil de manipular. Otras aleaciones incluyen manganeso y sílice.

El método más común para aumentar la resistencia a la tensión del acero para preforzado es el templado en frío, de varillas de alta resistencia a través de una serie de tintes. El proceso de templado en frío tiende a alinear los cristales, y se incrementa la resistencia con cada tirón, mientras más pequeño es el diámetro de los alambres más alta es su resistencia unitaria a la ruptura.

Sin embargo, la ductilidad de los cables disminuye tanto como resultado del templado en frío. La resistencia real variará con la composición y fabricación del acero.

El acero de alta resistencia para el preforzado toma usualmente una de las tres formas: alambre, cables o varillas. Para el pretensado, casi se usan exclusivamente los cables de 7 alambres. Aunque los cables o torones cuestan un poco más que los alambres de la misma resistencia a la tensión, sus mejores características de adherencia los hacen especialmente adaptables para el pretensado.

#### Cables de acero

Los cables de acero para el preforzado satisfacen, generalmente, la especificación A-416 de la ASTM para "Cables sin recubrimiento de 7 alambres aliviado de esfuerzo para concreto preforzado". Mientras que estas especificaciones eran para construcción pretensada, con adherencia, también son aplicables a la construcción del postensado, ya sea del tipo adherido o sin adherir. Estos cables de siete alambres tienen todos un alambre central ligeramente mayor que los seis exteriores que lo encierran fuertemente en una hélice con un paso uniforme entre 12 y 16 veces de diámetro nominal del cable. Después de trenzados, todos los cables se someten a un tratamiento térmico aliviador de esfuerzo para producir las propiedades mecánicas prescritas.

Los cables de siete alambres utilizados comúnmente para el prefuerzo satisfacen las especificaciones A-416 de la ASTM, teniendo una resistencia a la ruptura de 17577 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla de diámetros y características de cables de presfuerzo.

Cables de Siete alambres sin recubrimiento aliviados de esfuerzo para pretensado

### GRADO ASTM A - 416

Ø plg	Diámetro nominal cm	Peso por 1000 pies kg	Area aprox. cm <sup>2</sup>	Resistencia a la ruptura kg	Carga de tensado kg
¼	0.635	55.266	0.230	4086	2860
5/16	0.794	89.694	0.423	6583	4608
3/8	0.953	124.122	0.515	9080	6356
7/16	1.110	168.969	0.702	12258	8580
½	1.270	223.782	0.928	16344	11440

### GRADO 240 K

Ø plg	Diámetro nominal cm	Peso por 1000 pies kg	Area aprox. cm <sup>2</sup>	Resistencia a la ruptura kg	Carga de tensado kg
3/8	0.953	132.422	0.567	10430	7301
7/16	1.110	181.400	0.754	14058	9840
½	1.270	238.088	0.980	18728	13110

Desde 1962, se ha estado produciendo un acero más resistente conocido como grado 270 K, con una resistencia mínima de ruptura garantizada de 270,000 lb/plg<sup>2</sup> (18,983 kg/cm<sup>2</sup>). Para el mismo tamaño nominal, el grado 270 K tiene más área de acero que el grado ASTM-416 y es aproximadamente 15% más resistente. (ver foto de cable de presfuerzo)

### ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo convencional, tiene varias aplicaciones importantes en la construcción de concreto presforzado. A pesar de que el refuerzo del alma para tomar la tensión diagonal puede ser presforzado, normalmente se toma mediante varillas de acero convencional. El refuerzo suplementario convencional se usa comúnmente en la región de altos esfuerzos locales de compresión en los anclajes de las vigas.

Tanto para los miembros pretensados como postensados es usual proveerlos de varillas de acero longitudinal para controlar las grietas de contracción y temperatura. Los patines que sobresalen de las secciones T e I se refuerzan normalmente tanto transversal como longitudinalmente con varillas convencionales, no presforzadas.



Es conveniente incrementar la resistencia a la flexión de vigas presforzadas empleando varillas de refuerzo longitudinalmente suplementarias.

Las varillas de refuerzo no presforzadas, las cuales son idénticas a las empleadas en la construcción de concreto reforzado, se fabrican en forma tal de cumplir con los requisitos de las siguientes especificaciones ASTM: A615, varillas de lingotes corrugados y lisas para concreto reforzado, A616, varillas de acero de riel relaminado corrugadas y lisas para refuerzo de concreto o las A617, varillas de acero de eje corrugadas, y lisas para concreto reforzado. Los diámetros usuales son desde 3/8" hasta 1 1/2". Estas varillas se denominan por lo general mediante un número, el cual corresponde al número de octavos de plg del diámetro nominal de la varilla, por ejemplo No. 5 tiene un diámetro nominal de 5/8".

Con la finalidad de identificar las varillas que cumplen con los requerimientos de las especificaciones ASTM, se colocan marcas distintivas en las superficie de un lado de la varilla, para denotar:

- a) Lugar de origen ( designación de la planta de producción).
- b) Denominación del tamaño mediante número.
- c) Tipo de acero (N para aceros de lingote, un riel como símbolo para acero de riel laminado A para acero de eje).
- d) En el caso de varillas de grado 60 se coloca el número desfasado del centro del lado de la varilla.

Es importante que al usar las varillas de refuerzo, el concreto y el acero se deformen juntos, esto es, que exista adherencia suficientemente resistente entre los dos materiales de tal forma que ocurra un movimiento relativo muy pequeño o nulo. Esta adherencia proviene de la adhesión química entre la superficie de contacto entre el acero y el concreto.

Las varillas se pueden conseguir en diferentes resistencias. Los grados 40, 50 y 60 tienen resistencias mínimas especificadas para la fluencia de 40000, 50000 y 60000 lb/plg<sup>2</sup>, respectivamente.

Además de las varillas, a menudo se emplean las mallas de alambre soldadas para el refuerzo de las losas, patines de vigas y otras superficies tales como cascarones. La malla consiste en alambres de acero estirados en frío longitudinales y transversales, formando ángulos rectos y soldadas en todos sus puntos de intersección. Las mallas pueden conseguirse con espaciamientos entre los alambres desde 2 hasta 12 plg y con diámetros de alambre desde 0.080 hasta 0.628 plg, aunque no todas las combinaciones son de fácil obtención. El alambre de acero y la malla deben cumplir con los requerimientos de las especificaciones ASTM-A82, Alambres de Acero Estirado en Frío para refuerzo de concreto y A185, Malla de alambre de Acero Soldado para refuerzo de concreto.

### 3.3 CARACTERISTICAS ESPECIALES DEL CONCRETO, FABRICACION Y COLADO.

El concreto es un material heterogéneo, compuesto de agregados aglutinados en una pasta o matriz; por lo general, los agregados son arena y grava natural, o piedra triturada, y la pasta es de Cemento Portland hidratado por medio de agua.

Generalmente, el concreto utilizado para presfuerzo tiene una resistencia de 250 a 500 kg/cm<sup>2</sup>. El concreto de alta resistencia a la compresión ofrece alta resistencia a la tensión y al corte, así como a la adherencia y al empuje y es deseable para las estructuras de concreto presforzado, cuyas diversas partes están bajo esfuerzos mayores que los del concreto reforzado ordinario. Otro factor es que el concreto de alta resistencia está menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen frecuentemente en el concreto de baja resistencia antes de la aplicación del presfuerzo. También tiene un módulo de elasticidad mayor y una deformación menor por plasticidad, resultando en una pérdida menor del presfuerzo en el acero.

#### AGREGADOS

Dado que se quiere obtener concreto de alta resistencia, el tamaño máximo del agregado grueso se debe limitar; en la mayoría de los casos, el tamaño máximo óptimo es de 1.9 cm (3/4"). Los agregados gruesos no deben contener vetas de arcilla que puedan producir cambios excesivos de volumen, como en los casos de flujo plástico y contracción.

Para el concreto normal de alta resistencia, se utilizan con éxito tanto la grava como la roca triturada, pero con la grava se obtiene mejor manejabilidad y compactación, con relaciones bajas de agua-cemento.

Los agregados no deben reaccionar con las sustancias alcalinas del cemento. Deben estar limpios, ya que hasta un pequeño porcentaje de polvo o tierra puede hacer que las mezclas secas para el concreto presforzado sean excesivamente pegajosas y difíciles de colocar. La tierra o polvo ocasionar a menudo un fraguado demasiado rápido y reducen la resistencia; aumentando la contracción; generalmente se pueden eliminar mediante un lavado, con buenos resultados.

Los agregados no deben contener sal, la cual puede depositarse en ellos, especialmente en los finos. Aun en porcentajes pequeños, la sal reduce el valor del cemento para frenar la corrosión y puede contribuir a que se inicie la corrosión electroquímica; esto es particularmente peligroso cuando se utiliza el curado a vapor.

El tamaño de los agregados finos puede ser mayor que en el concreto común y corriente, ya que los altos factores del cemento que se utilizan en el concreto presforzado no se necesita una graduación perfecta, e inclusive puede no convenir; se puede aplicar una graduación suficiente para rellenar todos los huecos, para reducir la contracción y mejorar la resistencia y el módulo de elasticidad.

## AGUA

El único requisito estándar para el agua era que fuese potable, sin embargo, el agua que se utiliza en trabajos de presforzado debe tener restricciones mayores en cuanto a su contenido de sal, polvos y materiales orgánicos; las limitaciones son las siguientes:

- a) No contener impurezas que modifiquen en más de un 25%, el tiempo de fraguado, ni una reducción en la resistencia a los 14 días, mayor de un 5%, ambos porcentajes provienen de la comparación con los resultados obtenidos con agua destilada.
- b) Menos de 650 partes por millón de iones de cloruro (algunas autoridades permiten hasta 1000 ppm).
- c) Menos de 1300 partes por millón de iones de sulfato (algunas autoridades limitan esta a 1000 ppm).
- d) El agua no debe contener aceite.

El agua se puede agregar a la mezcla en forma de hielo para reducir la temperatura ambiente del concreto fresco, o en forma de vapor cuando se desea elevar dicha temperatura.

## ADITIVOS

Los aditivos son muy útiles en el concreto presforzado, pues permiten el uso de una relación agua-cemento más baja, conservando la manejabilidad; algunos reducen también la contracción y otros son retardantes a temperaturas normales, pero ocasionan aceleración en el incremento de resistencia bajo el curado con vapor.

Muchos aditivos utilizados en colados de concreto convencional contienen  $\text{CaCl}_2$ , esto debe prohibirse absolutamente en trabajos de presfuerzo, pues hay pruebas suficientes para asegurar que causa corrosión, especialmente cuando se emplea el curado a vapor. Aún utilizando el curado normal a base de agua, el  $\text{CaCl}_2$  reduce las propiedades del cemento y puede ocasionar corrosión.

## FABRICACION

La mayoría de las técnicas para manufacturar un buen concreto, ya sea simple o reforzado, puede aplicarse al concreto presforzado. Sin embargo, deben investigarse para unos cuantos factores peculiares al concreto presforzado. Primero, no deberá disminuir la alta resistencia requerida; después no deberán producir efectos adversos, tales como la inducción de corrosión en los alambres de alta resistencia.

En la especificación ACI 614, se establecen los procedimientos de cálculo de proporciones aprobados. La exactitud en las proporciones es esencial para producir concreto de alta calidad.

La posibilidad de variar la proporción en que deben combinarse los componentes del concreto, es el medio más accesible para influir en sus propiedades, especialmente en lo que se refiere a resistencia mecánica y propiedades correlativas.

Los siguientes son criterios normales aceptados, cuando se trata de definir en un caso dado dicha proporción:

- a) Usar la mínima cantidad de agua posible, por m<sup>3</sup> de concreto, para lo cual se deben producir mezclas con la consistencia menos fluida que pueda trabajarse.
- b) Seleccionar la calidad de pasta cemento adecuada a las especificaciones de la estructura. Esta calidad se expresa en función de la relación agua-cemento de la propia pasta.
- c) Emplear el tamaño más grande de agregado que pueda manejarse sin segregación y que sea admitido por las condiciones geométricas y de refuerzo de la estructura, siempre y cuando la resistencia promedio requerida no sea mayor de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Para resistencias mas altas, conviene tomar en cuenta las características propias de los agregados disponibles, determinando su aptitud mediante pruebas directas de laboratorio.
- d) Utilizar la mínima cantidad de arena por m<sup>3</sup> de concreto que sea compatible con la manejabilidad del concreto y sus condiciones de acabado.

La relación agua-cemento debe seleccionarse para permitir que el concreto alcance la resistencia promedio requerida ( $f_{cr}$ ), según el proyecto estructural, a los 28 días de edad, excepto cuando la propia estructura deba prestar servicio en condiciones de severa exposición, en cuyo caso la relación agua-cemento se verá modificada por medio de la proporción y aditivos si es necesario.

## MEZCLADO

El mezclado debe ser completo especialmente para mezclas de bajo revenimiento o asentamiento; las mezcladoras de turbina se adaptan especialmente para estas necesidades. La mezcladora horizontal de turbina es preferible definitivamente, para las mezclas de alta calidad. Un tiempo adecuado de mezclado mejora la uniformidad, resistencia e impermeabilidad del concreto. Las hojas de la mezcladora no deben girar demasiado rápido.

El tiempo mínimo de mezclado que debe darse para alcanzar homogeneidad en la mezcla suele definirse en función de la capacidad nominal del equipo. En mezcladoras de tambor, los tiempos mínimos de mezclado contados a partir del momento en que todos los materiales se encuentran dentro de la mezcladora, son como sigue:

CAPACIDAD DE LA MEZCLADORA EN M <sup>3</sup>		TIEMPO MINIMO DE MEZCLADO EN MIN
<	1.50	1 ½
1.50 -	2.25	2.0
2.25 -	3.00	2 ½
3.00 -	3.75	2 ¾
3.75 -	4.50	3.00

En mezcladoras en que el mezclado es forzado, el tiempo mínimo requerido para alcanzar homogeneidad puede ser menor. Sin embargo, conviene tener presente que, con frecuencia, no es el tiempo de mezclado el que más influye en la duración del ciclo de producción de la mezcladora, si no las operaciones de pesaje, carga de los materiales y descarga del concreto. Con una buena coordinación estas operaciones será posible conseguir ciclos que sean iguales al tiempo de mezclado, incremento en uno o dos minutos, cuando mas.

## TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO

Estas actividades también se les denomina puesta en obra del concreto, es decir, su traslado desde la mezcladora hasta el interior de las cimbras que deben dar forma a la estructura que se construye.

Transporte: Debe efectuarse cuidando que se satisfagan dos requisitos esenciales; que sea lo suficientemente rápido para evitar que el concreto se seque y pierda revenimiento antes de ser colocado, y que sea eficaz para evitar que se produzca segregación y pérdida de mortero o lechada.

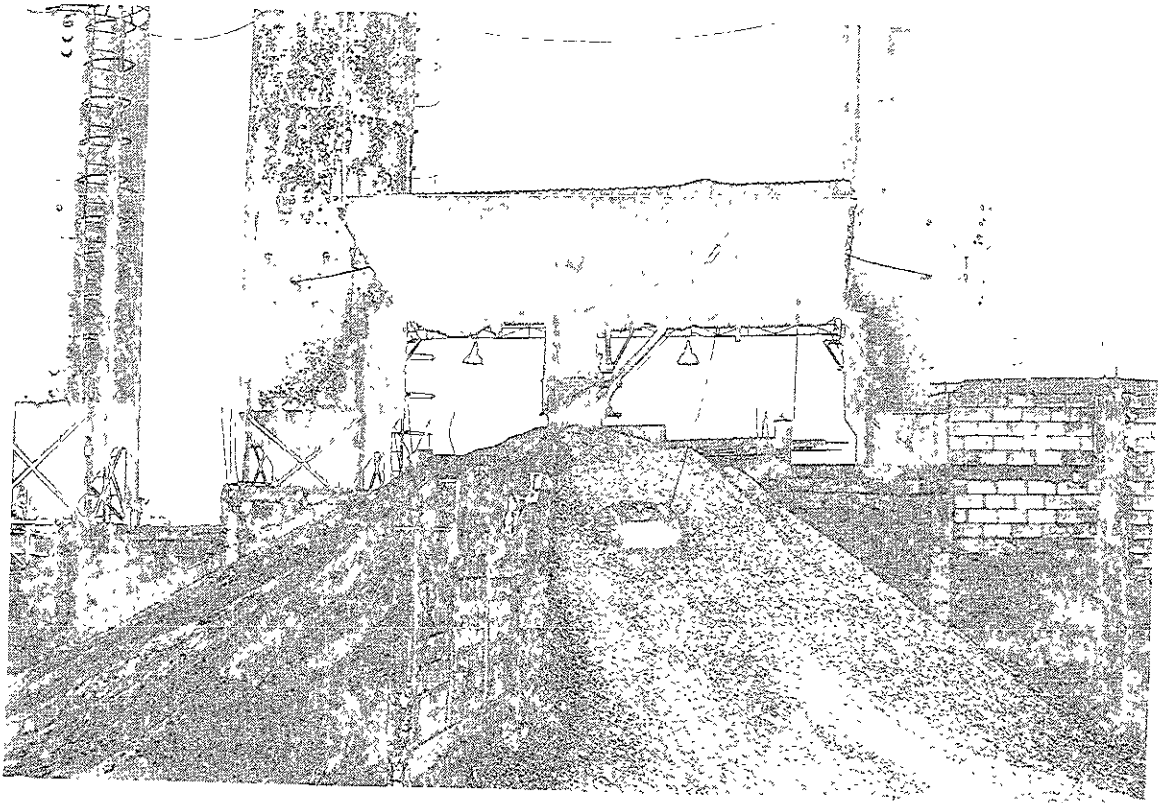
Existen diversos medios y equipos en uso para transportar concreto, aunque no todos son aptos para cumplir los requisitos anteriores.

Los empleados con mayor frecuencia son:

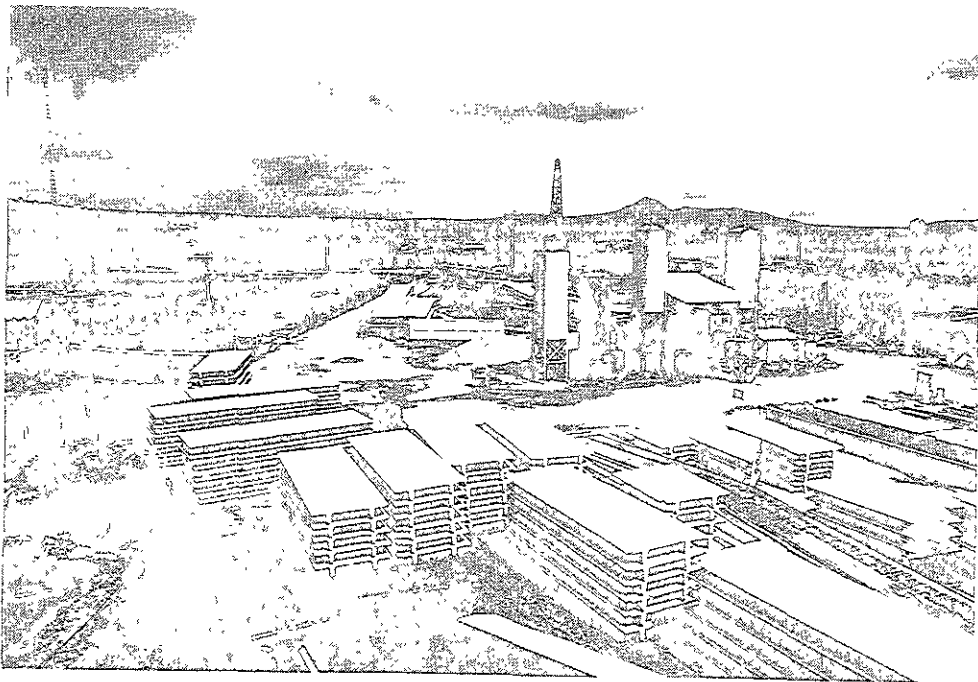
- Carretillas y vagonetas.
- Malacates y montacargas.
- Tubos y canalones.
- Camiones de varios tipos.
- Bates accionados por grúas o cabierías.
- Bandas transportadoras.
- Bombas de concreto.
- Transportadores neumáticos.

Para la elección del más adecuado, se requiere tomar en cuenta los siguientes aspectos principales: volumen de concreto a transportar, distancia mínima, media y máxima, consistencia especificada (revenimiento) y tamaño máximo del agregado en las mezclas, accesibilidad y medios disponibles para colocar el concreto dentro de las cimbras.

Los camiones son equipos en que se transporta frecuentemente el concreto a las obras menores. De ellos existen dos tipos principales: los que cuentan con una revolvente de tambor integrada (camión mezclador) y los habilitados con caja. Los primeros, que se utilizan en la industria del concreto premezclado, permiten conservar homogéneo el concreto aún en distancias grandes de acarreo. Se limitan por no poder operar con mezclas de muy bajo revenimiento, la cual es inerte al tipo de revolvente con que cuenta. Entre los segundos, existen variantes de acuerdo a la geometría de la caja y la posibilidad de adaptación de aspas para agitar el concreto. Mediante la incorporación de aspas agitadoras, la descarga se facilita.

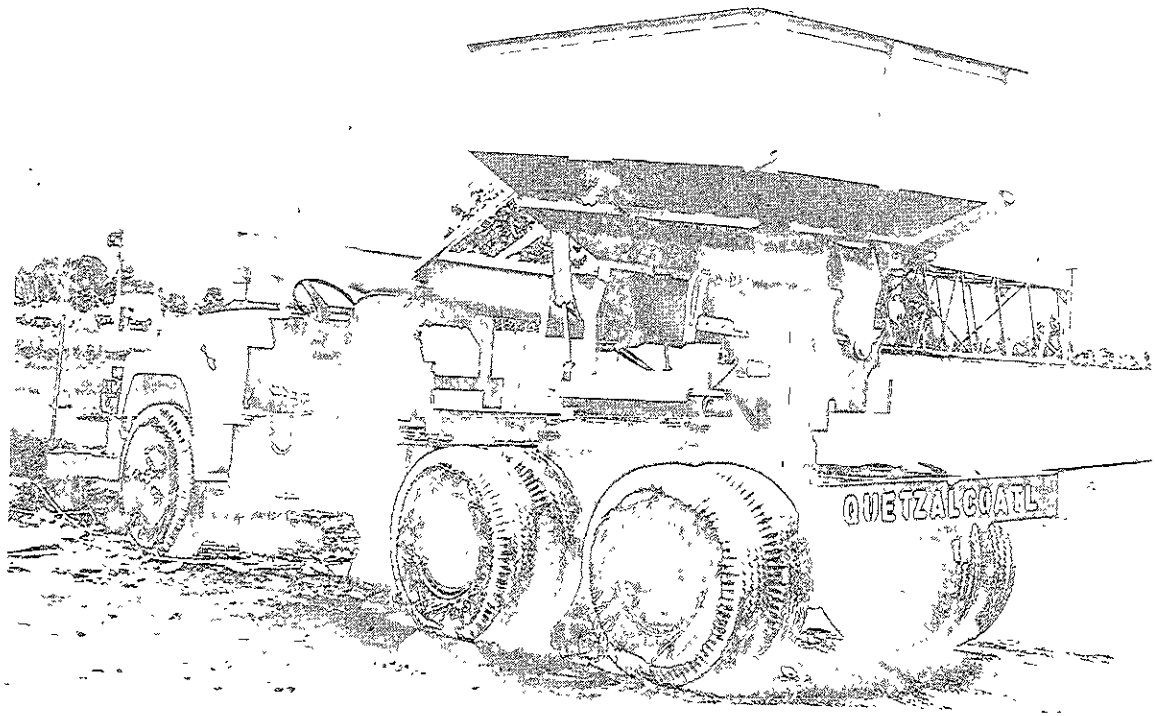


*Fig. 3 Banco de agregados en la planta*



*Fig. 4 Losificadora*

Los botes accionados por grúas o cablevías constituyen, tal vez, el equipo más idóneo para transportar concreto en distancias cortas, e inclusive colocarlo dentro de las cimbras, pues no producen segregación y son aptos para mezclas de consistencia seca. Los botes o cubos para concreto están previstos de una compuerta inferior que hace expedito el vaciado por gravedad. Se recomienda su uso en obras en que se disponga de equipo mecánico para movilizarlos.



*Fig. 5 Transportador de concreto*

**Colocación:** La operación propiamente dicha de colocar el concreto consta de los arreglos que se hacen para introducirlo en el espacio delimitado por las cimbras que configuran la estructura. Algunos equipos de transporte de concreto, como las bombas, cumplen también con el objetivo de colocarlo, pero otros como los camiones, solamente lo aproximan a la estructura. La mayoría de las veces es necesario emplear dos o más sistemas de desplazamiento del concreto, que se complementan para transportarlo y colocarlo.

**Acomodo del concreto:** Es la operación según la cual el concreto recién colocado dentro de las cimbras, se somete a acciones que le permiten fluir para llenar todo el espacio confinado por las mismas.

La práctica obligada para acomodar el concreto consiste en someterlo a vibraciones, por medio de equipo que suelen ser de tres clases diferentes:

- a) Los de inmersión, que actúan sumergidos en el concreto.
- b) Los externos, que se adosan a las cimbras.
- c) Los de superficie, que se emplean apoyados sobre el concreto.

De ellos, los de inmersión son los más aptos y eficaces en diversas condiciones de trabajos. En consecuencia son los más usados.

**Curado del concreto:** Conjunto de condiciones favorables que deben prevalecer en el concreto recién colado, para que la evolución de la hidratación del cemento que contiene se desarrolle normalmente, hasta que el concreto alcance las propiedades correspondientes a la calidad de sus componentes y la proporción en que se les combine.

Para que el cemento se hidrate normalmente, es decir, que adquiera madurez en forma gradual pero sostenida, se necesitan dos condiciones primordiales en el concreto:

- 1.- Existencia permanente de agua en cantidad suficiente.
- 2.- Conservación de la temperatura dentro de límites adecuados.

El fenómeno físico-químico del fraguado, se inicia en cuanto se mezcla el cemento con el agua. El proceso de hidratación se desarrolla mientras existe agua suficiente, en el momento en que esta condición deja de ocurrir el proceso se frena.

La temperatura juega un papel muy importante en el desarrollo del proceso de hidratación del cemento. Temperaturas entre 40 y 90°C son aconsejables en periodos cortos, a fin de acelerar la velocidad inicial de hidratación, mediante la aplicación del procedimiento a vapor a presión atmosférica.

El curado a vapor, a la presión atmosférica, se utiliza ampliamente en la producción del concreto precolado y presforzado. Se dice que el curado a vapor a baja presión, aplicado adecuadamente, mejora la calidad de los productos de concreto.

El curado a vapor es un método mejor para el curado práctico en planta.

Esta técnica ha hecho posible la producción de elementos de concreto presforzado en forma económica permitiendo la utilización diaria de las cimbras; también ha hecho factible acortar el tiempo entre la fabricación y el montaje, eliminando en gran parte la necesidad de grandes almacenamientos o inventarios.



### 3.4 CIMBRADO Y DESCIMBRADO.

Los moldes o cimbras que son usadas en la fabricación de concreto pretensado, son elementos estructurales muy especiales y no son muy comunes.

Las características requeridas en los moldes usados para el concreto presforzado varían de acuerdo a la forma del elemento. En general estas son las características deseables:

- 1.- Alta resistencia; el uso que se da a estos moldes o cimbras es normalmente de tipo rudo, y por el método de curado utilizado a vapor ocasiona mucha humedad. Esto limita el uso frecuente de la cimbra de madera. Aunque los moldes de concreto se usan con frecuencia, es preferido el molde de acero.
- 2.- Precisión en las dimensiones, y en las uniones. Puesto que los moldes son hechos en secciones los cuales pueden ser conectados hasta formar un miembro mas grande, es esencial que dichas secciones se unan con gran precisión.
- 3.- Fácil manejo, cuando se fabrican los moldes es importante tomar en cuenta que las dimensiones de cada pieza que lo forma, sean tales que permitan maniobras fáciles. Esto facilita la colocación o el desarmado del molde, de la limpieza, el ajuste preciso y posición requerida durante el armado.
- 4.- El molde o cimbra debe estar diseñado de tal manera que sus paredes sean móviles independientes una de otra. Esto facilitará la colocación del armado de acero y de la colocación de las preparaciones para un postensado, si la pieza lo requiere.
- 5.- Ajustabilidad del molde, el molde o las piezas que lo forman, deben permitir la fabricación de elementos estructurales con dimensiones o formas particulares requeridas en un proyecto.
- 6.- Los moldes deben ser lo suficientemente fuertes para soportar los efectos de las vibraciones provocadas por los vibradores usados para el acomodo del concreto que se vacía dentro de la cimbra, en la fabricación de los elementos.
- 7.- Estructura rígida, el molde debe ser rígido y no sufrir deformaciones al tensar o destensar los tendones en la fabricación de los elementos.
- 8.- Los moldes deben fabricarse con un mínimo de juntas de unión. Las juntas deben ser lo mas simple como sea posible, con el objeto de minimizar el sangrado del concreto entre las juntas.

Las cabeceras tapones ó tapones deben tener orificios que permitan el paso de los tendones y no ser tan grandes, ya que permitiría la salida fácil del concreto en esa zona.

En la construcción de grandes claros es muy importante reducir al mínimo las deformaciones que se presentan durante el colado; por consiguiente, las cimbras deben ser rígidas o de suficiente sección para reducir las deformaciones elásticas al mínimo.

El concreto para presfuerzo debe ser de alta resistencia. Este requisito significa automáticamente

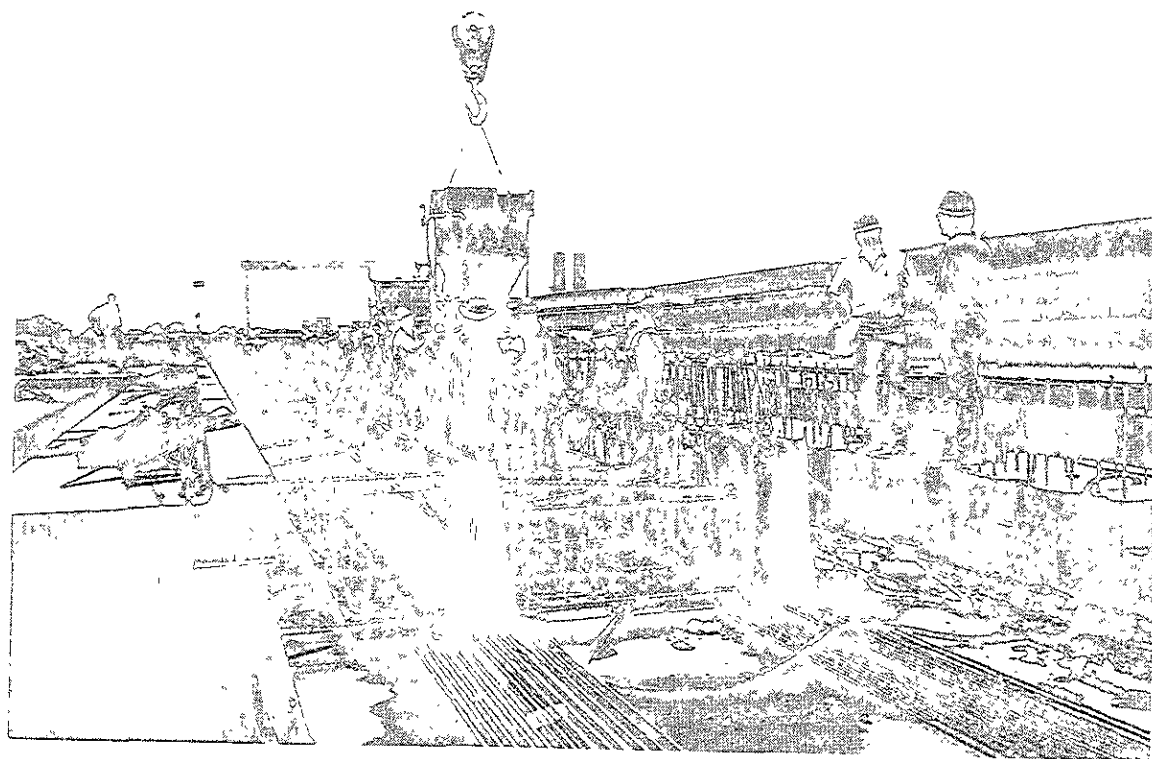
que se tendrán mezclas más secas y ásperas (con relación agua-cemento mas bajas); esto, a su vez, requiere de un vibrado más intenso, el cual tiende a ocasionar deformaciones locales de las cimbras, como combaduras, a menos que tengan suficiente rigidez.

El vibrado de la cimbras se usa para obtener la consolidación más completa de las secciones delgadas, esto ocasiona esfuerzos muy altos en las cimbras, incluyendo esfuerzos por fatiga, lo que requiere una mejor construcción y fijación de las mismas.

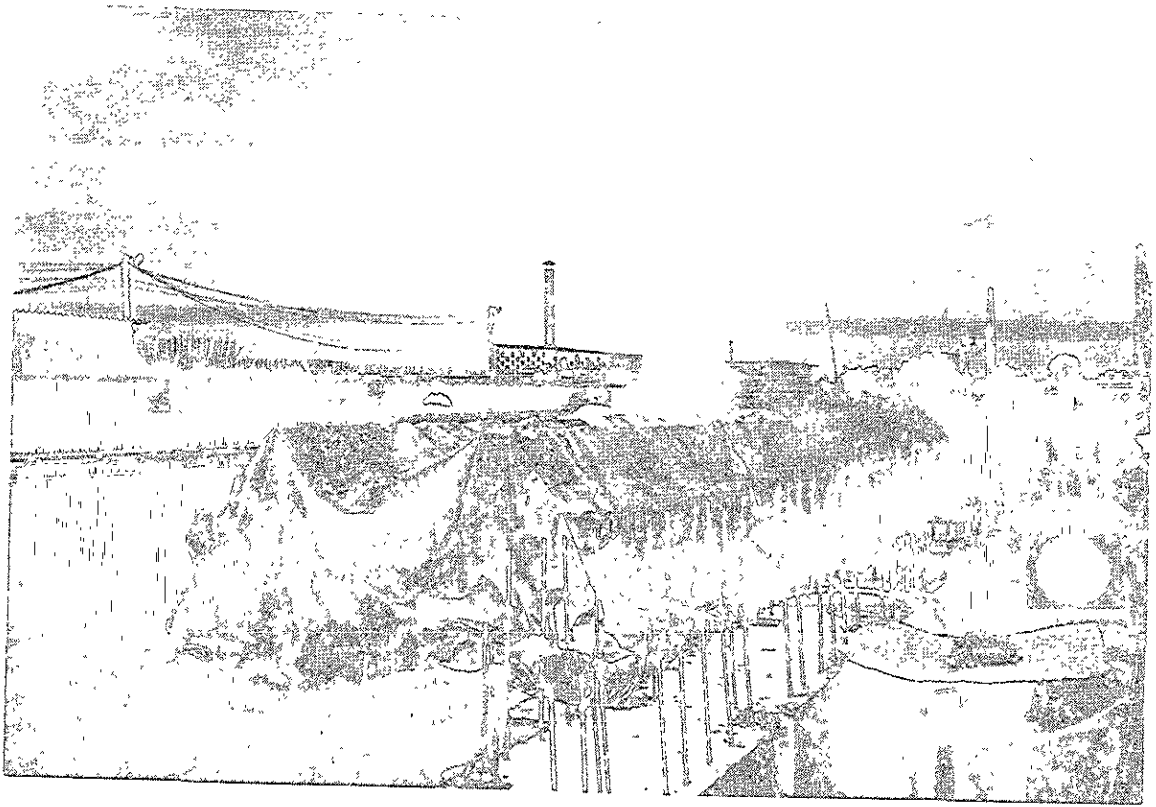
La técnica del concreto presforzado requiere una localización adecuada de la fuerza de presfuerzo con respecto al centro de gravedad de la sección transversal. lo que significa que las cimbras deben construirse con mayor precisión que la normal.

Una vez que se endurece el concreto, se descimbra parcialmente el miembro; por ejemplo, se quitan las cimbras laterales, pero se deja en su lugar la inferior. Como habrá contracción, las cimbras que permanecerán colocadas deben diseñarse para permitir que tenga lugar ese cambio de volumen. Al aplicar el presfuerzo se acortará el miembro y puede también girar (contraflecha), por lo que las cimbras deben diseñarse y construirse para permitir dicho acortamiento sin restricciones indebidas, tomando la contraflecha y también el cambio en la distribución del peso del miembro.

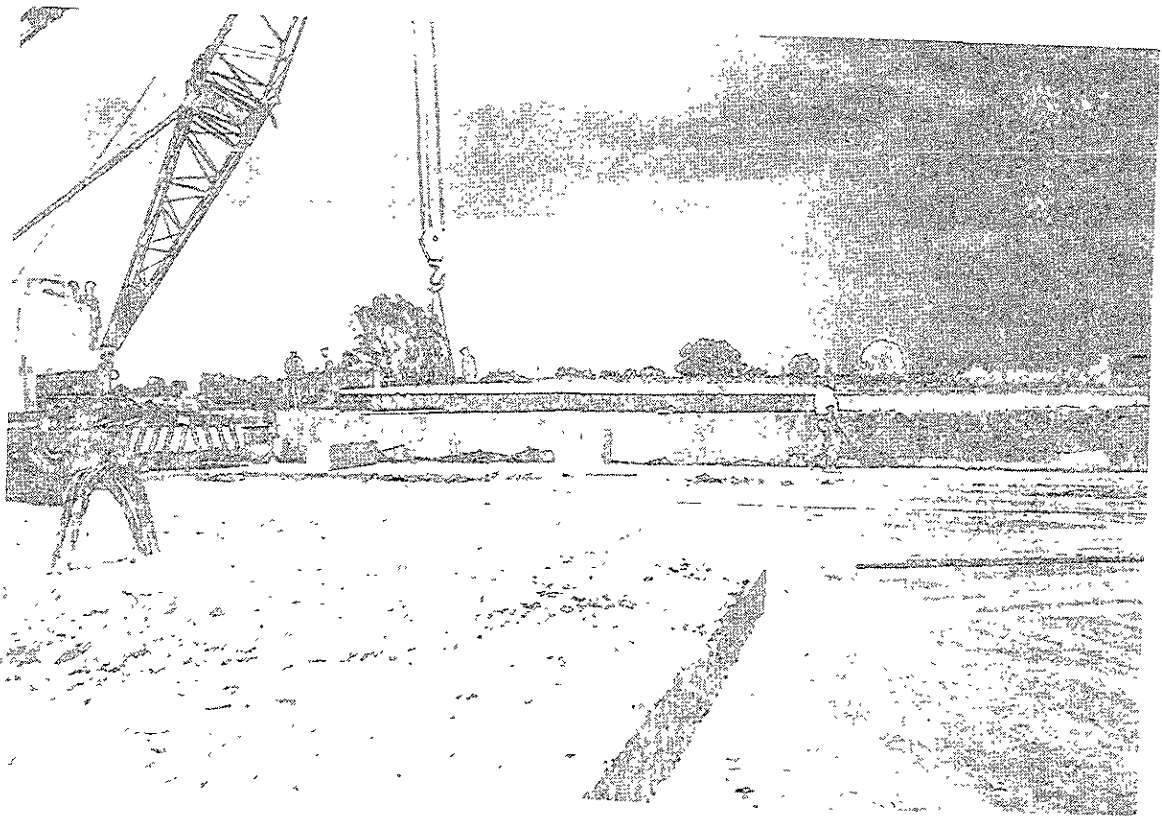
Con las cimbras se logra una superficie densa e impermeable al concreto, para proteger contra la corrosión los tendones y el acero dulce.



*Fig. 6 cimbra de TT*



*Fig.7 Curado de TT*



*Fig. 8 Extracción de TT*

### 3.5 CONTROL DE CALIDAD.

El control de calidad se refiere a la técnica que debe seguirse al efectuar pruebas a los materiales componentes del concreto, así como del acero de refuerzo y presfuerzo. La decisión de utilizar o desechar un material, debe hacerse, no sólo basándose en resultados aislados de las pruebas, sino en el conjunto de características físicas y químicas de los materiales y de las condiciones económicas para su aprovechamiento.

Pruebas a realizar a los componentes inertes del concreto son:

ARENA	GRAVA
Absorción	Absorción
Densidad	Densidad
Peso volumétrico	Peso volumétrico
% de Limo por Sedimentación	% de Limo por Sedimentación
Módulo de finura	
Colorimetría	Colorimetría
Determinación de pérdida por lavado	Determinación de pérdida por lavado
Determinación de humedad	Determinación de humedad
Granulometría	Granulometría
Resistencia	Resistencia

**ABSORCION:** La cantidad de agua retenida por un material (arena o grava), después de estar sumergido en ella durante 24 horas se expresa en porcentaje del peso seco del material.

**DENSIDAD:** Se llama densidad relativa, a la relación entre el peso de un volumen dado de material saturado y superficialmente seco (arena o grava) y el peso del mismo volumen de agua destilada a 4° C de temperatura.

**PESO VOLUMETRICICO:** El peso volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo expresado en kilogramos por metro cúbico. Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material inmediatamente antes de la prueba: la denominación se le dará a cada una de ellas será: "peso volumétrico suelto y peso volumétrico varillado". La utilidad de uno y otro dependerá de las condiciones de manejo a que se sujeten los materiales en el trabajo.

*Peso volumétrico suelto:* Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen: es decir, para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de concreto.

*Peso volumétrico varillado:* Este valor se usará para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que están sujetos a acomodamiento o asentamiento provocados por el tránsito sobre ellos, o por la acción del tiempo.

El valor "peso volumétrico", en ambos casos se deberá obtener con agregados secos a la intemperie.

**DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE LIMO POR SEDIMENTACION:** La presencia de arcilla o limo en arena constituye una impureza de la misma, y es necesario, por lo tanto, conocer la cantidad de estos materiales.

Una apreciación volumétrica expresada como porcentaje en peso de estos materiales en la arena será 3%, se acepta como buena. Por el contrario, si el espesor de las impurezas es mayor, convendrá lavar la arena tanto como sea necesario, hasta que este espesor no sea superior al 3%, en estas condiciones, el material es adecuado para la elaboración de concretos y morteros.

**PRUEBA DE COLORIMETRIA:** La materia orgánica es una de las impurezas de la arena, por lo tanto se deberá conocer su contenido.

-Para ello se deberá tomar una muestra de arena que pese al rededor de 500 g.

-Se seca la arena a una temperatura que no pase de 110°C (se seca con una parrilla eléctrica o de gasolina, moviendo constantemente el material mientras está sujeto a la acción del calor).

-Se pone en la botella hasta la marca 125 ml la arena seca y fría.

-Se agrega la solución de sosa cáustica hasta que el volumen de la arena y el líquido, una vez agitados, lleguen a la marca de 200 ml.

-Se tapa la botella con el tapón de hule, se agita vigorosamente durante dos minutos y se deja reposar durante 24 horas.

-Transcurrido este tiempo, se compara por transparencia el color del líquido que se encuentra sobre la arena, con el vidrio color normal (ámbar).

Si el color del líquido arriba de la arena, es más claro que el del vidrio color normal, indica que el contenido de materia orgánica es inferior al límite fijado; por lo tanto, la arena es aceptable. Si al contrario, el color del líquido es más oscuro que el del vidrio color normal y por lo tanto el contenido de materia orgánica puede ser superior al límite aceptable, la arena deberá ser estudiada más detenidamente. En este caso, conviene lavar la arena y hacer nuevamente la prueba colorimétrica. Si con esto se obtiene un color más claro que en la primera prueba, e inferior al límite, esto indicará que si existía materia orgánica, en cuyo caso la arena podrá ser usada en la elaboración de concretos, previo lavado. En cambio, si se obtiene nuevamente el mismo color oscuro superior al límite a pesar de sucesivos y enérgicos lavados, esto indica que posiblemente dicho color no sea motivado por la presencia de materia orgánica, sino por pequeños contenidos de carbón mineral, minerales de fierro, o manganeso; los cuales no son perjudiciales para el concreto, en cuyo caso, la arena podrá ser usada sin previo lavado.

**DETERMINACION DE PERDIDA POR LAVADO:** La presencia de material de tamaño menor de 0,074 mm (malla núm. 200) en una arena, puede ser considerada como impureza y, por lo tanto, es necesario conocer su cantidad.

**DETERMINACION DE HUMEDAD:** La humedad en un agregado está compuesta por dos valores: humedad de absorción mas humedad superficial.

**GRANULOMETRIA:** El análisis granulométrico de un agregado, consiste en separar y conocer los porcentajes de cada tamaño.

**RESISTENCIA:** Los agregados forman aproximadamente el 70% a 80% de la masa de un concreto, por lo tanto, son los principales transmisores de los esfuerzos a que queda sujeta una estructura, por lo que es indispensable conocer su resistencia, independientemente del material cementante.

Este valor es de gran utilidad, ya que de él depende la aceptación definitiva o el rechazo de los agregados que se pretenden usar para la elaboración de un concreto, puesto que la resistencia que presenten siempre deberá ser, cuando menos, la misma que se haya especificado como resistencia a la ruptura del concreto que se desee obtener.

Ver Anexo I resultado de pruebas de laboratorio aplicados a la grava y arena.

## AGUA

El agua es el elemento con el cual se verifican las reacciones de los diversos componentes del cemento. A tal respecto, el agua potable, que ampliamente satisface los requisitos de calidad, cualquiera otra mezclada con arcilla, sales solubles, agua dura o con presencia de materia orgánica, siempre provoca descensos en las resistencias finales de los concretos. Sin embargo, no todas las aguas que no son aptas para tomarse deben rechazarse; para ello conviene conocer su composición química y la resistencia de los morteros hechos con ellos comparativamente respecto a otros hechos con agua potable. Si el agua en estudio da resistencia mayores del 85 % de las obtenidas con agua potable, puede aceptarse como buena.

En el Anexo I se aprecia el resultado del análisis realizado al agua utilizado en la planta de prefabricados.

## CONCRETO

### Consistencia (Revenimiento):

La consistencia es una forma de calificar la manejabilidad de un concreto y se determina mediante la prueba llamada revenimiento, la cual no es otra cosa que el asentamiento que presenta una mezcla fresca al quitarse el molde en el que inicialmente se había colocado, es decir: la diferencia de altura entre el molde y la que adquiere la mezcla después de quitarlo, determina el revenimiento, el cual se expresa en centímetros y varía especialmente en función del agua adicionada a la mezcla, misma que actúa como lubricante entre las partículas que integran un concreto: por lo tanto, muestra en cierta forma la facilidad o dificultad de manejo interno que tiene una mezcla dada y la facilidad o dificultad a segregarse o consistencia.

Procedimiento:

- 1.- La muestra de concreto fresco, se uniformiza mezclándola con cucharón.
- 2.- Se coloca el molde sobre una superficie plana, rígida y no absorbente, sujetándola con los pies.
- 3.- Mediante el cucharón se vierte el concreto fresco en el interior del molde, hasta ocupar una tercera parte de su volumen.
- 4.- Se apisona 25 veces en toda la superficie.
- 5.- El cono deberá llenarse en tres capas, las cuales se trabajan cada una como se indica en paso 3 y 4, solamente que al golpear con la varilla, la segunda y tercera capa, deberá tenerse la preocupación de que aquella no penetre mas de 25.4 mm en la capa colocada anteriormente.
- 6.- Terminado el llenado, se enrasa con la misma varilla y se retira toda la mezcla que haya caído exteriormente.
- 7.- Inmediatamente después de la operación anterior se quita el molde, para lo cual debe sujetarse por sus asas; se quitan los pies de las orejas y se tira hacia arriba verticalmente y de una manera continua.
- 8.- Se coloca el molde a un lado de la muestra de concreto y mediante la varilla y la escala graduada, se toma la diferencia de altura. Si la superficie del concreto es muy irregular deberán tomarse tres lecturas sobre uno de sus diámetros y promediar.



*Fig.9 Revenimiento en el concreto usado en la fabricación de elementos presforzados*

### Fluidez del concreto:

La fluidez es otra de las características que sirven para calificar la manejabilidad de un concreto y se determina mediante la prueba que lleva el mismo nombre, la cual consiste en conocer la dificultad o facilidad que presenta una mezcla de concreto dada, el deslizamiento sobre una superficie, originada por movimientos desiguales y consecutivos, los cuales obligan al concreto a extenderse.

El aumento de superficie final alcanzado por la mezcla y expresado como porcentaje con relación a la superficie de la base del molde que ocupó, se llama fluidez.

### Manejabilidad:

El esfuerzo de remoldeo se mide y aprecia la resistencia que opone un concreto a su manejo, derivada tanto de la fricción que presentan las partículas entre sí dentro de las masas de concreto, como de la resistencia que opone al deslizamiento sobre una superficie dada, por esto, esta prueba tiende a dar una apreciación más completa de la manejabilidad de un concreto, al combinar en una sola las dos formas de calibración de la manejabilidad.

### Resistencia:

La resistencia a la compresión directa en un concreto es un índice de su calidad, pudiendo derivarse de ella todos los valores de los distintos esfuerzos que se necesitan conocer para prever su comportamiento estructural.

Para determinar este valor se requieren especímenes de dimensiones definidas que guarden cierta relación con el tamaño de los agregados que están formando el concreto que se desee ensayar. Generalmente, cuando se parte de concretos frescos, el molde que dará forma al espécimen de prueba es cilíndrico y su tamaño dependerá de las dimensiones de los agregados que integren el concreto, según el siguiente cuadro:

TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO		RELACION ALTURA h A DIAMETRO D			
		h / D = 2.0			
		h		D	
mm	pulgadas	mm	pulgadas	mm	pulgadas
6.4 o menos	¼ o menos	102	4	5.1	2
6.4 a 19.1	¼ a 3/4	203	8	102	4
19.1 a 38.1	¾ a 1 1/2	305	12	152	6
38.1 a 76.2	1 ½ a 3	640	24	305	12
76.2 a 152.4	3 a 6	914	36	457	18



a) Manufactura de cilindros:

- 1.- Se coloca en una charola la muestra representativa del concreto recién mezclado.
- 2.- Se uniformiza mediante un cucharón o cuchara de albañil.
- 3.- Se coloca el molde sobre su base previamente engrasado y en un sitio en el que no se produzcan vibraciones y pueda permanecer sin ser movido durante 24 hrs.
- 4.- Una vez tamizada y uniformizada la mezcla, se vierte el concreto en el molde hasta que llene la mitad de su volumen. Cada cucharada de concreto deberá depositarse en distinta dirección.
- 5.- Se introduce el vibrador en acción cuidando no tope su extremo con el fondo del molde, el periodo de vibración dependerá del revenimiento que presente el concreto. Tres o cuatro inmersiones del vibrador, de tres o cuatro segundos de tiempo cada una son generalmente suficientes para cualquier caso.
- 6.- Se llena la otra mitad del molde operando el cucharón en igual forma que la indicada anteriormente y procurando que al vibrar el concreto, la superficie de éste llegue a unos 3 mm abajo del borde del molde.
- 7.- El número de inmersiones del vibrador será igual al empleado al compactar la primer capa procurando que el extremo de éste no penetre más de 25 mm en la capa anteriormente compactada.
- 8.- Después de vibrar o compactar la segunda capa, se adiciona una pequeña cantidad de concreto con la cuchara y se enrasa al borde del molde, aislando la superficie.

Compactando con varilla.

- 1.- Se hacen las operaciones marcadas en pasos 1 a 3 que se describen en la compactación con vibrador.
- 2.- En este caso el molde se llenará en tres capas operándose con la primera de ellas (1/3 del cupo del molde), tomando las mismas precauciones marcadas en compactación con vibrador. Paso 4.
- 3.- Cada capa se golpeará con varilla 25 veces consecutivas en toda la superficie del concreto, cuidando que al golpear la 2ª y 3ª capa no penetre la varilla más de 25 mm en la anterior compactada.
- 4.- Se enrasa en la forma que indica en compactación con vibrador paso 8.
- 5.- El molde con su contenido deberá en ambos casos permanecer inmóvil durante 24 hrs y se protegerá la superficie expuesta con un lienzo o papel húmedo, cuando haya desaparecido el agua superficial del concreto.

b) Curado y almacenamiento de los cilindros de prueba:

- 1.- A todos los especímenes se les quitará el molde a las 24 hrs, después de su colado, para ello y cualquiera que sea el tipo de molde, se tendrá el cuidado suficiente para no lastimar el espécimen, evitando golpearlo en la operación.
- 2.- Una vez quitado el molde del espécimen se marcará tanto una de sus base como la superficie cilíndrica, con la identificación que le corresponda (número de serie, fecha de colado, tipo de elemento, obra, etc.); al mismo tiempo se anotará estos datos en los registros adicionales de que se disponga, completándolos con la edad de prueba y fecha de ejecución.
- 3.- Acto continuo el espécimen se protegerá de la pérdida de humedad colocándolo en el cuarto de curado a una temperatura comprendida entre 21° y 25° C, humedad relativa de 100%, inmersión en agua, o enterrándolo en arena, la cual estará perfectamente húmeda. En los dos casos deberá llevarse un registro de las temperaturas.
- 4.- El espécimen deberá permanecer en cualquiera de las condiciones señaladas anteriormente hasta el momento de su prueba.

c) Preparación de las bases de los cilindros de prueba:

Las bases de los especímenes, en lo general, no presentan superficies verdaderamente planas, por lo que siempre hay la necesidad de emparejarlas con algún material lo suficientemente resistente y capaz de transmitir antes de deteriorarse, las cargas que se apliquen durante la prueba. La mezcla más satisfactoria en uso es la del azufre con algún material inerte finamente molido; este último material puede ser arcilla cribada.

d) Ruptura de cilindros:

Los especímenes de concreto deberán romperse o probarse a la compresión tan pronto sea posible después de haberlos retirado del cuarto de curado; previamente cabeceados.

Procedimiento:

- 1.- El espécimen se deberá colocar en la mesa de la máquina de compresión, la cual presenta una serie de círculos concéntricos de distintos diámetros (generalmente los que son más usuales en los cilindros de prueba), con objeto de que el espécimen quede bien centrado.
- 2.- En la máquina de compresión hay que cerciorarse de que la aguja marque cero sobre la carátula.
- 3.- Se hace funcionar la máquina de modo que el cilindro de prueba se aproxime lentamente a la cabeza de carga hasta que encuentre apoyo completo, sin ocasionar choque.
- 4.- Se va aplicando la carga uniformemente a razón de 141 kg/cm<sup>2</sup>/min, hasta la falla del espécimen.

Cálculo:

$$\text{Resistencia Unitaria } f'c = P/s = \text{kg/cm}^2$$

P: Carga total registrada en kg

s: Sección del espécimen de prueba en cm<sup>2</sup>

En el caso de los prefabricados se debe realizar una prueba a los cilindros antes de destensar el acero de presfuerzo este resultado nos permitirá saber si ha cumplido con la resistencia especificada para la transferencia de presfuerzo.

Ver Anexo I resultados de pruebas practicadas al cemento utilizado en la fabricación de pretensados en la planta.

### ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo, es un elemento resistente a la tensión, presentando la misma capacidad para compresión. Debido a que es un miembro muy esbelto no es posible aplicarle carga a la compresión ya que sufriría pandeo, pero es posible someterlo a pruebas de tensión y de cortante.

El fabricante del acero de refuerzo, proporciona certificados de calidad ofreciendo un resultados del análisis químico el cual marca los % de los componentes de dicho acero, así como las pruebas físicas de tensión.

Generalmente, se aplicarán las pruebas de tensión y cortante (si es necesario), apoyados de un laboratorio externo, ya que en planta no se cuenta con el equipo necesario para realizar este tipo de pruebas.

En la planta se realiza una prueba muy sencilla de doblez, aplicada a varillas de diámetros de 3/8", de 1/2" y de 3/4"; esta consiste en seleccionar algunas probetas de cualquier atado y realizar un doblez a 90° si esta no se rompe, ni presenta grietas entonces es aceptada de lo contrario, se regresa y se solicita el cambio. Si la empresa proveedora no acepta el cambio, entonces se solicita su certificado de calidad del material por entregar a la vez que el ingeniero responsable de la planta envía unas probetas a un laboratorio externo a que se le realicen las pruebas de calidad correspondientes.

En el Anexo I se presentan certificados de calidad de los fabricantes, y de laboratorio externo de pruebas de tensión aplicadas a algunas probetas de acero de refuerzo utilizadas en la fabricación de elementos pretensados, elaborados en planta.

## ACERO DE PRESFUERZO

El acero de presfuerzo es el material proporciona la capacidad de carga a los elementos presforzados, es por eso que es de gran importancia saber si cumple con el control de calidad requerido para ser utilizado en la fabricación de elementos.

Generalmente, la empresa fabricante de este acero de alta resistencia, entrega de cada rollo de torón, un certificado de calidad, explicando la composición química, una tabla detallada de la características mecánicas y su gráfica de esfuerzo - deformación.

En la planta se estudian las características del torón, mediante pruebas de campo. Estas pruebas consisten en lo siguiente:

- Se seleccionan al azar dos o tres torones de una mesa de colado.
- Se marca al torón en su extremo antes de aplicar el primer jalón de tensión.
- Se aplica una primer tensada, y se marca otra vez.
- Se aplican las siguientes cargas de tensión repitiendo el paso anterior.
- Estos datos se registran en una bitácora.
- Se procede al cálculo teórico de las elongaciones, y se registran.
- Una vez hecho los cálculos se comparan con los obtenidos en el patio y si existe una variación de  $\pm 5\%$ , se toma como aceptable, de lo contrario se analiza donde está el error y se procede a corregir.

Se toman unas probetas de los rollos del acero de presfuerzo, y se envían al laboratorio externo, el cual realizará las pruebas correspondientes, proporcionando los resultados obtenidos.

En el Anexo I se pueden ver certificados de calidad de este material proporcionados por el fabricante y por un laboratorio externo.

## CAPITULO 4 MONTAJE EN OBRA DE LA TRABE DOBLE T DE CONCRETO PREFORZADO.

### 4.1 CARACTERISTICAS GENERALES

#### TRANSPORTE

El transporte y el montaje rápido y económico han llegado a ser posibles gracias a los enormes progresos de la industria mecánica.

Es importante que durante el transporte las piezas no deban estar sometidas a fuerzas mayores que las previstas en los cálculos estructurales.

Para evitar que se produzcan esfuerzos extras durante el transporte es importante tener un buen apoyo de las piezas; por lo cual deberán manejarse de manera que no se produzcan agrietamientos evitando el pandeo por medio de apoyos adecuados.

En el caso de elementos muy largos y esbeltos tendrán que apoyarse por caballetes o bastidores de madera o metálicos; es conveniente proteger los puntos de apoyo con topes blandos para que no dejen señales.

Las columnas, trabes, largueros y losas se estiban uno sobre otro formando camas. En los tres primeros elementos las camas son formadas por varias piezas y en losas por una y dos piezas.

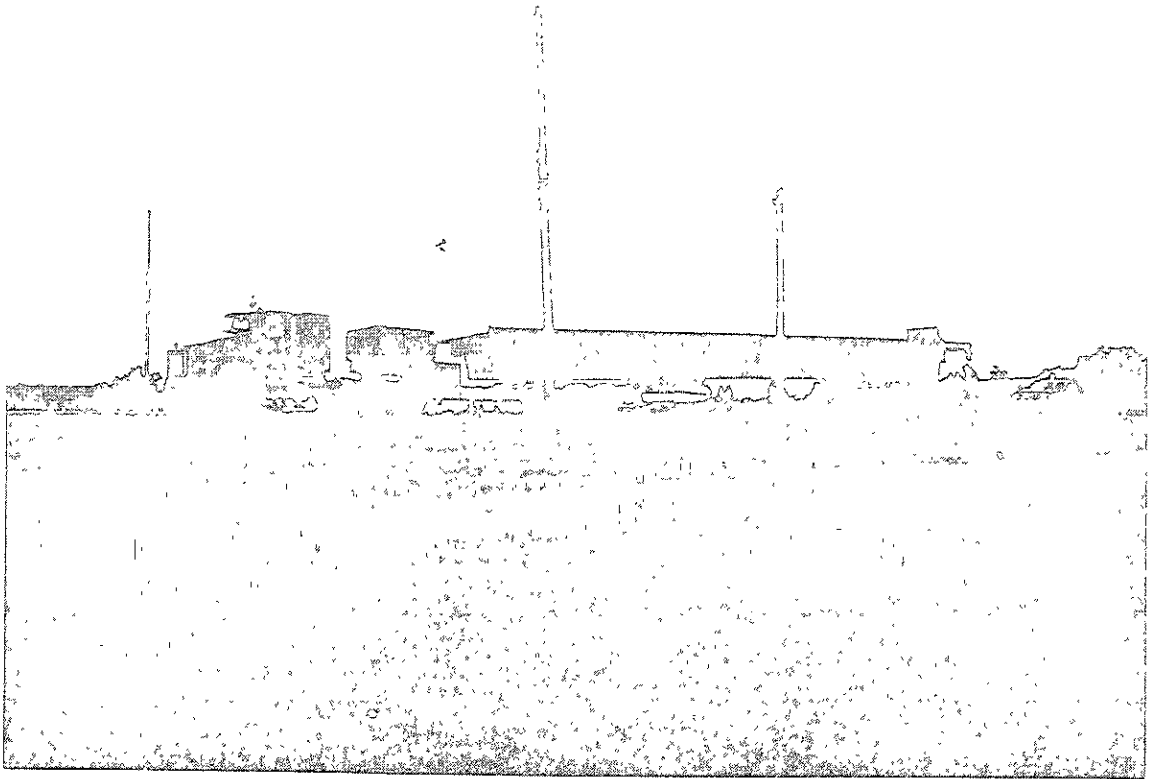
El apoyo de estos elementos tanto en el equipo de transporte como uno sobre el otro, es en sus extremos, sobre polines de madera o similares, procurando que la superficie de apoyo no sea muy reducida localizados en una misma línea vertical para que los pesos se transmitan directamente a los ejes del equipo de transporte, eliminándose de esta forma la ruptura de los elementos.

En todos los casos se debe supervisar y verificar las condiciones de sujeción de los elementos y de los soportes que garanticen su estabilidad.

#### MONTAJE

El montaje, consiste en la elevación y colocación de los elementos a una posición fija y segura tal que pueda soportarse sin riesgo, siguiendo un sistema previamente establecido, basado en un plano de montaje, utilizando además los equipos de elevación adecuados y las normas de seguridad, hasta la formación de la estructura.

El paso de la elevación debe hacerse en forma controlada de manera que la carga conserve su horizontal o cualquier orientación requerida para su colocación. Por lo general, para realizar este trabajo, se necesitan elementos de levante dos o mas puntas, con ganchos, eslingas u otros dispositivos de acarreo. En la mayoría de los casos, debe moverse las cargas tanto horizontal como verticalmente para hacerla llegar a sus puntos de unión con la estructura permanente.



*Fig 1. Transporte de elementos prefabricados.*



*Fig.2 Montaje de elementos prefabricados*

El elemento básico del montaje es la grúa montada sobre ruedas, éste tipo de grúa puede tener una capacidad de 40 toneladas y tiene una gran facilidad de maniobra. Las alturas pueden ser de más de 25 metros, con un radio de acción de más de 15 mts. Al elegir una grúa conviene tender a grúas de capacidad mayor aunque su costo sea más elevado.

En la elevación se debe prever la posibilidad de sostener los elementos por la parte central, aunque esto suponga que queden voladas durante el montaje para evitar la falla en la pieza por trabajar en forma diferente para la que fue diseñada.

Otro factor importante durante el montaje, se considera la sujeción temporal que absorba los esfuerzos accidentales durante el proceso de construcción.

Para el manejo de las vigas prefabricadas de concreto debe tenerse cuidado de no provocar agrietamientos, evitar el pandeo proporcionando apoyos adecuados y evitar la concentración de esfuerzos y agrietamientos en los puntos de levantamiento.

La carga debe sostenerse en el punto de unión durante su montaje, hasta que se sujete firmemente.

## 4.2 TRASLADO A OBRA

El transporte de los elementos está en función de sus dimensiones y peso, además de las condiciones del medio y equipo disponible.

Son tres los medios disponibles más comunes de transporte de elementos de concreto:

- Por carretera
- Por ferrocarril
- Por barco

Para los fines de esta tesis solo abundaremos en el tema de transporte por carretera.

### TRANSPORTE POR CARRETERA

Hay que darle la mayor importancia, ya que a la mayor parte de las obras de construcción sólo puede llegarse por éste medio, además en nuestro país es el más usado para trasladar estructuras. El transporte por carretera está regido por reglamentos legales de tráfico, que determinan la altura y anchura máxima de lo transportado y en muchos casos la longitud, el peso y el número de piezas.

En la planta de fabricación sólo se producen piezas que sea posible transportarlas al lugar de la obra. La anchura del transporte está limitada a 2.4 o 2.5 mt, por lo que en los casos donde los elementos que no pueden ser transportados de canto, o sea, en posición vertical no han de rebasar la anchura de 2.50 mt. En el caso en el que el ancho sea mayor sin exceder a 3.5 mt requiere que vaya acompañado por un policía de tráfico. Siempre que sea posible se debe analizar si es más conveniente el mayor costo del transporte o las ventajas de una mayor anchura.

La altura general es de 4.5m, aunque en muchas carreteras y calles subsisten pasos inferiores (3.8m), lo cual significa que la dimensión de un elemento de canto no debe exceder de 3.8 a 4.00 mt, ya que la altura de los remolques bajos es como mínimo de 40 a 50 cm por encima del pavimento. Esta altura dificulta el transporte de estos elementos.

Los vehículos de transporte, por vía terrestre para el transporte de estructuras, consta de un tractocamión y un remolque o semirremolque, siendo el tractocamión el equipo motriz o de fuerza y el remolque o semirremolque el equipo de carga.

Características del Equipo Motriz o Fuerza.

1.- Equipo motriz o de fuerza: Tractocamiones.

Los tractocamiones constan de:

- a) Cabina para el operador.
- b) Motor que puede ser de diesel o gasolina. Generalmente el que más se utiliza es el de diesel.
- c) Un eje delantero direccional y uno o dos ejes traseros. El eje delantero consta de dos llantas y cada una de los ejes traseros de cuatro.
- d) "Quinta rueda", que es una placa de acero y está montada sobre el chasis. Es la zona de enganche del tractor con cualquier tipo de plataforma que funcione como semirremolque. Además la quinta rueda nos permite girar la plataforma.
- e) Chasis, que es una estructura de acero, donde van montadas la cabina, el motor y la quinta rueda. El chasis está apoyado sobre los ejes, por los cuales se transmite todo el peso del camión al terreno (ver plano).

2.- Equipo de carga: Los remolques y semiremolques como se mencionó anteriormente son el equipo de carga para la transportación de estructuras (ver plano).

Es importante mencionar la diferencia entre un remolque y un semirremolque y la diferencia consiste en que los primeros tienen ruedas delanteras y los semirremolques no.

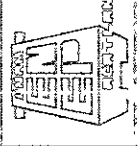
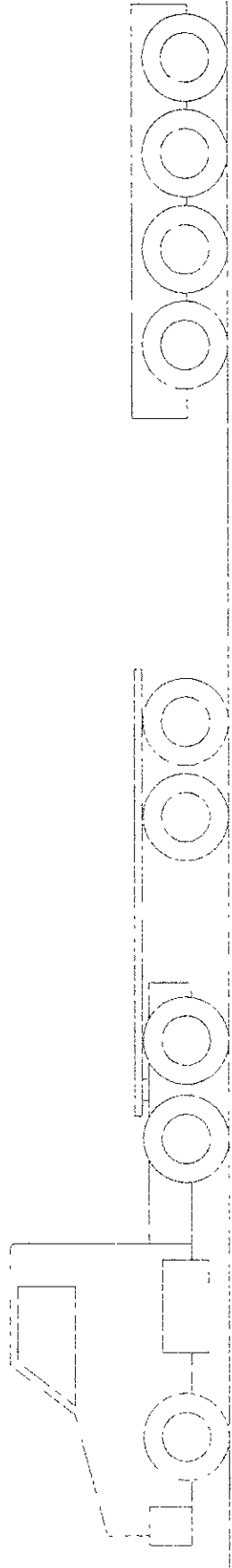
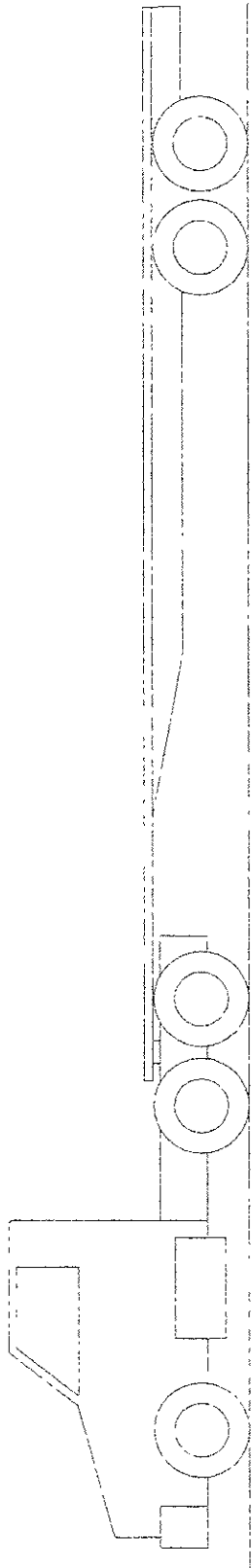
Existen varios tipos para esta transportación y se clasifica en:

- a) Camiones con plataforma integral.
- b) Plataformas normales.
- c) Plataformas telescópicas.
- d) Low - Boy.
- e) Dolly.
- f) Módulos.

a) Camiones con plataforma integral: Es el único caso en que el equipo de carga o plataforma forma parte del tractocamión. La plataforma actúa como un remolque integral.

Estos vehículos constan de un eje delantero direccional, una cabina para el operador y una plataforma de 4.5 a 6.0 m de longitud, apoyadas sobre uno o dos ejes traseros.





E N E P   A C A T L A N  
FERMIN MONDRAGON LEMUS  
INGENIERIA CIVIL

TESIS  
TRABE DOBLE "T" DE CONCRETO PREFORZADO  
ANALISIS, DISENO Y MONTAJE EN OBRA

Tienen un ancho de 2.5 m y una superficie de carga de 1.3 m a 1.4 m del suelo. Sirve para transportar elementos cortos de hasta 7 m, este tipo de vehículos tienen una capacidad de carga que va de 4 a 12 toneladas y se usan para piezas de dimensiones pequeñas como son tableros de fachadas, viguetas, bloques, bovedillas y elementos estructurales menores.

b) Plataformas normales: Longitud de carga de 12 m, ancho de 2.5 m, superficie de carga a 1.5 m del suelo y capacidad de carga de 30 ton.

El tractocamión con este tipo de semirremolque a diferencia del anterior, el cual posee la plataforma integral, lleva un dispositivo llamado comúnmente "quinta rueda" que sirve para enganchar la plataforma, además de permite girar. La capacidad de carga puede llegar a ser hasta de 40 toneladas, dependiendo del número de ejes que pueden ser hasta tres en este tipo de vehículo. Transporta la mayoría de los elementos pues ofrece una superficie de carga completa y sin divisiones, el elemento puede sobresalir un metro en la parte de atrás.

c) Plataformas telescópicas: Longitud de carga de 12 a 18 m, ancho de 2.5 m, superficie de carga a 1.5 m del suelo y capacidad de carga de 30 ton.

Tiene la variante de que la plataforma es una plataforma de extensión debido a esto tiene la ventaja de poder variar su longitud dependiendo de las dimensiones del elemento a transportar. La variación de longitud se hace mediante una estructura cerrada de acero en forma de viga que se opera mecánicamente, lo que da como resultado que la plataforma se acerque o se acorte según la carga por transportar. El desplazamiento solo es horizontal. Se utiliza para transportar vigas que no pesen más de 30 ton y no mas de 2.5 m de altura.

Es importante señalar que para poder realizar una transportación adecuada es fundamental considerarse la capacidad, tamaño, peso y forma de los elementos que se van a mover; ya que esto nos ayudará a elegir el tipo de tractocamión y equipo de carga que ocuparemos, teniendo en cuenta la disponibilidad de estos.

En caso de no saber la ubicación de la obra a donde será transportado el o los elementos es preciso recorrer previamente la ruta a seguir, observando las posibles restricciones al tráfico. En este aspecto es importante el radio de giro y el de maniobras del vehículo. Para el uso del equipo de transporte se deben conocer también las condiciones de la carretera.

Todos los aspectos que se mencionaron anteriormente son de importancia para llevar a cabo el transporte de los elementos estructurales, pero como se mencionó al inicio del capítulo, el aspecto legal es de los más importantes ya que el sistema de transporte por vía terrestre - carretera, está regulado por reglamentos legales de tráfico que son los que nos marcan limitaciones. Es el Gobierno Federal el que crea estas limitaciones, a través de la secretaría de comunicaciones y transportes (S. C. T.). De aquí que para obtener el permiso de transporte, el contratista encargado del flete deberá solicitar un permiso a la Secretaría y cumplir con ciertos requisitos; los permisos de tránsito requeridos tendrán que tramitarse con la debida anticipación; esto se hace presentando por escrito un papel membretado, una solicitud dirigida a la Dirección General de Tránsito

Federal, en el cual se especifique: Destino y lugar de donde se transportarán los elementos, características del equipo de transporte (peso y dimensiones), cantidad, dimensiones y peso de los elementos.

Para la concesión de estos permisos, la Dirección General de Tránsito Federal, exige que la transportación de los elementos estructurales deberá efectuarse bajo las normas siguientes:

- 1.- Los pesos que transmitan los ejes del equipo de transporte deberán estar dentro de las especificaciones de carga rodante para caminos y puentes.
- 2.- Las unidades móviles deberán tener sistemas de señalamiento mediante luces o banderolas; además de un letrero adelante y otro atrás de ciertas dimensiones con letras de color y especificando "PELIGRO"; estos deberán colocarse en un lugar visible.
- 3.- Para el transporte de elementos estructurales de grandes dimensiones, las unidades de transporte deberán ser escoltadas por dos carros piloto, uno adelante y otro atrás con sus respectivos sistemas de señalamiento (letreros, banderolas, y luces intermitentes).

Cabe señalar que antes de solicitar el permiso para realizar la transportación de los elementos estructurales, hasta el lugar de la obra, es requisito que todas y cada una de las unidades de transporte cuente con permiso de tránsito, debidamente autorizado por la S. C. T., específicamente por la Dirección General de Tránsito Federal, que es la encargada de expedirlos.

## SISTEMAS DE SUJECION Y ACCESORIOS.

El hablar de los sistemas de sujeción y accesorios es referirse concretamente a que después de haber sido estibados los elementos precolados en el equipo de transporte el siguiente paso es amarrarlos o sujetarlos a dicho equipo en las partes especificadas, con los accesorios adecuados, por lo tanto, se explica a continuación que para algunos elementos como:

Pilotes, columnas, trabes y largueros que se transportan en plataformas se amarran o se sujetan generalmente en sus extremos, utilizando yugos metálicos, abrazaderas, cadenas, gatos y tensores que se conectan a los accesorios de la plataforma (argollas).

Para las losas  $\overline{TT}$  y  $\overline{TT}$  P.V. que también se transportan en plataformas, generalmente se amarran o sujetan en sus extremos utilizando los mismos accesorios con la diferencia que para trabes de mayor longitud se usa un accesorio que se le ha dado el nombre de violín el cual se compone de un cable de acero y un tensor que se coloca para alimentar los pandeos laterales en el transporte.

La sujeción de los elementos al equipo de transporte es muy importante, porque de ello depende que no se dañen los elementos al ser transportados, de no ser así, los daños que pueden tener es desde una simple despostilladura hasta la ruptura.

### 4.3 MONTAJE EN OBRA

El trabajo de montaje en la construcción obedece básicamente a la elevación vertical de cargas, en el posicionamiento de las mismas y en la sujeción de cada una de ellas a una posición fija hasta que está colocada en forma segura y pueda soltarse.

Estos trabajos u operaciones de montaje se realizan mediante diferentes equipos. De ellos existe una gran variedad que pueden realizar la elevación y montaje de elementos prefabricados de concreto, debido a lo anterior, es muy importante saber seleccionar el equipo a utilizar pero dependiendo de distintos factores, entre los que sobresalen:

- 1.- Número de elementos.
- 2.- Características de los elementos.
- 3.- Dimensiones.
- 4.- Peso.
- 5.- Tipo.
- 6.- Altura de la obra.
- 7.- Distribución en planta de la edificación.
- 8.- Líneas elevadas de transmisión de corriente eléctrica que no pueda moverse o desenergizarse
- 9.- Circunstancias de la ubicación: accesibilidad, topografía (acceso a la obra).
- 10.- Reglamentos locales, estatales y federales, así como las especificaciones estándar que existen para tal trabajo; tanto para la construcción como para el transporte (reglamentos legales de tráfico).
- 11.- Las cimentaciones y condiciones del terreno.
- 12.- Selección del método de montaje (el más seguro y al menor costo).
- 13.- El costo y la disponibilidad de la mano de obra también influye en el tipo de equipo a seleccionar.

Siempre que sea posible se empleará un solo tipo de los equipos de montaje disponibles, para que así solo sea necesario una clase de personal de montaje de obras.

Esto es debido a que siempre existe un tipo especial de equipo que sea el más recomendable o el más adecuado para un proyecto determinado por lo que en ocasiones pueden existir diferentes tipos de equipo que sean tan seguros, económicos y eficientes como el primero; el tipo de equipo dependerá de la disponibilidad y el costo de suministro.

Para la selección de equipo también es necesario analizar las cualidades técnicas de los equipos de montaje como son:

- a) Capacidad de elevación; peso y distancias de colocación, así como altura máxima alcanzable.
- b) Rendimiento, velocidad de trabajo.
- c) Precisión, colocar fácilmente y sin golpes.
- d) Movilidad; según las necesidades de la obra.

## IZADO

Antes de izar cualquier pieza, el responsable, de preferencia el Superintendente, debe revisar que las grúas estén bien apoyadas, con los estabilizadores de apoyo si son necesarios, o que las plumas estén en buenas condiciones de trabajo y los malacates en condiciones adecuadas, con los frenos ajustados para la carga que se va a levantar.

Para descargar los transportes en el lugar de la obra deben usarse estrobos con la capacidad suficiente y longitud necesaria para manejar las cargas sujetándolos por los extremos y estabilizando la carga según se va izando desde el transporte y se lleva al área de montaje para seleccionar, distribuir y después montar los diferentes miembros de la carga.

El izado y el manejo deben considerarse como cargas dinámicas. Los estrobos para izar y manejar las piezas deben diseñarse con un factor de seguridad de 6. Los puntos de anclaje de las piezas para el izado dependen del diseño. Se debe tomar muy en cuenta el ángulo que forma el cable de izaje con el estrobo en todas las posiciones, durante el izado y el manejo, se puede fijar dicho ángulo utilizando una viga auxiliar, o puede diseñarse el estrobo para ser efectivo a cualquier ángulo.

También deben considerarse el balanceo y los giros de la pieza, los cuales ocasionan esfuerzos de flexión y pueden causar aplastamiento del concreto.

### 4.3.1 MAQUINARIA.

Para las operaciones de montaje pueden usarse distintos equipos que por lo general, son de dos categorías, grúas ordinarias o mástiles de elevación. Las grúas son equipos móviles para montaje; y para estos fines hay grúas giratorias y grúas de torre. Los mástiles de elevación son erectores estacionarios; porque no mueven su base estando cargado el mástil, excepto cuando se trata de un mástil instalado en un barco; existen mástiles de pata rígida, mástiles de retenidas, mástiles de poste, mástiles montados en carro de ferrocarril o en torre.

Estos diferentes tipos de equipo de montaje, tienen dos componentes básicos comunes, que son la pluma como miembro principal de soporte y los cables y herramientas que sirven para levantar las cargas.

La pluma posee cables de soporte y otros que levantan y mueven cada carga.

Las diferencias principales existentes entre las grúas ordinarias y las de mástil, en cuanto a montaje, las definen sus aplicaciones generales. Las grúas tienen su mecanismo integral con sus contrapesos, tendientes a favorecer la movilidad del equipo, mientras que las grúas de mástil utilizan, para fines de estabilidad un miembro vertical o mástil y una armazón estructural o cables de retenida, sujetos a soportes sólidos situados fuera del lugar que ocupa la grúa. La diferencia fundamental existe en los máximos de altura de elevación y ángulo de la pluma.

Para fines de esta tesis solo hablaremos de las grúas mas usuales.

## GRUAS MÓVILES O AUTOGRUAS.

Se llaman grúas móviles o autogrúas a todas aquellas que están dotadas de un sistema propio de traslación, que les permite desplazarse en trayectos muy largos y a altas velocidades, sin requerir el auxilio de un vehículo remolcador o de un transporte.

Las grúas móviles son características de los trabajos de elevación de tipo general en toda clase de obras.

En general las grúas móviles constan del chasis o plataforma de la superestructura y de la pluma o antena. En el chasis van adecuados el cabrestante elevador, el contrapeso y los mandos para el control de la máquina. El chasis puede en general, ser apuntalado o calzado adicionalmente cuando se han de montar cargas muy pesadas; la pluma está sostenida al frente del chasis o plataforma de la superestructura, además debe ser reclinable y giratoria. La pluma puede ser también una estructura metálica reticular abierta con líneas de cables para controlar todos sus movimientos (pluma estructural) o una estructura cerrada telescópica con un mecanismo hidráulico y pistones para el control de sus movimientos (pluma telescópica). En cualquiera de los dos casos, la pluma está articulada en la base, en su punto de soporte y puede pivotar en su plano vertical; este movimiento se debe a que el extremo superior de la pluma tiene cables de soporte que van hacia atrás hasta un bastidor en forma de "A" instalado sobre la superestructura de la grúa. Los cables de soporte van sujetos al extremo superior de la pluma al que se denomina la punta; al cable y a sus accesorios se le conoce como sistema de elevación superior. Para mover una carga lateralmente, la pluma gira con toda la superestructura en un plano horizontal. La fuerza motriz que acciona los controles de la grúa puede ser un motor diesel, un motor de gasolina o uno eléctrico; para los controles hidráulicos en el caso que se trate de una pluma telescópica se tendrá un motor aparte del motor principal de la grúa.

La función principal de la grúa móvil es levantar, girar y bajar cargas sostenidas por cables y debe tenerse cuidado con la estabilidad en su base y en todo el equipo para evitar el volteo. La grúa puede llevar el peso total de la carga y el dispositivo de levantamiento, por consiguiente la capacidad de la grúa se basa realmente en el peso total que se suspende del cable de levantamiento.

Las grúas móviles, debido a su tipo de montaje y al tipo de pluma se clasifican en:

### GRUAS MONTADAS EN CAMION DE PLUMA ESTRUCTURAL.

Este tipo de grúas es usado para el montaje de naves industriales así como para edificios de pocos niveles debido a las limitaciones de alcance de su mástil de carga; también se usa para la descarga de elementos estructurales. Es el equipo de elevación de mayor movilidad. Su característica es la de poder trasladarse por carretera, recorriendo grandes distancias a una velocidad máxima que puede alcanzar los 65 km/hr. Estas grúas son relativamente rápidas, pero se tiene que manejar los tramos de pluma en camiones por separado y conforme aumenta la distancia a la que tiene que moverse aumenta considerablemente el problema de traslado. Las grúas sobre camión están constituidas por un chasis con cabina en la parte frontal que opera el mecanismo de manejo y de la

parte superior giratoria o cuerpo principal de la grúa. Esta se localiza en la parte posterior del chasis, permitiéndole así, que pueda llegar a girar hasta 360°. En la parte superior giratoria se localiza el cabrestante (unidad que se usa para el mecanismo de elevación de la grúa), la pluma y la cabina de mando. El mecanismo de manejo es independiente del cuerpo principal de la grúa.

El mástil se monta sobre el extremo frontal del cuerpo de grúa por medio de pasadores. Esto permite que se desmonte según las necesidades. El motor del cuerpo de la grúa solo controla la rotación del cuerpo mismo, así como los movimientos de las líneas principales de carga, la línea auxiliar y la línea del mástil y el segundo motor que se encuentran en el extremo frontal del chasis controla la traslación del equipo completo de un lugar a otro.

Para la estabilidad necesaria de la grúa en el manejo de una carga de cualquier tamaño, se emplean miembros estabilizadores. Es recomendable ocupar siempre los estabilizadores, para evitar posibles accidentes. Una de las ventajas de este tipo de grúas es de que el sistema formado por la pluma trabaje a flexocompresión y los cables de retención trabajen exclusivamente a tensión.

Se llegan a tener en este tipo de grúas estructurales capacidades de hasta 300 ton y alturas de mástil de carga de 90 metros. Existen extensiones de pluma estructural de 3, 6, 9 y 15 metros. Pueden considerarse este tipo de grúas, independientemente del trabajo a realizar, como el mejor y más eficaz equipo de elevación. Su desventaja en estas grúas es la necesidad de un suelo firme compacto y sensiblemente horizontal, así como el elevado costo de su adquisición. (Ver plano de grúa estructural).

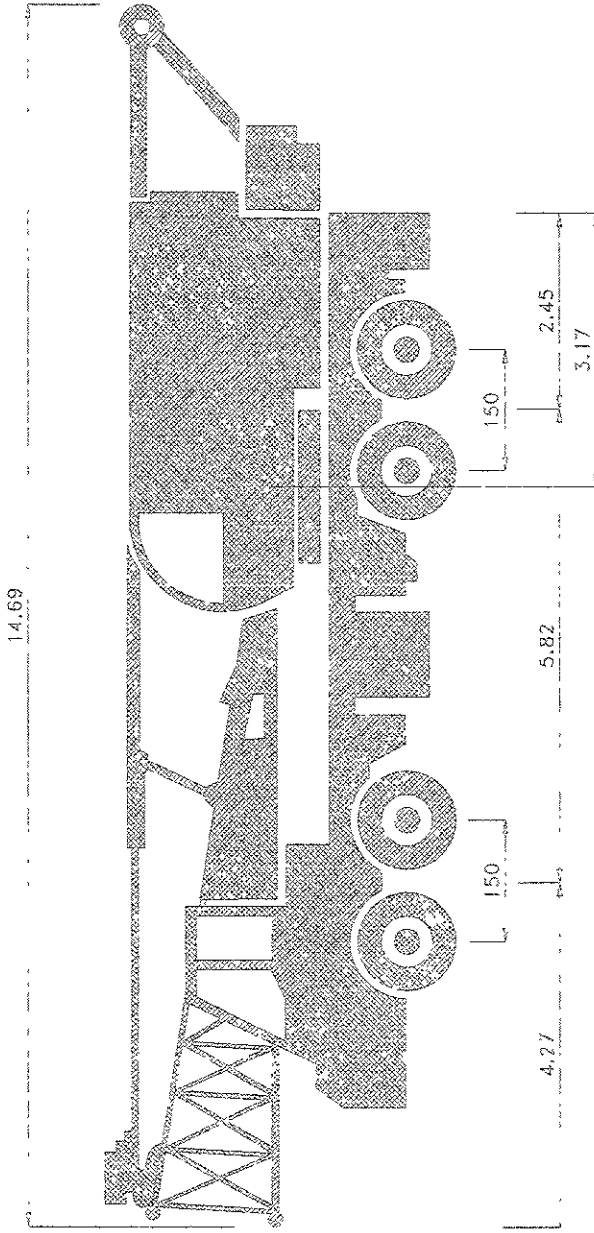
## GRUAS MONTADAS EN CAMION TELESCOPICAS HIDRAULICAS.

Estos son los equipos mas rápidos que existen en el mercado, ya que la pluma telescópica formada por varias secciones ensamblables, permiten a la máquina circular por carretera o por el interior de poblaciones con el brazo de carga plegado sobre sí mismo, ocupando un espacio mínimo. La posición de éste tipo de pluma, durante el viaje, es ocupando la parte central y en sentido longitudinal del vehículo, del que apenas sobresale ligeramente por la parte delantera.

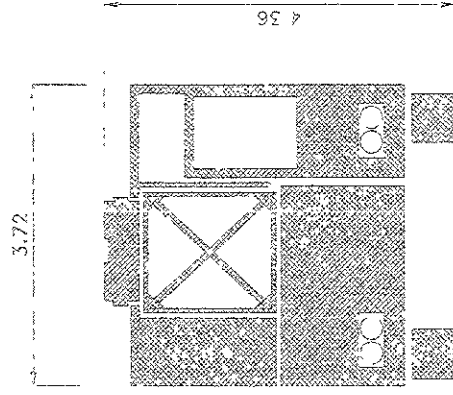
La pluma telescópica se compone de un cierto número de secciones concéntricas, por lo general 3 o 4, que pueden ser rectangulares o triangulares. Estas pueden abrirse automáticamente por mando hidráulico sincronizado, quedando la sección más grande en el punto de soporte de la base.

Para trabajar el brazo telescópico gira sobre la plataforma para tomar la posición más conveniente, después accionada hidráulicamente toma el ángulo de inclinación necesario y posteriormente se dispara el sistema telescópico, hasta alcanzar la altura debida. Un conjunto de cilindros y pistones, accionados hidráulicamente, rigen la acción telescópica.

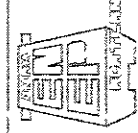
Por medio de su sistema hidráulico pueden extender telescópicamente su pluma a alturas del orden hasta de 40 mt en pocos segundos.



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



FENEP A C A T L A N  
 FERMIN MONDRAGON LEMUS  
 INGENIERIA CIVIL

TESIS

TRABE DOBLE "T" DE CONCRETO PREFORZADO  
 ANALISIS, DISENO Y MONTAJE EN OBRA



Se apoyan firmemente en el terreno por medio de estabilizadores de accionamiento también hidráulico, en circuito independiente; su instalación es rápida, estos estabilizadores permiten a la grúa trabajar sin peligro de desplazamientos imprevistos por parte de los ejes de ruedas, ni de alteraciones del equilibrio. Este tipo de grúas tiene la desventaja de que la pluma trabaja a flexocompresión y por lo tanto reduce mucho su capacidad de carga a medida que se aumenta la distancia horizontal a la que se tiene que montar la pieza, no obstante son equipos muy ágiles y que para montajes de elementos que se tienen que colocar a distancias horizontales pequeñas o alturas menores resultan muy prácticas.

Su capacidad llega a ser hasta de 300 toneladas.( Ver plano de grua hidráulica)

## CALCULO DE EQUIPO

Para el montaje de los diferentes elementos, existe una gran variedad de equipos; por lo tanto para elegir el equipo adecuado de montaje es necesario contar y conocer con los datos siguientes:

- Planos de montaje y fabricación.
- Dimensiones y peso de los elementos.
- Tablas de capacidades de los diferentes equipos.

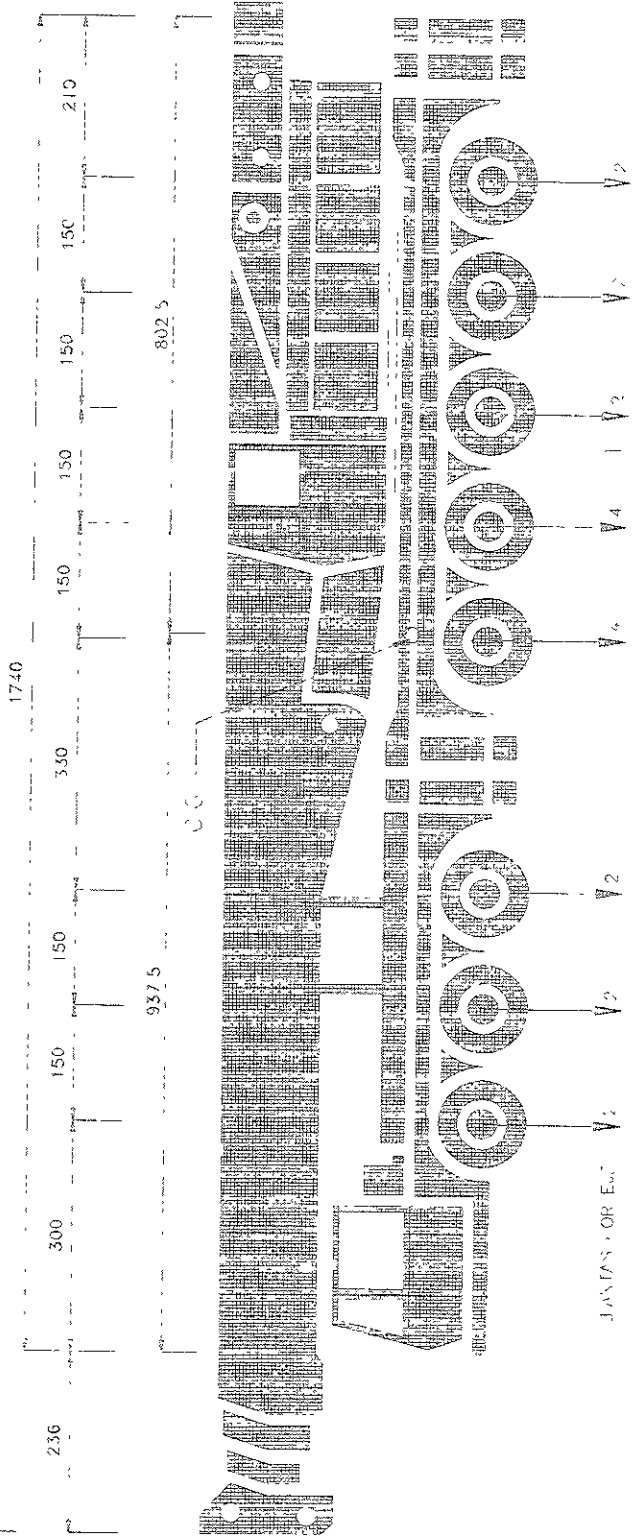
De los planos de montaje se toman los radios y altura de operación que se necesita para el montaje de los diferentes elementos que intervienen en una obra.

En caso de no contar con planos, el encargado de hacer el montaje debe tener la suficiente experiencia y conocimientos para realizarlo de manera rápida y eficiente; de tal forma que para conocer la capacidad del equipo a usar tendrá que realizar una visita a la obra para determinar los radios y las alturas de operación, así como las restricciones existentes para el montaje. Los planos de fabricación nos dan a conocer las dimensiones (secciones y longitudes), peso de los elementos, además explican en forma detallada, los armados de refuerzo y presfuerzo y los accesorios metálicos. También nos dan a conocer sus especificaciones correspondientes que sirven para conocer su comportamiento a la compresión, a la flexión.

Con los datos anteriormente conocidos, se elabora un croquis tomando como base el radio y la altura de operación más críticos; de este croquis se obtiene el ángulo de trabajo y longitud de pluma ( pudiendo ser estructural o hidráulica).

El radio de operación o de trabajo es la distancia horizontal de la línea del centro de rotación a la línea vertical del centro de gravedad de la carga, y la altura es la distancia vertical medida del nivel de piso terminado a la parte superior de la pieza en su posición final. Al tomar esta distancia para el cálculo de longitud de pluma, se debe considerar una tolerancia por encima de la pieza más alta que permita pasar a las poleas de carga cuando están en su posición más alta, así como a la bola de contrapeso, el gancho y el estrobo colocado entre el gancho y la parte superior de la pieza.

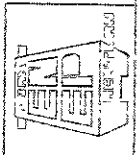
1995



	JANTAS - OR EJA		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
CARGA MUERTA P.O. T-L	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75	10.75
CARGA TOTAL POR UNIDAD	5.375	5.375	5.375	5.375	5.375	5.375	5.375	5.375	5.375	5.375	5.375

VISTA LATERAL  
WT : 96 TONELADAS

EFSC 10 AL CRUA 36 FCN



ENEP A CATALAN  
FERMIN MONDRAGON LEMUS  
INGENIERIA CIVIL

TESIS

GRUA DE 300 TONELADAS DE CAPACIDAD  
Y 100 METROS DE ALTURA

PLANO ESTRUCTURAL | GRUA 300 TONELADAS

Posteriormente con los datos obtenidos del croquis: longitud de pluma, radio de trabajo, ángulo de trabajo y con el dato del elemento mas pesado, se pasa a las tablas de capacidades del equipo, que mediante un sencillo manejo de estas tablas se determinan los datos tales como:

- Longitud de pluma.
- Radio de operación.
- Altura de la punta de la pluma a nivel de terreno.
- Capacidad del equipo calzado y sin calzar.

Estos datos deberán estar sobrados y estarán dentro de los coeficientes de seguridad correspondientes.

La localización de los ganchos de izado de los elementos se toma de los planos de fabricación, cuya longitud de separación de ganchos y peso de los elementos sirve para determinar los accesorios tales como: Estrobos, armaduras, grilletes y ganchos.

Es recomendable que en el montaje los estrobos trabajen a 45°, ya que de esta manera tanto los cables como la grúa realizan menor esfuerzo. Además el que trabajen a 45°, es la forma más práctica de obtener la longitud del estrobo.

Es importante saber que la distancia de los ganchos de izaje a partir de sus extremos, en prefabricados, no debe ser mayor de 1.50 mt; esta ubicación será de acuerdo al diseño de la pieza.

A continuación se presenta el cálculo de equipo, utilizando la tabla de capacidades para una grúa montada sobre camión, ya que son las mas usuales en el montaje de elementos prefabricados.

Obra: Comedor Campo Militar.

Ubicación: Campo Militar No 1, Cd. de Méx.

1.- Elementos estructural:

- Traves portantes prefabricadas de concreto.
- Cubierta Doble T .

2.- Dimensiones de los elementos:

ELEMENTO	DIMENSIONES	LONGITUD
Traves portantes	0.5 x 0.5	6.50
Traves Doble T	3.00 x 0.50	15.65

### 3.- Peso de los elementos:

ELEMENTO	PESO (TON)
Trabes portantes	1.60
Trabes Doble T	10.30

Con los datos obtenidos del croquis y de los planos tenemos:

CONCEPTO	UNIDAD
Elemento más pesado Doble T	10.30 Ton
Longitud de Pluma aproximada	19.30 Mt
Longitud de radio de operación	13.23Mt
Altura máxima de montaje	4.60 Mt

Con los resultados de la tabla anterior se entra a las tablas de capacidades del equipo de montaje, obteniendo lo siguiente:

- Longitud de Pluma: 21.03 mt
- Longitud de radio de giro: 14.00 mt
- Capacidad de carga: 10.76 ton

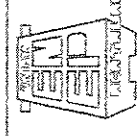
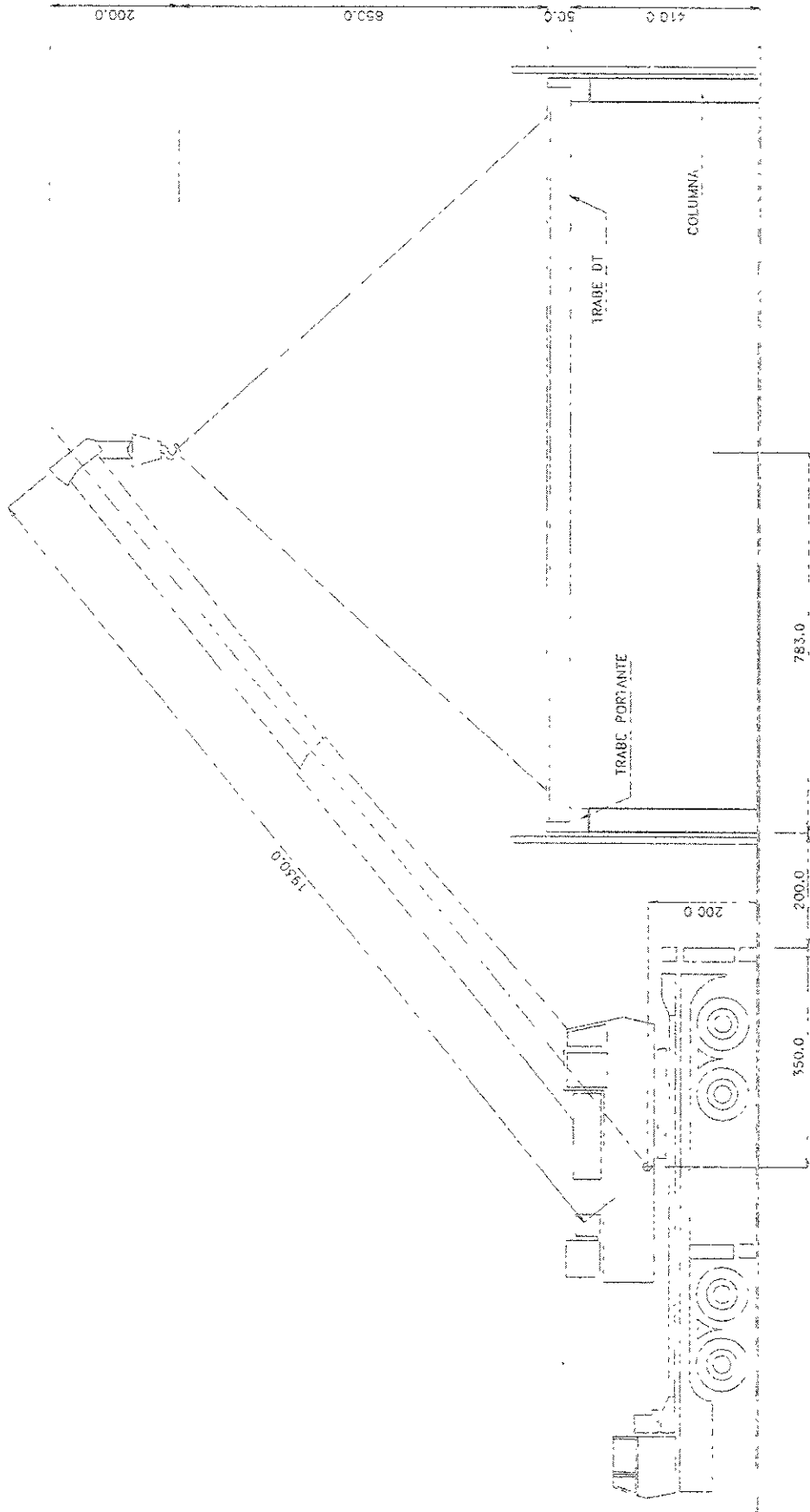
Concluyendo obtenemos que se utilizará una grúa estructural de 75 ton de capacidad, dadas las condiciones de montaje, siendo favorables estas y permitiendo realizar el montaje por dentro de la obra. (Ver croquis de montaje)

#### 4.3.2 MANO DE OBRA.

La mano de obra, es proporcionada por la gente que realiza directamente los trabajos de montaje, es una cuadrilla que coopera con el operador de la grúa llevando a cabo algunas actividades, tanto en la obra como en la base donde se guarda el equipo de montaje.

Esta cuadrilla está conformada por:

- Maniobrista.
- Ayudantes.



F N E P A C A T L A N  
 FERMIN MONDRAGON LEMUS  
 INGENIERIA CIVIL

TESIS

TRABE DOBLE "T" DE CONCRETO PREFORZADO  
 ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA

PLANO ESTRUCTURAL DT 50/300/1565

\* SE REQUIERE DE UNA GRUA DE 75 TON. DE CAPACIDAD PARA ESTAS CONDICIONES

- LONGITUD PLUMA = 19.30 mts
- RADIO DE OPERACION = 13.33 mts
- PESO DOBLE "T" = 10.30 TON.
- ALTURA MAXIMA DE MONTAJE = 4.60 mts.

TABLAS DE CAPACIDAD DE CARGA DE GRUAS 30 TON Y 75 TON

T-300 CAPACIDAD EN TONELADAS								
radio metro	de reversa				de lado			
	longitud de la pluma							
	9.75	14.63	19.51	24.39	9.75	14.63	19.51	24.39
3.50	28.18	20.78	16.57		23.18	20.78	18.57	
4.00	25.05	19.54	16.03		25.06	19.54	16.03	
5.00	20.12	17.36	14.89		19.77	17.33	14.89	
6.00	16.86	15.53	13.71	11.90	15.72	15.49	13.71	9.59
8.00	13.70	12.69	11.13	9.63	9.28	9.08	9.08	9.08
10.00		10.31	8.95	7.84		6.28	6.28	6.28
12.00		7.83	7.30	5.30		4.46	4.46	4.46
14.00			5.89	5.33			3.36	3.36
16.00				4.44				2.47
18.00				3.61				1.82
20.00				2.90				1.31
24.00				2.13				1.08
28.00				1.60				0.60

extensión manual y jib			
extensión manual		jib de 7.62	
mínimo	extensión	ángulo con la pluma	
ángulo de la pluma	(ton) ver grados	0	15
75.00	4.53	2.04	1.18
70.00	3.56	1.45	0.91
65.00	3.06	1.25	0.77
60.00	2.81	1.06	0.55
55.00	2.63	0.93	0.59
50.00	2.40	0.82	0.52
45.00	2.31	0.68	0.45
40.00	2.22		
35.00	2.13		
30.00	1.97		
20.00	1.63		

T-760 CAPACIDAD EN TONELADAS								
radio metro	de reversa				de lado			
	longitud de la pluma							
	10.08	13.72	17.37	21.03	24.69	28.35	32	
3.50	70.34	41.09	37.84					
4.00	62.87	40.09	37.09					
5.00	50.54	37.43	34.53	31.74	24.53			
6.00	41.66	33.88	30.74	27.59	23.64	18.10		
8.00	27.18	26.50	24.46	21.89	19.25	16.59	13.65	
10.00		18.94	18.94	17.96	15.94	13.70	11.57	
12.00			13.34	13.34	13.35	11.31	9.73	
14.00			10.76	10.76	10.76	10.23	8.65	
16.00				8.67	8.67	8.67	7.71	
18.00					7.03	7.03	6.91	
20.00					5.80	5.80	5.80	
22.00						4.72	4.72	
24.00						3.80	3.80	
30.00							2.00	

extensión manual y jib				
án- gu lo	jib de 8.23 mt		jib de 13.72 mt	
	inclinado		inclinado	
	0	30	0	30
75	4.53	2.36	2.27	1.72
73	4.08	2.31	2.03	1.63
69	3.62	2.24	1.81	1.47
66	3.31	2.20	1.68	1.36
63	3.08	2.15	1.56	1.31
60	2.94	2.13	1.45	1.22
55	2.72	2.06	1.31	1.13
50	2.49	1.99	1.22	1.04
40	2.27	1.88	1.13	0.95
35	2.13	1.81	1.09	0.91

TABLAS DE CAPACIDAD DE CARGA DE GRUAS 30 TON Y 75 TON

T-300 CAPACIDAD EN TONELADAS								
radio metro	de reversa				de lado			
	longitud de la pluma							
	9.73	14.63	19.51	24.38	9.73	14.63	19.51	24.38
3.50	28.18	20.78	12.57		26.18	20.78	16.57	
4.00	25.06	19.54	16.03		25.06	19.54	16.03	
5.00	20.12	17.38	14.89		19.77	17.38	14.89	
6.00	16.86	15.58	13.71	11.90	15.72	15.49	13.71	9.69
8.00	13.70	12.89	11.15	9.63	8.29	9.08	9.08	9.08
10.00		10.31	9.85	7.84		6.28	6.28	6.28
12.00		7.93	7.30	5.50		4.46	4.46	4.46
14.00			5.89	5.33			5.36	5.36
16.00				4.44				2.47
18.00				3.51				1.82
20.00				2.90				1.31
24.00				2.13				1.08
28.00				1.60				0.60

extensión manual y jib			
extensión manual		jib de 7.62	
mínimo	extendida	ángulo con la pluma	
ángulo de la pluma	(ton) ver grados	0	15
75.00	4.53	2.04	1.18
70.00	3.58	1.45	0.91
65.00	3.06	1.25	0.77
60.00	2.81	1.03	0.55
55.00	2.63	0.93	0.59
50.00	2.43	0.82	0.52
45.00	2.31	0.68	0.45
40.00	2.22		
35.00	2.13		
30.00	1.97		
20.00	1.63		

T-750 CAPACIDAD EN TONELADAS								
radio metro	de reversa				de lado			
	longitud de la pluma							
	10.38	13.72	17.37	21.03	24.69	28.35	32	
3.50	70.34	41.09	37.84					
4.00	62.87	40.09	37.09					
5.00	50.54	37.43	34.53	31.74	24.53			
6.00	41.66	33.88	30.74	27.59	23.64	18.10		
8.00	27.18	26.50	24.46	21.89	19.25	16.59	13.65	
10.00		18.94	18.94	17.96	15.94	13.70	11.57	
12.00			13.34	13.34	13.35	11.31	9.73	
14.00			10.76	10.76	10.76	10.29	8.65	
16.00				8.67	8.67	8.67	7.71	
18.00					7.03	7.03	6.91	
20.00					5.80	5.80	5.80	
22.00						4.72	4.72	
24.00						3.80	3.80	
30.00							2.00	

extensión manual y jib				
án- gu- lo	jib de 8.23 mt		jib de 13.72 mt	
	inclinado		inclinado	
	0	30	0	30
75	4.53	2.36	2.27	1.72
73	4.08	2.31	2.08	1.63
69	3.62	2.24	1.81	1.47
66	3.31	2.20	1.66	1.36
63	3.03	2.15	1.56	1.31
60	2.94	2.13	1.45	1.22
55	2.72	2.06	1.31	1.13
50	2.48	1.93	1.22	1.04
40	2.27	1.88	1.13	0.95
35	2.13	1.81	1.09	0.91

El operador de la grúa es una persona independiente, no forma parte directa de la cuadrilla, aunque depende de cierta forma de esta para las maniobras de montaje.

Se describe a grandes rasgos el perfil y actividades de cada uno de los integrantes que intervienen en el montaje:

- Maniobrista:

\* Nivel educativo:

Deberá contar con la primaria como mínimo, es decir saber leer y escribir, aunque es deseable un nivel académico más alto.

\* Don de mando:

Con la capacidad de poder comprender las tareas a ejecutar y coordinar a la gente que está bajo su mando incluso al operador de grúa.

\* Estratega:

Que tenga los conocimientos necesarios para poder organizar una maniobra en la que se requiera no solo de colocar al elemento en su posición final si no que al enfrentarse con problemas tenga la capacidad de resolverlos sin necesidad de recurrir al ingeniero residente.

\* Conocer el equipo de montaje:

Deberá conocer a grandes rasgos los tipos de grúas así como su capacidad, esto con la finalidad de optimizar su trabajo y las maniobras.

\* Conocer las herramientas de maniobras:

Deberá conocer la totalidad de las herramientas utilizadas en las maniobras, así como el funcionamiento de cada una de ellas y capacidades.

\* Conocer las señales de maniobra:

Deberá conocer el lenguaje de maniobras, es decir las señales utilizadas en las maniobras ya que como su profesión lo indica es maniobrista y él es el responsable de que la maniobra de montaje tenga un buen final, ya que debe guiar al operador de la grúa.

\* Saber leer los planos de montaje.

\* Responsable:

Deberá tener sentido de responsabilidad y tomar muy en serio su papel, ya que de él dependerá si se realiza correctamente o no las maniobras.

\* Aseo personal:

Deberá ser cuidadoso de su aspecto personal, procurando una imagen limpia y saludable.

Las actividades que desarrolla el maniobrista son:



- \* Seleccionar la herramienta a utilizar en el montaje de la obra próxima a realizar.
- \* Se encarga del acomodo de la grúa en el lugar de las maniobras.
- \* Emite la señales de maniobras al operador de la grúa, es decir guía todas las maniobras de montaje.
- \* Es el responsable de la correcta colocación de los elementos en el lugar correspondiente, basándose en el plano de montaje, en conjunto con el ingeniero residente.
- \* En el caso de la grúa estructural, es el responsable del armado de la pluma.

- Ayudante:

\* Nivel educativo:

Deberá contar con la primaria como mínimo, es decir saber leer y escribir, aunque es deseable un nivel académico mas alto.

\* Atento:

Con la capacidad de poder comprender las tareas a ejecutar.

\* Inteligente:

Con la capacidad necesaria para poder aprender y conocer todas las herramientas que se utilizan en el medio de la construcción y de los montajes, así como poder identificar los tipos de grúas y su capacidad.

\* Conocer el equipo de montaje:

Deberá conocer a grandes rasgos los tipos de grúas así como su capacidad, esto con la finalidad de optimizar su trabajo y las maniobras.

\* Conocer las herramientas de maniobras:

Deberá conocer la totalidad de las herramientas utilizadas en las maniobras, así como el funcionamiento de cada una de ellas y capacidades.

\* Responsable:

Deberá tener sentido de responsabilidad ya que es parte de un equipo y no por tener el puesto mas modesto menosprecie sus actividades y compromisos correspondientes.

\* Aseo personal:

Deberá ser cuidadoso de su aspecto personal, procurando una imagen limpia y saludable.

Las actividades que desarrolla el maniobrista son:

- \* Seleccionar físicamente la herramienta a utilizar en el montaje de la obra próxima a realizar.

\* Se encarga de ayudar al acomodo de la grúa en el lugar de las maniobras.

\* Realiza todas las actividades necesarias indicadas por el maniobrista durante el trabajo de montaje.

\* Es el responsable de la correcta colocación de los elementos en el lugar correspondiente, basándose en el plano de montaje, en conjunto con el ingeniero residente.

\* En el caso de la grúa estructural, el armado de la piuma es una actividad primordial a realizar por esta persona.

- Operador de grúa:

\* Nivel educativo:

Deberá contar con la secundaria como mínimo, aunque es deseable un nivel técnico operador de equipo pesado.

\* Conocer el equipo de montaje:

Deberá conocer los tipos de grúas así como su capacidad, y sobre todo conocer perfectamente su grúa, esto con la finalidad de optimizar su trabajo y las maniobras.

\* Conocer las herramientas de maniobras:

Deberá conocer la totalidad de las herramientas utilizadas en las maniobras, así como el funcionamiento de cada una de ellas y capacidades.

\* Conocer las señales de maniobra:

Deberá conocer el lenguaje de maniobras, es decir las señales utilizadas en las maniobras ya que es el lenguaje utilizado durante el trabajo a realizar.

\* Saber leer los planos de montaje.

\* Conocer los elementos y el comportamiento de los mismos, puesto que él será el encargado de moverlos con su grúa, y así evitará el someterlos a esfuerzos que los pueda perjudicar estructuralmente.

\* Responsable:

Deberá tener sentido de responsabilidad y no tomar bebidas embriagantes ni medicamentos que contengan droga, ya que pudiera provocar accidentes lamentables.

\* Aseo personal:

Deberá ser cuidadoso de su aspecto personal, procurando una imagen limpia y saludable.

\* Tener carácter para los riesgos de las maniobras:

Deberá tener nervios de acero, pues se puede enfrentar a retos muy delicados y con riesgos,

deberá tener muy en cuenta que siempre hay peligros en las maniobras.

\* Estar en perfecto estado de salud.

Las actividades que desarrolla el operador de grúa son:

\* Revisar todos los días su unidad, que esta se encuentre en buenas condiciones antes de salir a realizar cualquier trabajo.

\* Conocer los elementos a mover con el equipo.

\* Estudiar la estrategia de montaje a utilizar.

\* Una vez preparado, partir al lugar de la obra y hacer los preparativos para iniciar el trabajo.

\* Mover los controles de su grúa, es decir operar la grúa como se lo indica el manioorista y de acuerdo a lo que vea durante el trabajo.

#### 4.3.3 SEGURIDAD.

El montaje de estructuras puede ser una ocupación peligrosa. Una persona para éste tipo de trabajo necesita tener nervios firmes, salud y capacidad para realizar operaciones aún en circunstancias difíciles; cada operación presenta sus propios problemas ya que por lo general no existen obras iguales; por lo tanto, es imposible establecer reglas exactas para controlar las medidas de seguridad.

La buena salud es una necesidad muy importante para el trabajador de montaje, por lo que debe regular con cuidado sus hábitos de vida para mantenerse en buena condición física. Puede estar expuesto a toda clase de condiciones climatológicas, por lo que debe considerar con cuidado la importancia que tiene un vestuario adecuado, que le suministre protección suficiente sin impedir sus movimientos.

La seguridad para el trabajador, así como para los que intervengan en la misma operación, no sólo dependen del buen juicio de su supervisor, sino también de cada individuo.

Estas reglas han sido preparadas como una ayuda para evitar los accidentes, y están basadas no solo en las experiencia obtenida en el montaje de estructuras a través de muchos años, si no también en los registros de compañías que han hecho cumplir las normas de seguridad a lo largo de periodos considerables, con resultados excelentes.

- Requisitos que deben satisfacer la calidad del montaje:

Al construir hace falta cumplir los requisitos de recepción, de almacenamiento, de preparación para la elevación (montaje) y los requisitos que plantea la tecnología del montaje de los elementos.

El control de calidad del montaje se empieza en la etapa de la recepción de los elementos. En el curso de la recepción de los elementos suministrados a la obra en construcción, es necesario verificar sus datos del certificado técnico y hacer la inspección exterior. El aspecto exterior y las dimensiones de los artículos han de corresponder a los requisitos de proyecto y no deben tener desviaciones que superen las admisibles según las normas y reglas de construcción.

En el almacén hace falta preservar los artículos contra los deterioros; inspeccionarlos, limpiarlos, sobre todo las piezas insertadas y los lugares de unión, comprobar de manera selectiva, la correspondencia de las dimensiones de los artículos a las diseñadas y la disposición correcta de los elementos de fijación (ranuras, orificios, piezas insertadas o soldadas); preocuparse del enganche y de la elevación correcta de las estructuras.

En el proceso de montaje de las estructuras debe garantizarse la seguridad de todos los que trabajan en la zona de acción de los mecanismos elevadores y de instalación de las estructuras. Por lo que han de cumplirse los requisitos de la tecnología de instalación, de la fijación provisional, de la verificación y de la sujeción permanente de los elementos. Para esto los trabajos se llevan a cabo por medio de los métodos y la sucesión tecnológica provistos por el diseño de realización de los trabajos de montaje. Ante todo se asegura la disposición y el almacenamiento correcto de las estructuras (en el caso que sea dentro de la obra), así como de los dispositivos de montaje y las herramientas; en los lugares necesarios se instalan indicadores y cercas alrededor de las zonas peligrosas, inscripciones y señales que advierten peligro o prohíben el movimiento.

El control de calidad de la instalación y la fijación de los elementos en la posición diseñada se asegura, controlando la posición de los elementos según sus ejes con el trazo de los ejes generales y con los puntos de fijación, así como las uniones entre los elementos.

Durante el montaje de los elementos tanto en cubierta como en entresijos, hace falta verificar con una atención especial (durante el proceso de montaje y la recepción de los trabajos cumplidos) la correspondencia de las partes de apoyo en las vigas, las losas de los entresijos y otros elementos es menor que el diseñado, entonces surgirá el peligro de cizallamiento del concreto en las aristas de las estructuras y la amenaza de su derrumbe.

Existen algunas normas de seguridad referente a la construcción, empleando elementos de acero y prefabricados de concreto. A continuación se presentan algunas de las normas más importantes:

\* Se debe ser siempre cuidadoso, utilizando el buen juicio y la prudencia al realizar el trabajo, para protegerse personalmente y a los demás contra lesiones, ya sea que las acciones necesarias estén o no incluidas en las normas de seguridad.

\* Los obreros deben recibir una instrucción de introducción de la técnica de seguridad directamente en el puesto de trabajo. Además de la instrucción de los obreros ocupados en los trabajos de montaje deben aprender durante el primer mes de su trabajo los procedimientos seguros de montaje según un programa especial.

- \* Los hombres que trabajen en lugares altos tienen que llevar calzado de suela de goma para hacer que el trabajo en las alturas sea más cómodo y más seguro. No pueden ser apremiados cuando trabajen en lugares altos y deben llevar siempre cinturón de seguridad y sujetarse en algún punto fijo, siempre y cuando sea posible.
- \* Usar casco.
- \* Los hombres que trabajen en lugares altos, deben de permanecer con toda su atención continua, prohibiéndoseles alardes. Si es posible evitar trabajos nocturnos; pero si es inevitable, todas las áreas de trabajo deben estar iluminadas adecuadamente.
- \* Cuando se introduzca un nuevo tipo de estructura prefabricada, el proyectista se ve obligado a dar una descripción técnica del trabajo de elevación.
- \* Para columnas de concreto armado y estructuras de acero, el diseño debe contener los datos necesarios referentes a la sujeción por cables y el arriostamiento provisional de estas estructuras.
- \* Las diversas fases del trabajo de elevación pueden ejecutarse únicamente por operarios capacitados, que estén bien entrenados en sus respectivos trabajos.
- \* Antes de comenzar los trabajos de montaje se examina sistemáticamente los dispositivos a emplear.
- \* Antes de elevar los elementos se comprueba la seguridad de la fijación de los lazos de montaje y las piezas insertadas, y la calidad de los artículos en conjunto; los artículos con defecto no deben montarse.
- \* Durante el montaje de las estructuras se puede acercar a éstos y empezar su colocación en la posición diseñada sólo después de que el elemento esté bajado a una distancia no superior a 30 cm del lugar de su instalación.
- \* Deben usarse sólo aquellos dispositivos agarraderos de carga que se destinan para la carga dada.
- \* El operario de eslingas debe guiarse por las reglas siguientes: nunca debe usarse un dispositivo agarrador de carga, si hay la menor duda de su buen estado y no se debe tratar de reparar por su propia iniciativa los dispositivos deteriorados.
- \* Los cables de sujeción deben de estar dimensionados para soportar la carga de viento y el 10% del peso de la pieza sujeta.
- \* Los cables de sujeción pueden sujetarse a piezas que descansen sobre el terreno únicamente si la fuerza de anclaje correspondiente no excede de la cuarta parte de su peso.
- \* Durante el montaje desde los medios de transporte los elementos se levantan a la altura de 20 a 30 cm, para comprobar la seguridad de los dispositivos de levante y la fijación segura de los lazos

de montaje, después de lo cual los aparejadores se bajan desde las plataformas de los camiones y se continúa la elevación de la pieza.

- \* Cuando los elementos se descargan de los medios de transporte el chofer ha de salir de la cabina.
- \* Se prohíbe que los trabajadores estén sobre las piezas durante su elevación.
- \* Para la colocación del arriostamiento de las piezas, debe proveerse un andamio seguro, debiendo tomar las medidas necesarias para asegurar al andamio sin peligro.
- \* Las piezas no pueden cargarse antes de que estén definitivamente fijadas.
- \* La fijación total de las piezas debe realizarse paralelamente a la elevación, si no fuera posible, la fijación debe efectuarse tan pronto como sea posible después de su colocación.
- \* Se prohíbe transportar con las grúas, las estructuras por encima del puesto de trabajo de los montadores, así como por encima de la parte abarcada en la cual se llevan a cabo otros trabajos de construcción.
- \* Es preciso instalar los elementos sin choques, no permitiendo los golpes contra otras estructuras.
- \* Elementos instalados se liberan de las eslingas sólo después de fijarlos con seguridad (en forma permanente o provisional).
- \* No se permite dejar temporalmente los elementos sobre el piso (sólo en caso necesario), así como poner los dispositivos y herramientas de montaje en las vigas de la estructura o el borde del entrepiso.
- \* En tiempos de lluvia la elevación está absolutamente prohibida.
- \* Los elementos se almacenan en los lugares previstos por el plan general de construcción del proyecto para realizar los trabajos.
- \* Las zonas peligrosas de trabajo para los transeúntes se cercan y se equipan con señales de precaución bien visibles.

#### 4.4 CASO ESPECIFICO

Para el caso específico, hablaremos de un comedor, en el cual se colarán las columnas en el lugar y se usarán traveses portantes prefabricadas de concreto armado y como cubierta, elementos Doble T pretensadas, (elemento de particular interés para los fines de esta tesis) con las siguientes características del proyecto:

(Ver reporte gráfico).

ANCHO = 16.20 MT  
LARGO = 36.00 MT  
CARGA DE DISEÑO = 100 kg/cm<sup>2</sup>

#### Consideraciones:

- Se considerará una pendiente según el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal de 4%,

- Se realizó una distribución de elementos de acuerdo al proyecto arquitectónico y se utilizarán 12 trabes Doble T de las siguientes dimensiones:

Peralte	50	cm
Ancho	300	cm
Longitud	1564	cm

- De acuerdo a la geometría del elemento se obtienen las características geométricas necesarias para realizar el diseño de presfuerzo, analizando al elemento tipo.

- El diseño se realizó con el método de los esfuerzos permisibles, descrito en el desarrollo del capítulo II. de esta tesis.

Ver memoria de cálculo no 2, Diseño de trabe Doble T de 50/300/1564, y planos estructurales.

La fabricación de estos elementos, se llevó a cabo una vez teniendo los planos estructurales autorizados para su producción.

#### Descripción breve de la fabricación:

- Recepción de planos autorizados para producción.

- Se habilita el acero de refuerzo y paralelamente se hace la limpieza del molde a utilizar.

- Se fabrican las fronteras o tapones metálicos con el acomodo del paso de los torones de presfuerzo.

- Una vez habilitado el acero, se fabrican los preformados de acuerdo a los planos estructurales.

- Se cortan los cables a la longitud de unos 130 mts.

- Una vez terminados los armados para la línea a colar, (en este caso en particular fueron dos líneas y se acomodaron siete piezas en una y cinco piezas en la otra) se introducen y acomodan al molde metálico de doble T, de acuerdo a los trazos marcados previamente.

- El siguiente paso es la colocación de los tapones o fronteras entre elementos y el paso de los

torones.

- Posteriormente se colocan los anclajes en los extremos y se inicia el tensado de los torones con el gato de tensado.
- Al terminar el paso anterior, se tiende la malla electrosoldada de la losa de las vigas doble T, y se realiza una inspección en toda la línea de colado, checando que todo esté de acuerdo a los planos estructurales y corregir si se encuentran anomalías con la finalidad de iniciar el colado.
- Se inicia el vaciado de concreto, mediante camión transportador.
- El acomodo de concreto se realiza con vibradores de inmersión.
- Se hace la prueba de revenimiento y fabricación de los cilindros de concreto al iniciar el colado, en una etapa intermedia y al final del colado de la línea.
- Al término del colado de la losa de cada elemento doble T, se pasa una escoba hecha de torón, sobre la superficie de la misma para darle la rugosidad especificada.
- Se inicia el curado de los elementos mediante vapor, dejando algunos cilindros para la prueba a las doce horas.
- Pasado el tiempo de curado, se sacan los cilindros y se preparan para ensayarlos.
- Obtenida la resistencia del 80% del  $f_c$  del concreto de proyecto en toda la línea, se inicia la transferencia del presfuerzo, cortando los torones uno a uno. Primero en los extremos a la vez y posteriormente entre las piezas coladas.
- Hecha la transferencia, se inicia la extracción (descimbrado), y el estibaje en el patio de almacenamiento.
- Se revisa cada elemento extraído para verificar que no haya sufrido daño y finalmente se limpian con lija para dar el acabado final.

Concluidos estos pasos, se termina el proceso de fabricación de estos elementos.

Transporte:

Para el transporte de estos elementos, de longitud de 15.65 mts, fue necesario utilizar tractocamión con plataformas de extensión o telescópica:

Plataforma telescópica: Longitud de carga de 12 a 18 m, ancho de 2.5 m, superficie de carga a 1.5 m del suelo y capacidad de carga de aproximadamente 30 ton.

- El envío de las trabes doble T, se inicia con la llegada de los trailers a la planta de prefabricados.



- Se coloca el equipo de transporte y de carga al lado de las traveses estibadas en el patio de almacenamiento.
- La cuadrilla de gente, una vez que identificó la herramienta a utilizar para levantar las piezas, las coloca en el gancho de la grúa y en los ganchos de izaje de las traveses y así se inicia el proceso de carga.
- De acuerdo a la longitud requerida, el trailer tiende su plataforma y coloca los topes de seguridad. Según su capacidad de carga, solo acepta tres traveses bien estibadas y amarradas con los dispositivos correspondientes.
- Ya con la carga correspondiente, los trailers salen de la planta e inician su recorrido a la obra.
- Al llegar los trailers a la obra, se coloca en el lugar indicado para proceder al montaje de dichos elementos.
- De esta forma se termina el transporte de los elementos.

(Ver reporte gráfico.)

#### Montaje:

Para el montaje de estos elementos se utilizó una grúa telescópica denominada T-750, de 75 ton de capacidad.

- El cálculo del equipo a utilizar se realizó en el punto IV.3.1, y se analizó para la condición más crítica, con el elemento más pesado, siendo este la trabe doble T, con peso de 10.30 ton y montando desde afuera, concluyendo que se utilizaría una grúa de 75 ton de capacidad operando con :

- Longitud de Pluma:	21.03 mt
- Radio de giro:	14.00 mt
- Capacidad de carga:	10.76 ton

- El plano de montaje que se utilizó para realizar el trabajo, indica el peso, la orientación, la longitud y el ancho de las traveses, siendo en este caso idénticas, así como la altura de colocación de los mismos.

- Se acomodó la grúa en el sitio indicado por el Ing. responsable de las maniobras, para el inicio del montaje.

- Colocado el trailer con la carga, según instrucciones, se inicia el montaje colocando los estrobo y grilletes en los ganchos de izaje de la trabe.

- El operador de la grúa y su cuadrilla de gente, chequean que el centro de los estrobos tensados coincida con el de la trabe.
- Checado los c. g. de ambos, se levanta la pieza a su posición final y se coloca.
- Este es un proceso repetitivo, dada las características de la obra.

En el reporte gráfico se puede apreciar que el montaje se realizó por dentro de la obra ya que se tenían las condiciones propicias para ello, así que la colocación de las trabes fue sin ningún contratiempo, apegándose a las normas de seguridad.

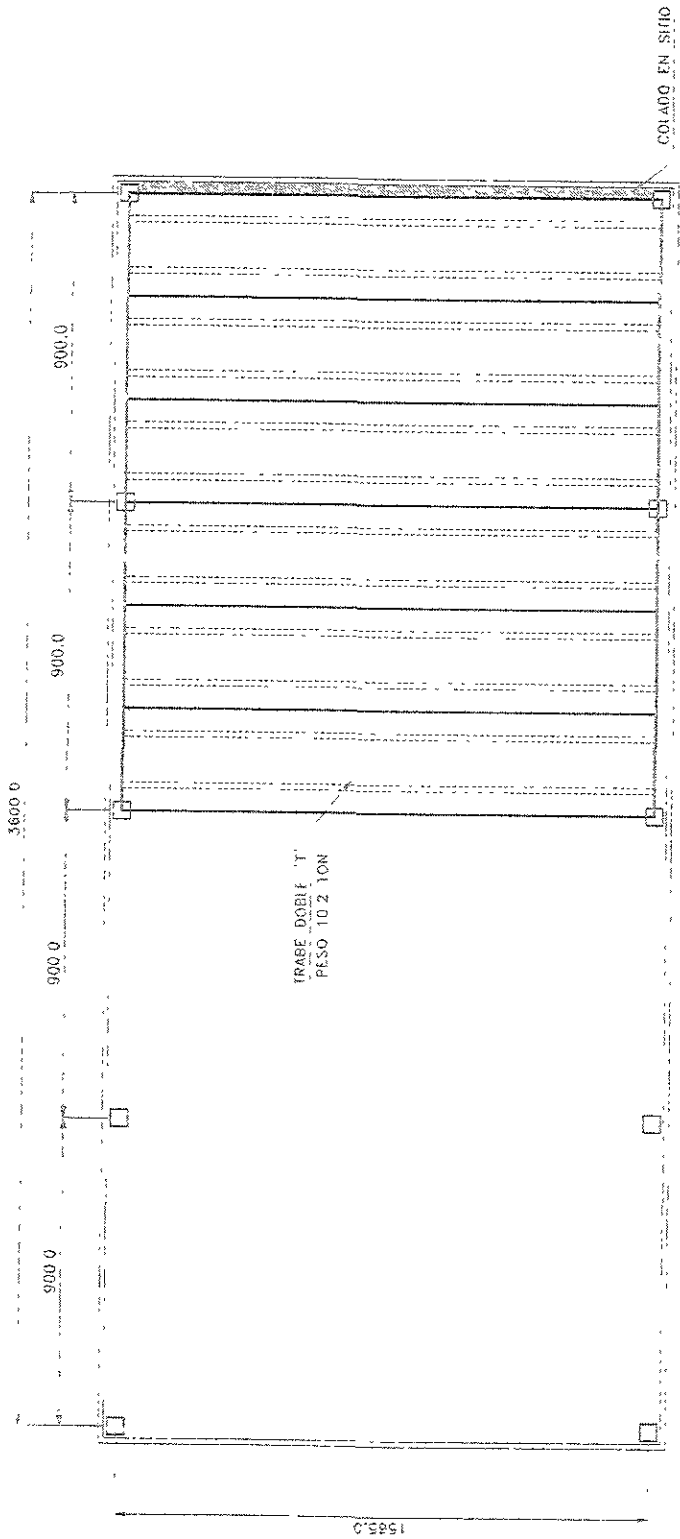
## DESCRIPCIÓN DE GRÁFICAS DE CUBIERTA DOBLE T DE CAMPO MILITAR

\* Plano de montaje.

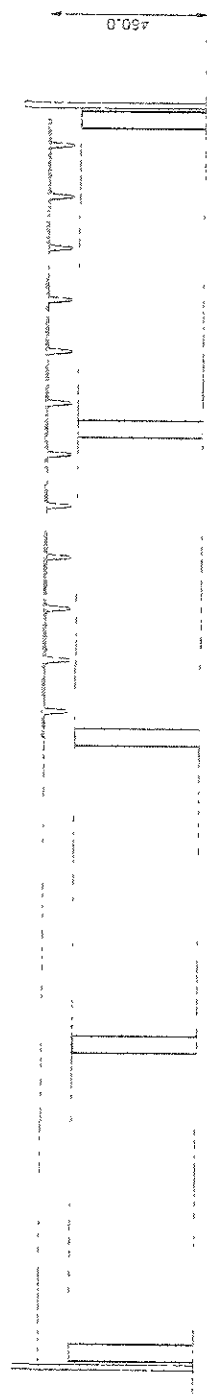
\* Croquis del cálculo de equipo de montaje.

- 1.- Preparación del molde TT y armado de acero.
- 2.- Gato de tensado.
- 3.- Acomodo de armado en el molde.
- 4.- Colado de los elementos.
- 5.- Curado a vapor.
- 6.- Transferencia de presfuerzo.
- 7.- Transporte de elementos doble T, sobre plataforma telescópica.
- 8.- Iniciación del montaje con las traves portantes.
- 9.- Elevación de la primer viga doble T pretensada.
- 10.- Colocación de la primer viga doble T.
- 11.- Avance al 30 % de la colocación de las traves doble T.
- 12.- Elevación de una doble T al 30% de avance del montaje de la losa.
- 13.- Avance al 80 % aproximado del montaje de traves doble T.
- 14.- Elevación de una doble T al 80% de avance de las maniobras.
- 15.- Elevación de la última trabe doble T.
- 16.-Montaje de la última trabe doble T y colocación de losa a base de elementos doble T al 100%.

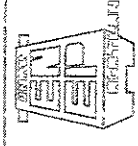
Con esto se da por terminada la obra y se procede al retiro del equipo de transporte y montaje.



PLANTA



CORTE TRANSVERSAL



ENEP ACATLÁN  
FERMIN MONDRAGON ILMUS  
INGENIERIA CIVIL

TESIS

TRABE DOBLE 'T' DE CONCRETO PRESTFORZADO  
ANALISIS, DISENO Y MONTAJE EN OBRA

PLANO ESTRUCTURAL DT 50/300/1565



300.0

SUPERFICIE RUGOSA

17.0

27.0

5.0

50.0

75.0

150.0

75.0

SECCION TRANSVERSAL  
GEOMETRICA

MALLA ELECTROSOLDADA 6x6-6/6

VAR. #3 @20

VAR. #3

40

20

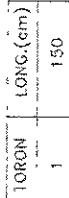
CONEC. SISIM.

F #3

VAR. #3

SECCION TRANSVERSAL  
REFUERZO

4 TORONES  $\phi 1/2"$   
EN CADA NERVIO  
TENSADOS A 13700 kg c/u



PRESFUERZO

NOTIAS:

- 1.- DIMENSIONES EN CM.
- 2.- DESTENSAR CUANDO  $f'_{cs}=280$  kg/cm<sup>2</sup>.
- 3.- LA TRABE PESA 10.3 TON.
- 4.- LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO.
- 5.- EVITAR TRASLAPE AL CENTRO DE LA PZA.
- 6.- FABRICAR 12 PZAS.
- 7.- TABLA DE VARRILLAS VERIFICAR EN PLANTA

MATERIALES:

ACERO DE PRESFUERZO L.E. 4200 kg/cm<sup>2</sup> 752 kg  
 ACERO DE PRESFU. L.U. 1900 kg/cm<sup>2</sup> 62.5 kg  
 CONCRETO  $f'_{cs}=550$  kg/cm<sup>2</sup> 4.3 m<sup>3</sup>  
 MALLA 6x6-6/6 48.6 m<sup>2</sup>



ENEP A C A T L A N  
 FERMIN MONDRAGON LEMUS  
 INGENIERIA CIVIL

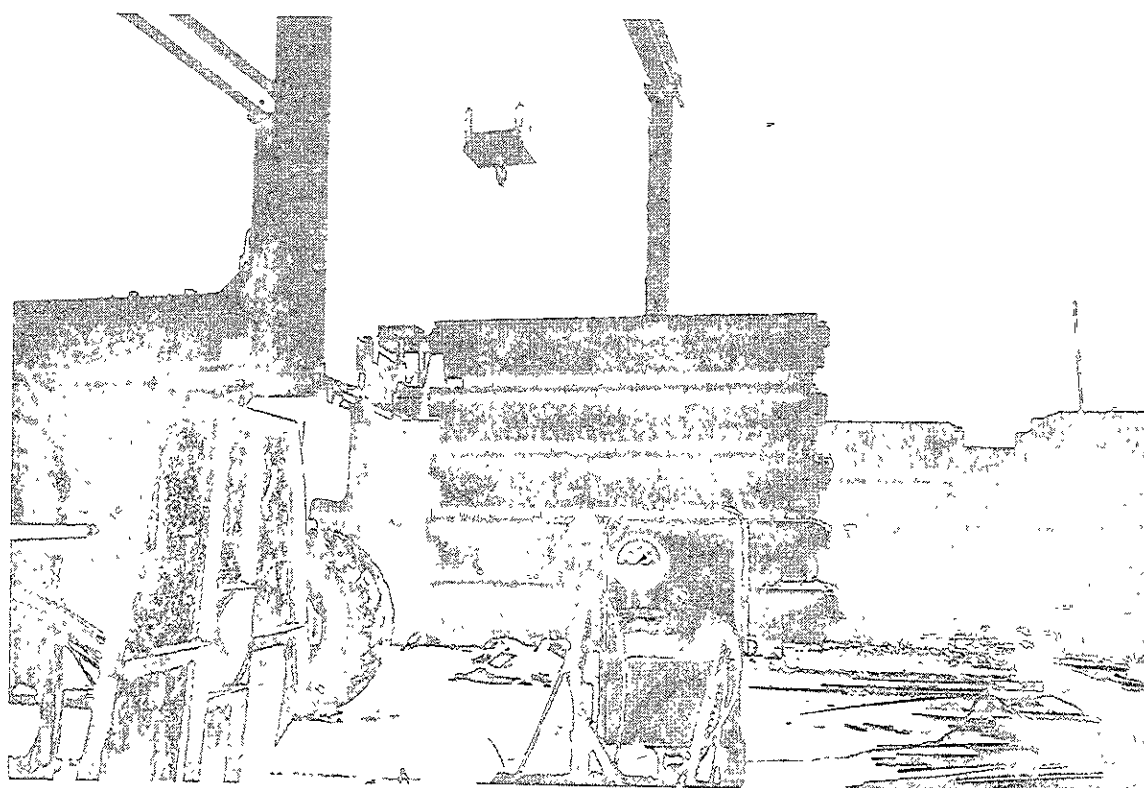
TESIS

TRABE DOBLE "T" DE CONCRETO PREESFUERZADO  
 ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA

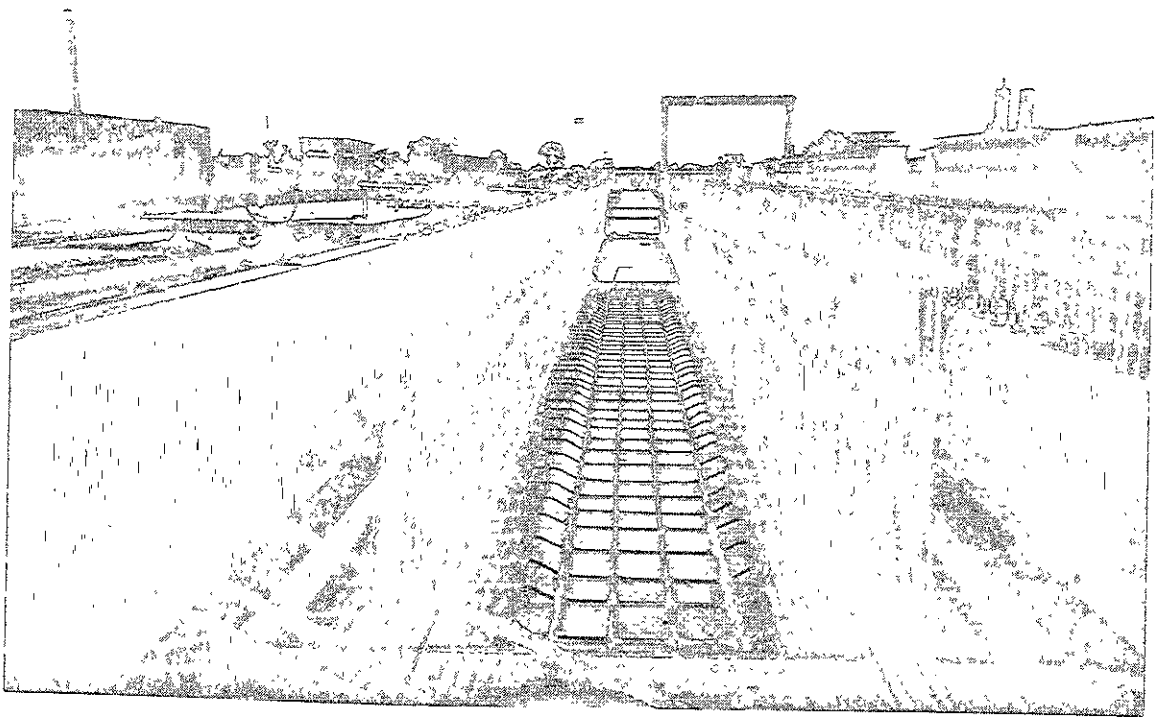
PLANO ESTRUCTURAL DT 50/300/1565



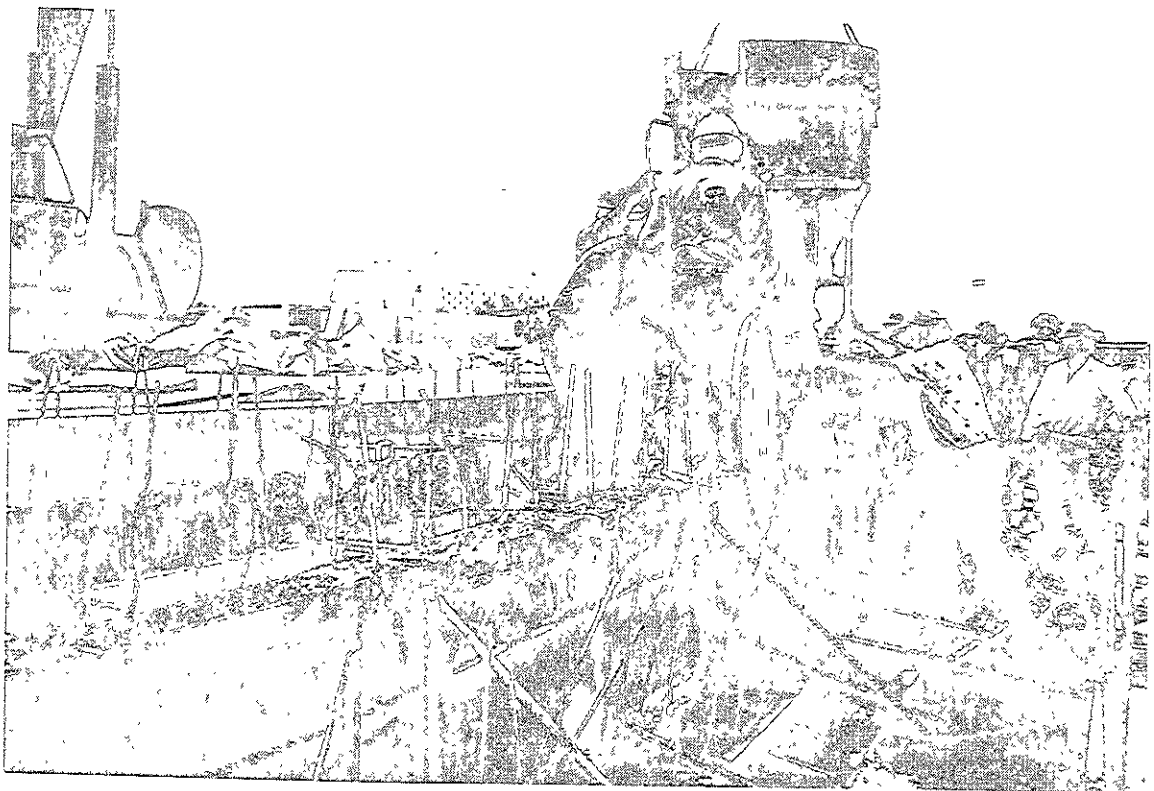
*Fig. 1 Preparación del molde TT y armado de acero*



*Fig. 2 Gato de Tensado*

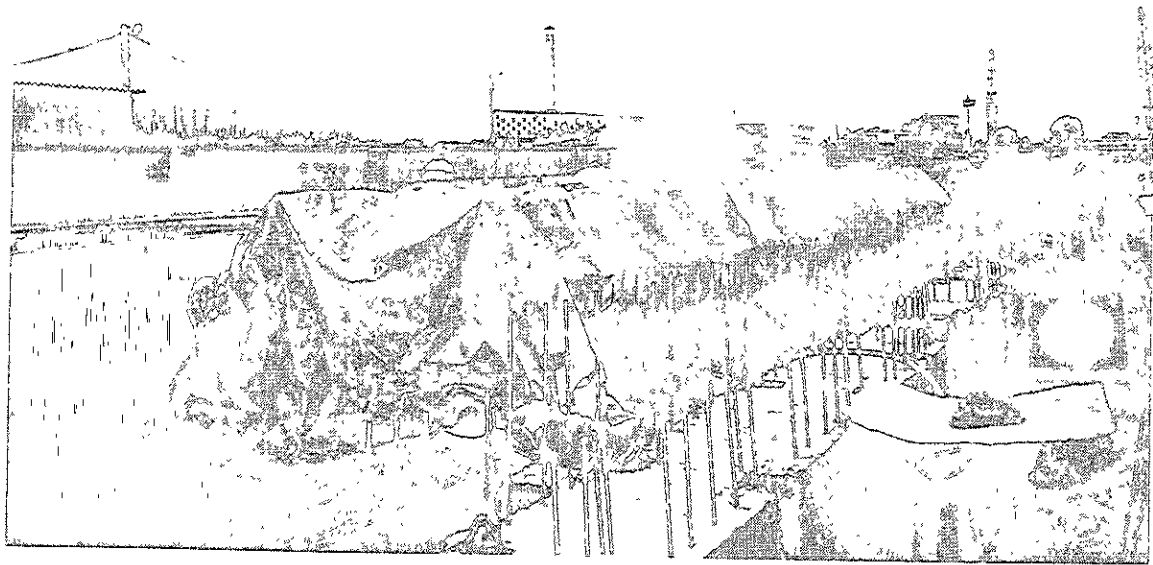


*Fig. 3 Acomodando armado en molde.*



*Fig. 4 Colado de elementos.*

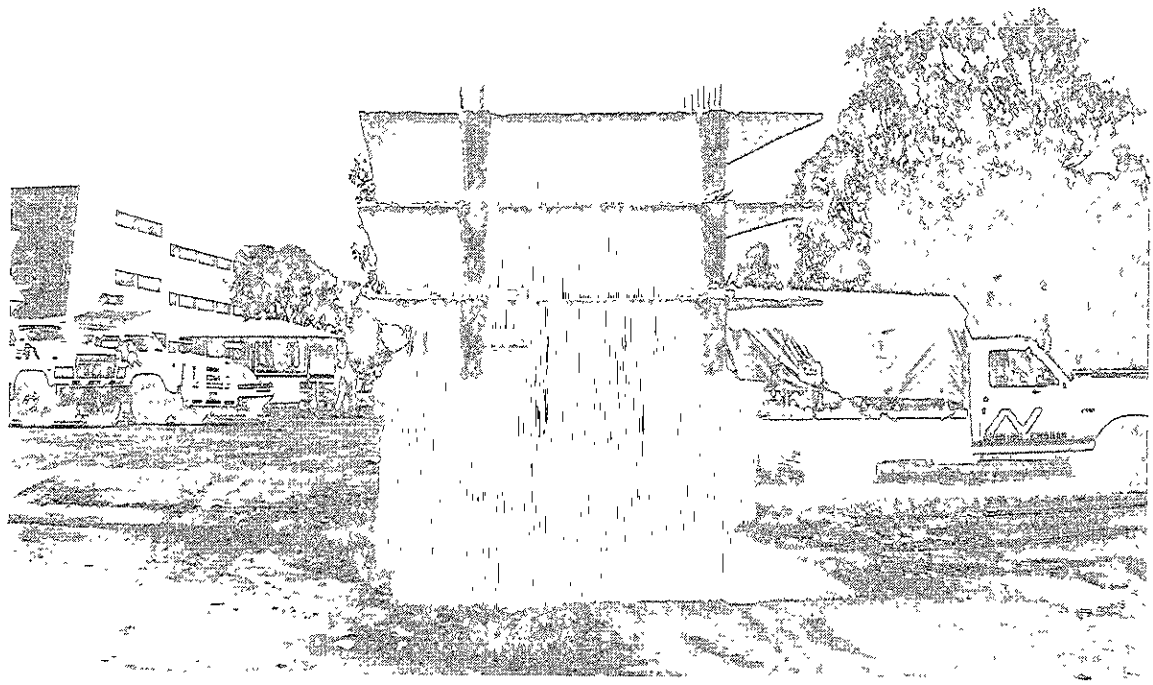




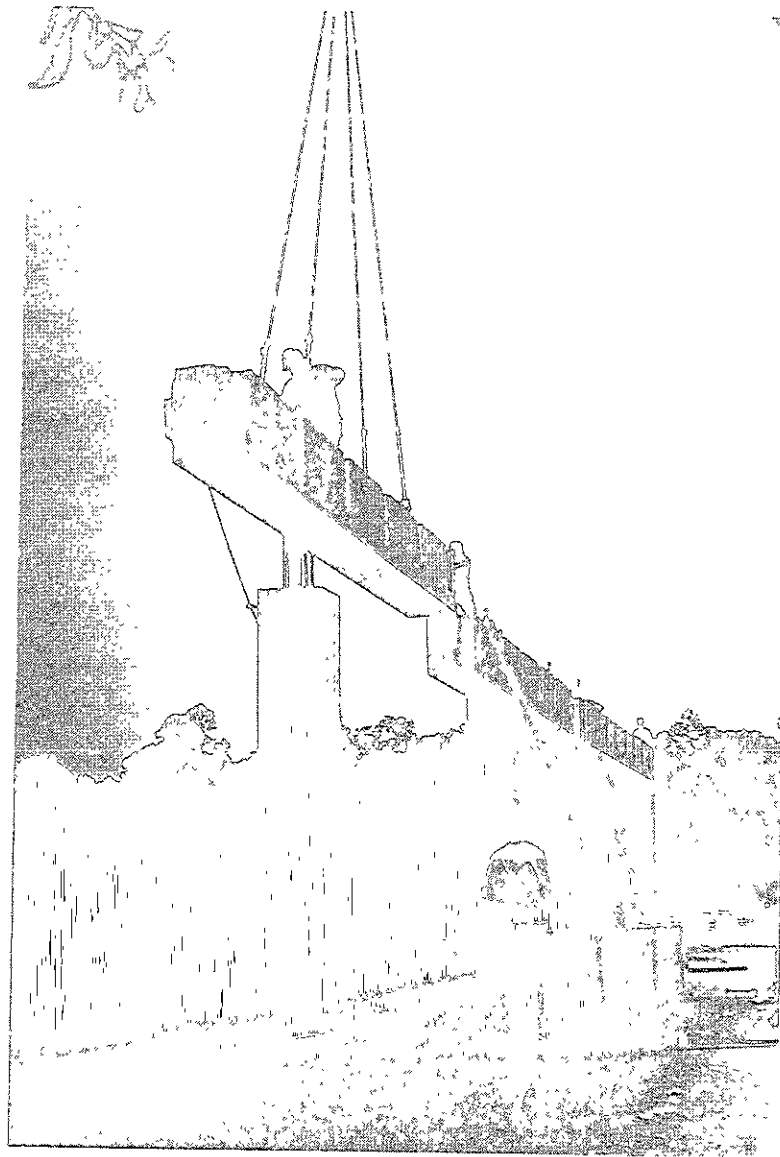
*Fig. 5 Curado a vapor.*



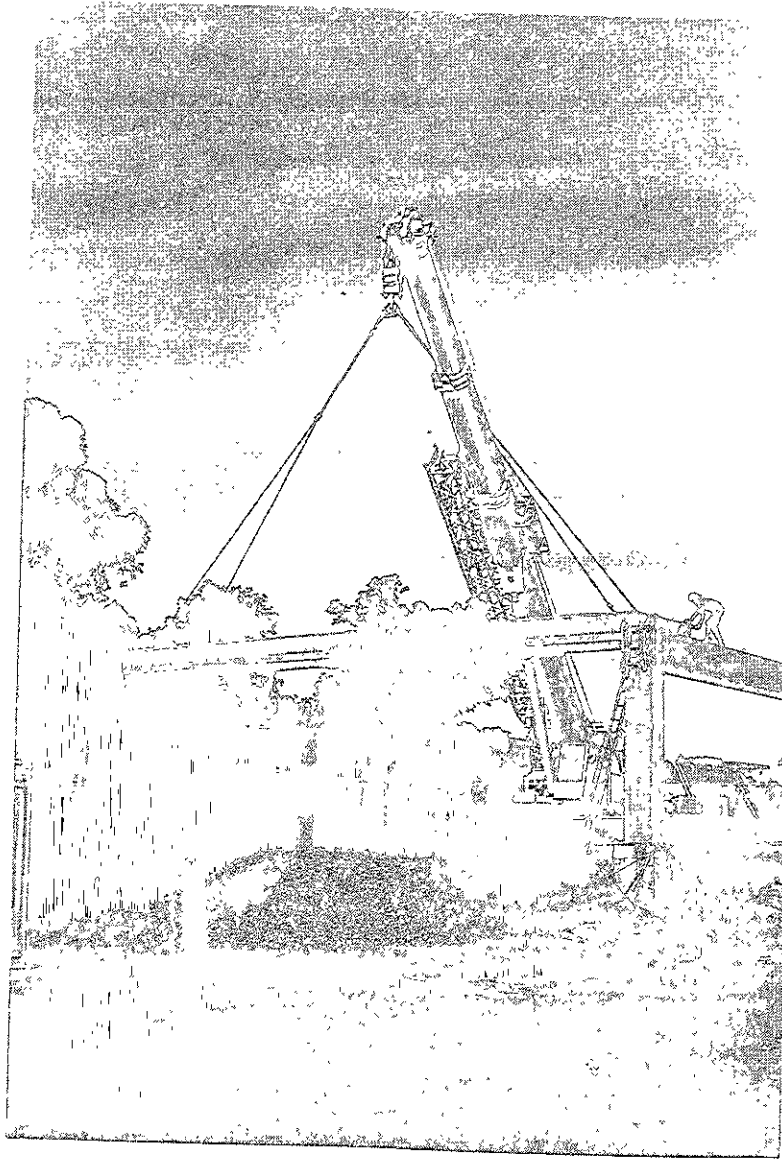
*Fig. 6 Transferencia de presfuerzo.*



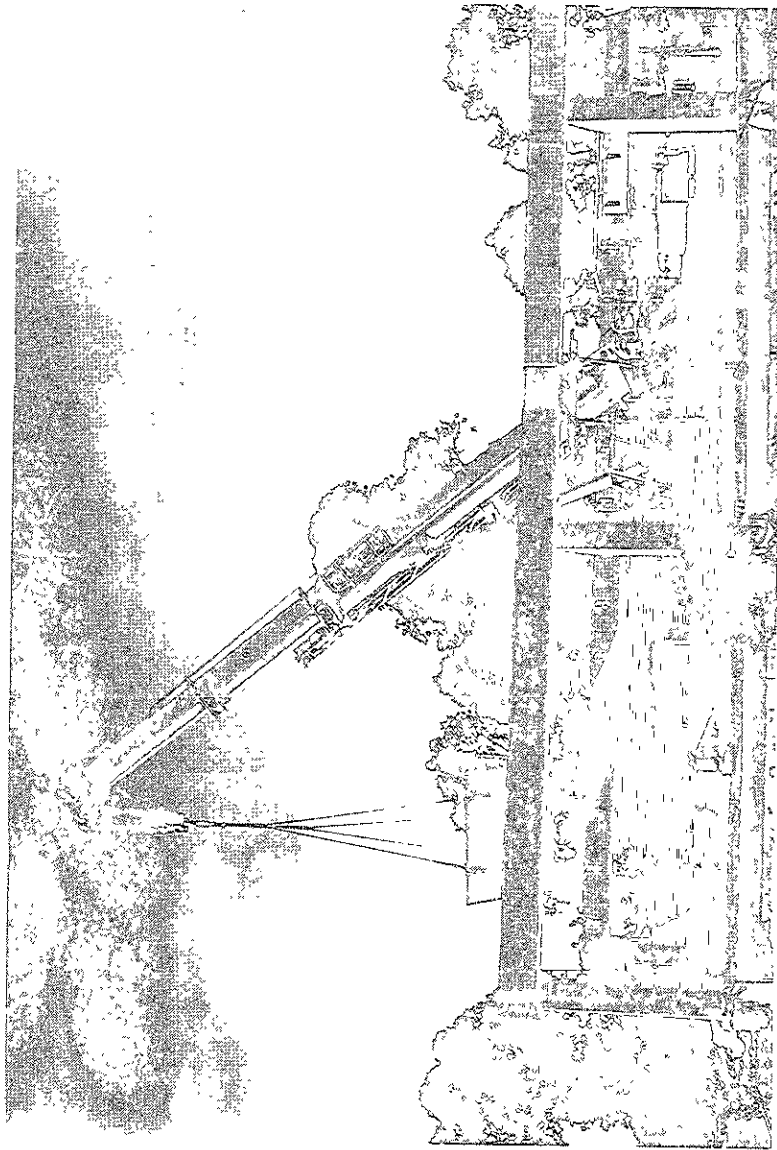
*Fig.7 Transporte de elementos doble T, sobre plataforma telescópica.*



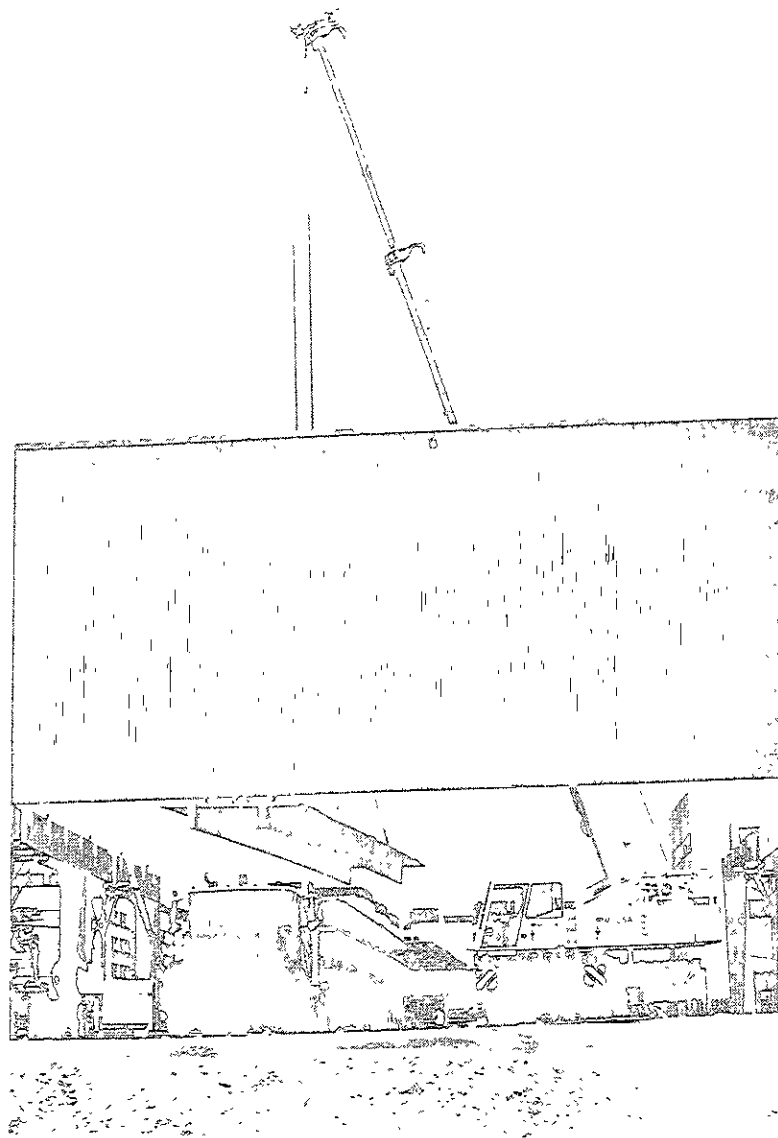
*Fig.8 Iniciación del montaje con las travesportantes.*



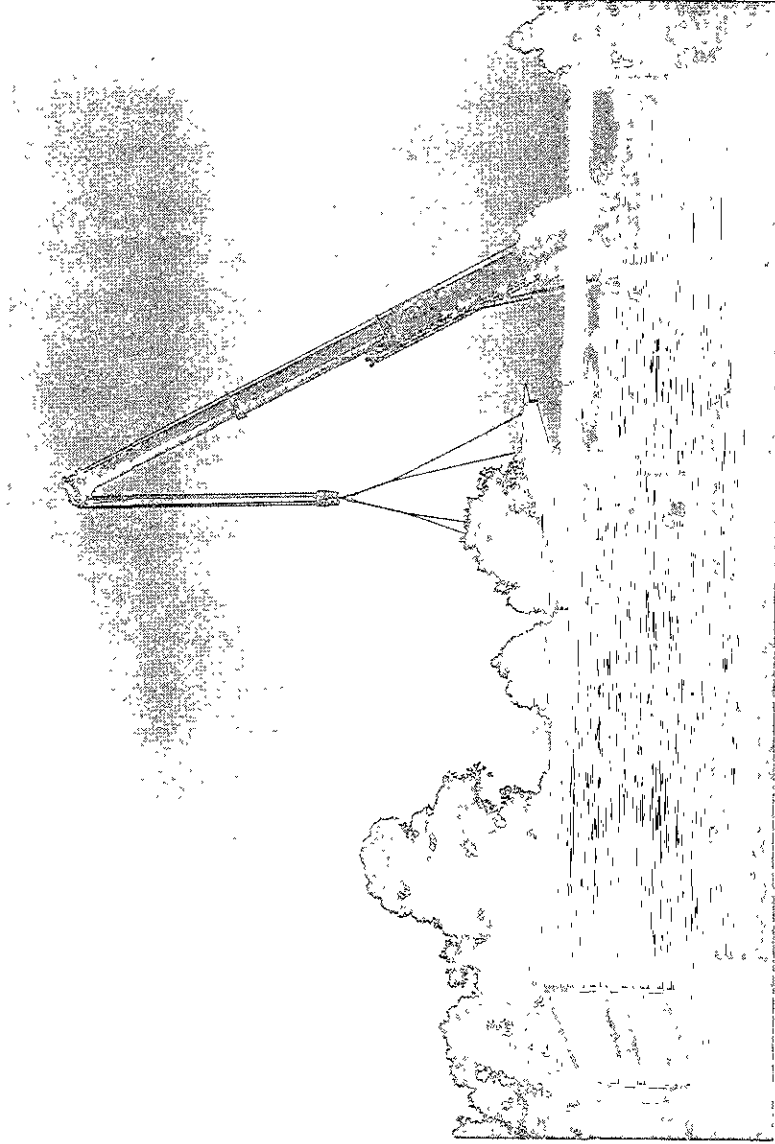
*Fig.9 Elevación de la primera viga doble T pretensada.*



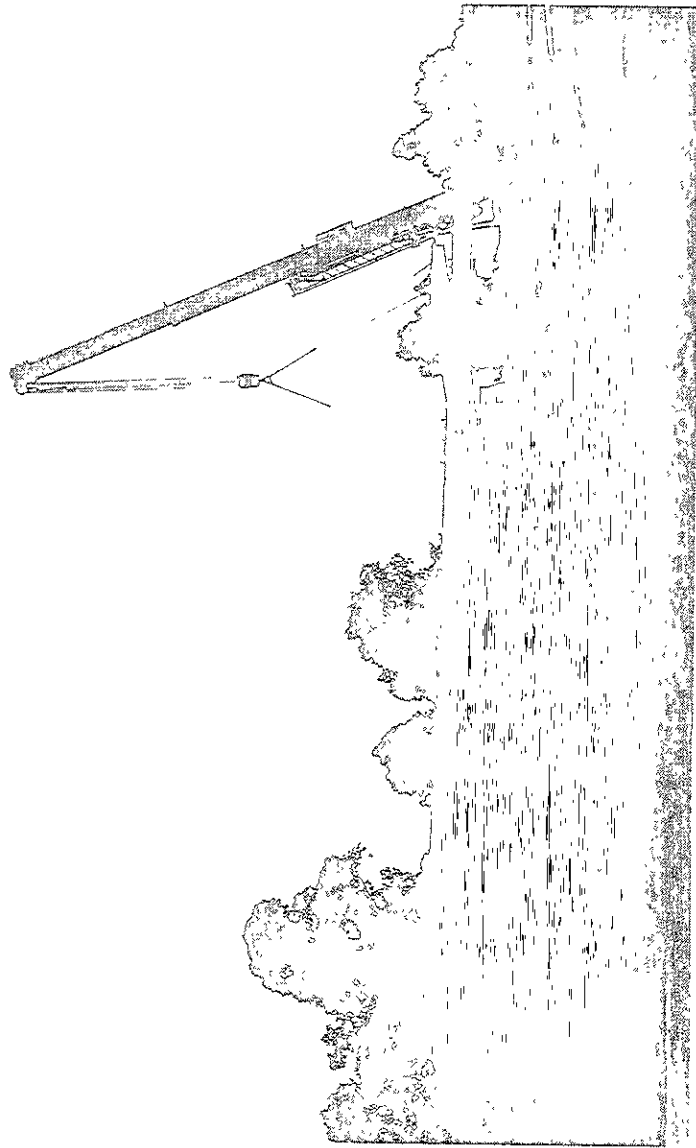
*Fig. 10 Colocación de la primer viga doble T.*



*Fig.11 Avance al 30% de la colocación de las trabes doble T.*

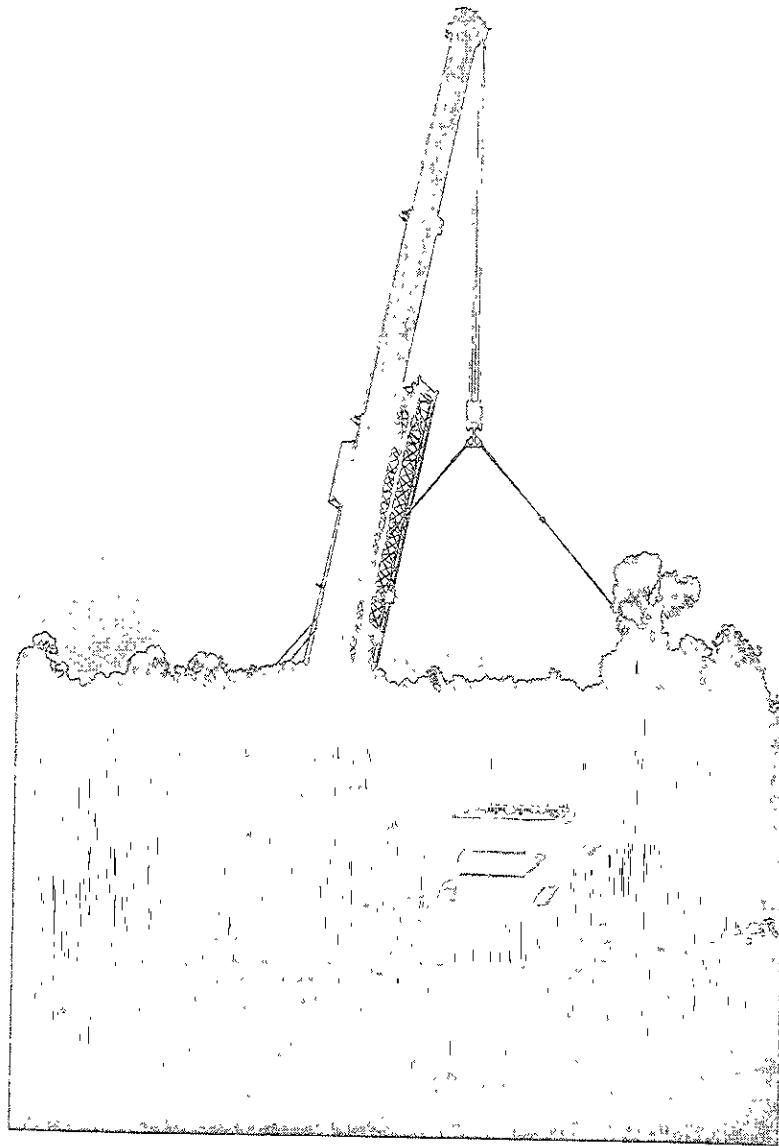


*Fig. 12 Elevación de una doble T al 30% de avance del montaje de la losa.*

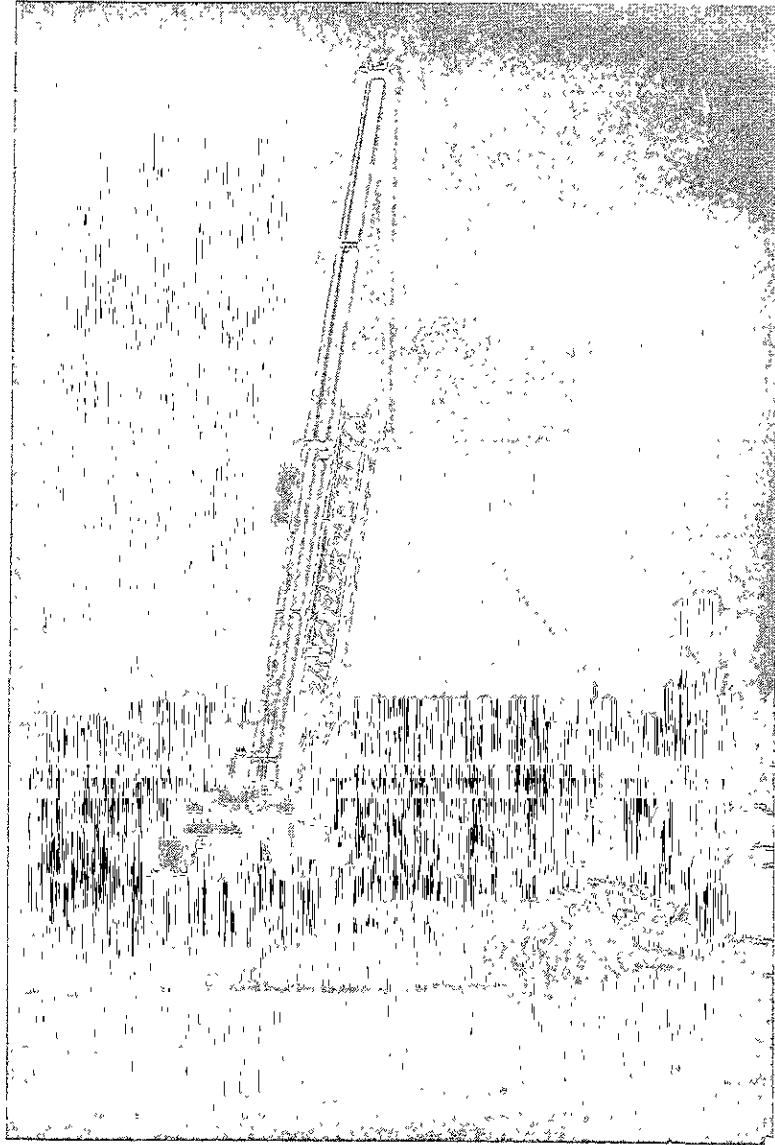


*Fig. 13 Avance al 80% aproximado del montaje de traves doble T*

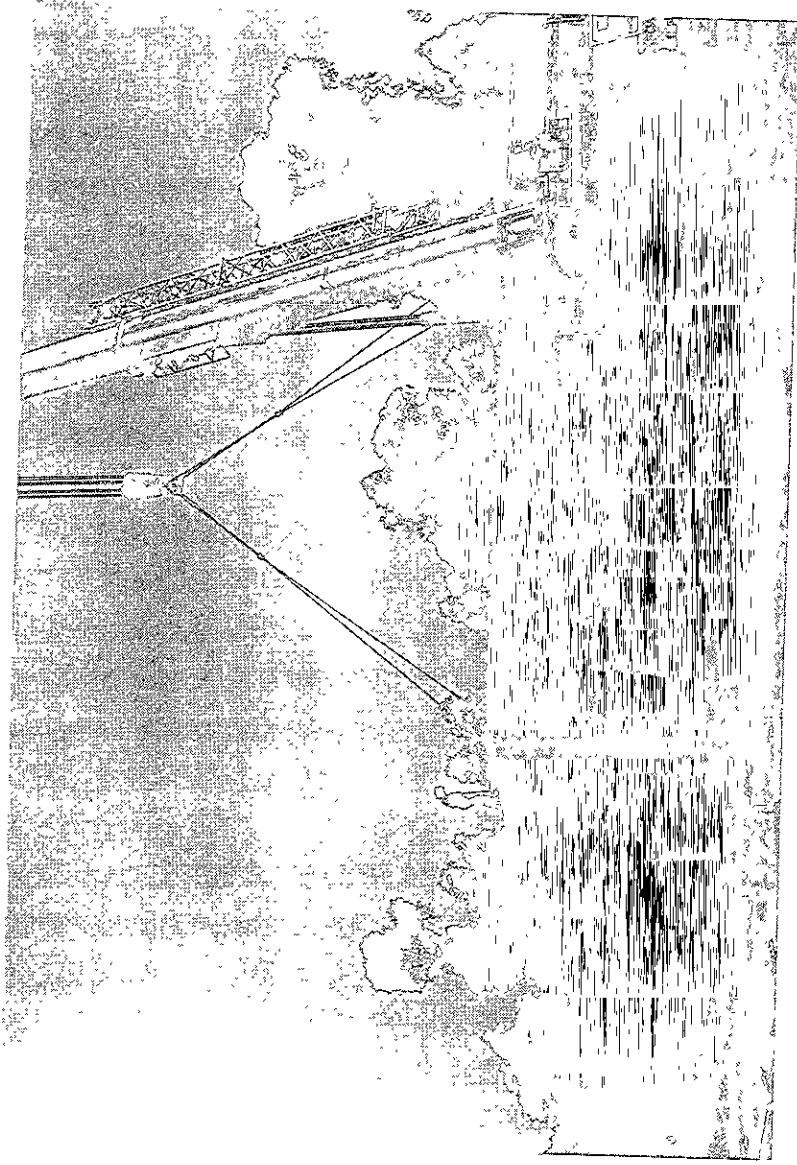




*Fig.14 Elevación de una doble T al 80 % de avance de las maniobras.*



*Fig.15 Elevación de la última trabe doble T.*



*Fig. 16 Montaje de última trabe doble T y colocación de losa a base de elementos doble T al 100%.*

## CONCLUSION

En los últimas décadas se ha observado una marcada tendencia a la sistematización e industrialización de la construcción, debido al creciente costo de los métodos tradicionales. Por esta causa la prefabricación de estructuras de concreto ha prosperado en los países de cierto grado de desarrollo industrial como el nuestro, impulsada unas veces por la necesidad de economizar ciertas materias primas, como el acero y la madera, y otras por la escases o el alto costo de la mano de obra.

El presfuerzo ha hecho posible tanto la aparición de nuevos métodos de construcción como el que se diseñen tipos enteramente nuevos de estructuras, las que no hubieran sido concebidas sin él. Sin embargo, existe un número limitado de medios con los cuales se pueden tensar y anclar a los cables y varillas, por lo que el panorama de innovación tiene que ser pequeño ahora. Existe mucho por hacer en el trabajo detallado de refinar el presfuerzo y aún más para extender su uso.

En México el concreto presfuerzo en particular de la trabe Doble T ha incrementado su participación en la construcción de puentes peatonales, vehiculares, construcción de naves industriales, muros, fachadas, losas de entrecimso para edificios, hoteles, etc.

A continuación se muestran las ventajas y desventajas del uso del concreto presfuerzo respecto al método tradicional colado "in situ".

El Prefabricado como solución estructural:

Ventajas:

- 1.- Menor peralte y mayor capacidad de carga
- 2.- Cubre claros grandes.
- 3.- Menor peso propio
- 5.- Economía de mano de obra.
- 6.- Evita el uso de cimbra y obra falsa.
- 7.- Rapidez de ejecución
- 8.- Mayor calidad en los materiales que intervienen en la construcción del elemento.
- 9.- Resistente al fuego.
- 10.- Mínimo mantenimiento

Desventajas:

- 1.- Necesidad de invertir en equipo especial.
- 2.- Dificultad en el diseño de juntas y conexiones.
- 3.- Necesidad de programación detallada.
- 4.- Supervisión muy cuidadosa.

En base al trabajo desarrollado, se puede decir, simplemente, que para el diseño y análisis de un elemento presforzado depende totalmente de la utilidad y servicio que puede tener tal elemento así como de las circunstancias que se presenten en un determinado caso. También se puede mencionar que el método para iniciar las iteraciones del diseño de presfuerzo, presentado en este trabajo no es único, existen más con mayor complejidad y otros más prácticos como son el uso de gráficas de las secciones mas usuales, en las cuales indican una relación de capacidad de carga contra la longitud, y nos dan las propiedades geométricas, con las que se realizan los cálculos para el análisis y el diseño.

Considero que el fin de este trabajo ha sido cumplido, puesto que se ha presentado un tema si no nuevo, si de gran importancia y un tanto desconocido por parte de los estudiantes y recién egresados de la carrera de Ingeniería Civil así como de algunos ingenieros con experiencia, como es la técnica del presfuerzo: su diseño, fabricación, transporte y montaje .

## BLIBLIOGRAFIA

### *INTRODUCCION A LA MECANICA DE SOLIDOS*

Edgar E. Popov  
Edit. LIMUSA, 1975  
2ª Edición.

### *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO*

Arthur H. Nilson  
Edit. LIMUSA, 1976  
2ª Edición.

### *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO*

T. Y. LIN  
Edit. C. E. C. S. A., 1975  
2ª Edición.

### *CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO*

Ben E. Gerwick  
Edit. LIMUSA, 1986  
1ª Impresión.

### *REGALMENTO DE CONSTRUCCIONES (ACI 318-83) Y COMENTARIOS*

IMCYC  
1986  
2ª Reimpresión.

### *MECANICA DE MATERIALES*

James M. Gere, Stephen P. Timoshenko  
Grupo Editorial Iberoamerica, 1986  
2ª Edición

### *DISEÑO DE VIGAS DE CONCRETO PRESFORZADO*

Dan E. Branson  
IMCYC., 1985  
2ª Reimpresión.

*INTRODUCCION AL CONCRETO PREFORZADO*

A. H. Allen

IMCYC

4ª Reimpresión.

*PREFABRICACION E INDUSTRIALIZACION EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS*

*CAP. FABRICACION, TRANSPORTE Y MONTAJE*

IMCYC

Edit. Técnicos Asociados, S. A

*MAQUINARIA PARA CONSTRUCCION*

David A. Day.

Edit. Limusa, 1985

*TECNOLOGIA DE LOS TRABAJOS DE ALBAÑILERIA Y DE MONTAJE*

Ischenko.

Edit. Mir. Moscú 1986

*MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE ACERO EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS*

William G. Rapp.

Edit. LIMUSA, 1978

*REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL DISTRITO FEDERAL  
NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS DE CONCRETO*

Diario Oficial del 3 de Julio de 1987

ANEXO I

CERTIFICADOS DE CALIDAD



## ANALISIS FISICOQUIMICO Y DE POTABILIDAD DE AGUA

CLIENTE:

MUESTRA: LIE.002                      FECHA: 20 DE JULIO DE 1998  
COLOR: 0.0 (UNIDADES PT-CO)      TURBIEDAD: 0.0 (UNIDADES UNT)  
OLOR: INODORA                      PH: 7.1  
SEDIMENTO: NINGUNO                PROCEDENCIA: PLANTA TEOLOYUCAN  
CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA: (micromho/cm a 25 oC): 415

### DETERMINACION EXPRESADA EN mg/l COMO CaCO3

CALCIO	(Ca ++)	71.00	BICARBONATO (HCO3-)	52.00
MAGNESIO	(Ma ++)	24.00	CARBONATOS (CO3=)	0.00
SODIO	(Na ++)	134.00	HIDROXIDO (OH-)	0.00
FIERRO	(Fe ++)	0.00	SULFATOS (SO4=)	90.00
ACIDEZ	(H +)	0.00	CLORUROS (Cl-)	86.00
			NITRATOS (NO3-)	1.00
			FOSFATOS (PO4=)	0.00
			SULFITOS (SO3=)	0.00
TOTAL CATIONES		229.00	TOTAL ANIONES	229.00

## ANALISIS FISICOQUIMICO

DE AGUA PARA ELABORACION DE CONCRETO

---

CLIENTE:

MUESTRA: LIE.002-A                      FECHA: 20 DE JULIO DE 1996  
COLOR: 0.0 (UNIDADES PT-CO)      TURBIEDAD: 0.0 (UNIDADES UNT)  
OLOR: INODORA                              PH: 7.1  
SEDIMENTO: NINGUNO                      PROCEDENCIA: PLANTA TEOLOYUCAN  
CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA: (micromho/cm a 25 oC): 415

---

SULFATOS	COMO SO <sub>4</sub>	130.00	300 ppm	MAX.
CLORUROS	COMO Cl	40.00	150 ppm	MAX.
MAGNESIO	COMO MgO	30.00	150 ppm	MAX.
MATERIA ORGANICA		30.00	900 ppm	MAX.

---

SOLIDOS TOTALES EN SOLUCION	230.00	1500.00
-----------------------------	--------	---------

---

OBSERVACIONES: CUMPLE CON LOS LIMITES RECOMENDABLES DE IMPUREZAS DE AGUA PARA ELABORACION DE CONCRETOS SEGUN NOM-C-122.

---

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES A C A T L A N  
TESIS TRABAJO DOBLE T DE CONCRETO REFORZADO ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA

DETERMINACIONES EXPRESADAS EN mg/l COMO:

DUREZA TOTAL:	106.00	ANHIDRIDO CARBONICO	8.40
DUREZA NO CARBONATOS:	45.00	FERRO TOTAL:	0.00
DUREZA CARBONATOS:	40.00	NITROGENO DE NITRITOS	0.00
ALCALINIDAD A FENOLF:	0.00	CLORO:	1.00
ALCALINIDAD A METILO:	52.00	NITROGENO AMONIACAL:	0.00
SILICE:	18.00	MANGANESO:	0.00
MATERIA ORGANICA:	0.00		

---

OBSERVACIONES: AGUA DENTRO DE NORMAS FISICOQUIMICAS DE POTABILIDAD

---

ANALISIS BACTERIOLOGICO

---

I.- GRAM NEGATIVO NINGUNO

ii.- GRAM POSITIVO NINGUNO

No. DE COLONIAS POR ml 200 COL/ml MAX.

TIPO DE GERMEN PREDOMINANTE

---

CONCLUSIONES: Debido a los resultados anteriores, el agua de origen potable, se encuentra dentro de las normas fisicoquimicas y bacteriológicas de potabilidad.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES A C A T L A N  
 TESIS TRABAJO DOBLE T DE CONCRETO PRESFORZADO ANALISIS, DISEÑO Y  
 MONTAJE EN OBRA

CERTIFICADO DE CALIDAD

GARANTIA DE CALIDAD

No.

NOMBRE DEL CLIENTE:

No. CONF. DE PEDIDO  
54744

PRODUCTO  
V. CORRUGADA 42 25.4MM A 12.00 MM

FECHA DE ZMBARQUE  
96/04/11

ANALISIS QUIMICO						PRUEBAS FISICAS				
NUMERO DE COLADA	% C	% Mn	% Si	% P	% S	RESISTENCIA TENSION Kg/mm2	LIMITE ELASTICO Kg/mm2	ALARGAMIENTO %	RED AREA	DOBLEZ 180° C
155984	0.400	1.210	0.200	0.010	0.014	70.05	47.33	16.00		OK
155986	0.410	1.230	0.190	0.026	0.020	73.37	46.39	15.00		OK
PROMEDIO						71.71	46.86	15.50		

OBSERVACIONES:

CERTIFICAMOS POR MEDIO DEL PRESENTE QUE EL PRODUCTO CUMPLE SATISFACTORIAMENTE LOS REQUISITOS DE LA NORMA.

NM-B-6-1992  
 HORA: 11:19:39

CONTROL DE CALIDAD

TESIS: TRABAJO DE CONCRETO PRESFORZADO ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA.		ENSAYO DE ACERO DE REFUERZO										NOMBRE DE LA EMPRESA:	
		ENSAYO A TENSION										OBRA:	
ENSAYO NUMERO	PROBETA NUMERO	PESO EFECTIVO kg/m	AREA EFECTIVA cm <sup>2</sup>	LECTURA LIMITE ELASTICO TON	LECTURA CARGA MAXIMA TON	LIMITE ELASTICO kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO MAXIMO kg/cm <sup>2</sup>	% ALARGAMIENTO	PRUEBA DE DOBLADO	ESPACIAMIENTO	CORRUGACIONES ALTURA		
792	3	0.980	1.25	6300	9700	4961	7760	13.00	S. C.	S. C.	S. C.	S. C.	
793	4	0.982	1.25	6300	9600	4961	7680	17.00	S. C.	S. C.	S. C.	S. C.	
ESPECIFICACIONES NMX-B-6-1988		PESO MINIMO 0.934 kg/m	AREA MINIMA 1.19 cm <sup>2</sup>	LIMITE ELASTICO 4200 MINIMO kg/cm <sup>2</sup>		ESFUERZO MAXIMO 6300 MINIMO kg/cm <sup>2</sup>		9.00% MINIMO	< 180° φ 3.5	CI AVE S. C. N. C.	SI CUMPLE NO CUMPLE		

OSERVACIONES:

Las probetas cumplen con la especificación

DIAMETRO NOMINAL:	1/2"	(12.7 mm)	PROVEEDOR	IDENTIFICACION:	
PESO NOMINAL:	0.994	kg/m	HORNADA O LOTE	MARCA HYLSA	FORMULO
AREA NOMINAL:	1.27	cm <sup>2</sup>	FECHA DE RECEPCION		APROBO:
GRADO O CLASE:	42		LOCALIZACION		FECHA:
					8-may-96
					INFORME:
					530-96

TESIS: TRABE DOBLE Y DE CONCRETO PRESFORZADO ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA.		ENSAYO DE ACERO DE REFUERZO										NOMBRE DE LA EMPRESA:	
		ENSAYO A TENSION										OBRA:	
ENSAYO NUMERO	PROBETA NUMERO	PESO EFFECTIVO kg/m	AREA EFFECTIVA cm <sup>2</sup>	LIMITES ELASTICO LECTURA TON	CARGA MAXIMA LECTURA TON	LIMITE ELASTICO kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO MAXIMO kg/cm <sup>2</sup>	% ALARGAMIENTO	PRUEBA DE DOBLADO	ESPACIAMIENTO	CORRUGACIONES AL TURA		
795	5	9.120	11.63	52000	84000	4561	7223	13.00	S. C.	S. C.	S. C.	S. C.	
796	6	9.153	11.67	52400	80000	4596	6855	17.00	S. C.	S. C.	S. C.	S. C.	
ESPECIFICACIONES NMX-B-6-1988		PESO MINIMO kg/m	AREA MINIMA cm <sup>2</sup>	LIMITE ELASTICO kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO MAXIMO kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO MINIMO kg/cm <sup>2</sup>	% ALARGAMIENTO MINIMO	< 180°	CLAVE S C N C.	SICUMPLE NO CUMPLE			

OSERVACIONES:

Las probetas cumplen con la especificación

Las probetas se ensayaron hasta alcanzar su fuerza máxima deteniendose antes de la ruptura.

IDENTIFICACION:		FORMULO.
DIAMETRO NOMINAL: 1 1/2" (38.1 mm)	PROVEEDOR	
PESO NOMINAL: 8.938 kg/m	HORNADA O LOTE	
AREA NOMINAL: 11.40 cm <sup>2</sup>	FECHA DE RECEPCION	MARCA HYLSA
GRADO O CLASE: 42	LOCALIZACION	INFORME.
		8-may-96 530-96

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES A C A T L A N  
 TESIS TRABE DOBLE T DE CONCRETO PRESFORZADO ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OB

CERTIFICADO DE CALIDAD

GARANTIA DE CALIDAD

No.

CLIENTE:  
 MATERIAL: TORON RELEVADO DE ESFUERZOS  
 GRADO: 270 K "BAJO RELAJAMIENTO"  
 ESPECIFICACION: ASTM-A-416-80  
 MEDIDA DIAM: 12.7 mm (1/2")  
 LOTE: R-2 01-10 621-640 681-700

ANALISIS QUIMICO

COLADA:	9324043	9512091	9522784
CARBONO:	0.815 %	0.820 %	0.820 %
MANGANESO	0.690 %	0.740 %	0.690 %
SILICIO	0.203 %	0.220 %	0.200 %
FOSFORO	0.011 %	0.011 %	0.011 %
AZUFRE	0.005 %	0.009 %	0.011 %

CARACTERISTICAS MECANICAS

TORON No.	MEDIDA MM	CARGA EN KG		ALARGAMIENTO %(610 MM)	AREA MM2	PESO KG	LONGITUD M
		1%	RUPTURA*				
01-A	12.8	17282	19142	4.2	99.6	470	606
275-D	12.8	17237	19051	4.0	99.6	820	1058
337-E	12.8	17373	19097	4.0	99.6	540	697
410-F	12.8	17373	19051	4.1	99.6	535	690
423-G	12.8	17328	19051	4.0	99.6	420	542
623-F	12.8	17328	19187	4.0	99.6	455	587
624-G	12.8	17554	19233	4.0	99.6	560	723
633-C	12.8	17509	19278	4.0	99.7	375	484
633-D	12.8	17509	19278	4.0	99.7	480	619
639-D	12.8	17690	19051	4.0	99.6	455	587
444-G	12.8	17690	19097	4.2	99.6	380	490
647-C	12.8	17328	19097	4.0	99.6	615	794
647-D	12.8	17328	19097	4.0	99.6	585	755
647-E	12.8	17328	19097	4.0	99.6	395	510
650-C	12.8	17690	19051	4.1	99.6	545	703
652-D	12.8	17282	19074	4.0	99.6	605	781
657-E	12.8	17645	19051	4.4	99.7	485	626
666-A	12.8	17690	19278	4.0	99.6	480	619
686-D	12.8	17328	19051	4.0	99.6	480	619
696-B	12.8	17328	19051	4.0	99.6	580	748

\* NO ROMPIO (PROTECCION DE MORDAZAS)

10230

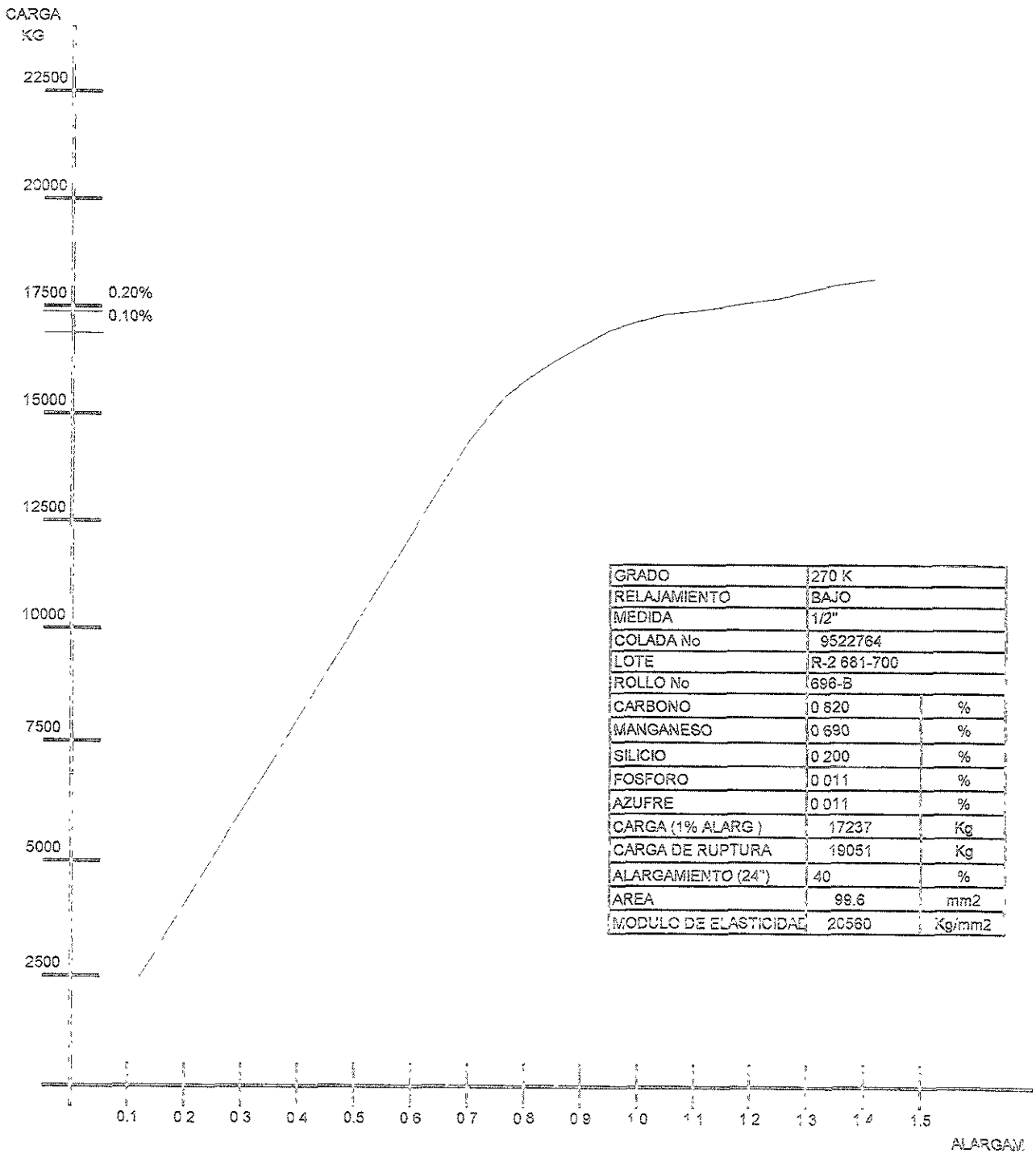
10238

ATENTAMENTE

RESPONSABLE

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN  
 TESIS: TRABE DOBLE T DE CONCRETO PREFORZADO ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA

GRAFICA ESFUERZO DEFORMACION



GRADO	270 K	
RELAJAMIENTO	BAJO	
MEDIDA	1/2"	
COLADA No	9522764	
LOTE	R-2 681-700	
ROLLO No	696-B	
CARBONO	0.820	%
MANGANESO	0.690	%
SILICIO	0.200	%
FOSFORO	0.011	%
AZUFRE	0.011	%
CARGA (1% ALARG)	17237	Kg
CARGA DE RUPTURA	19051	Kg
ALARGAMIENTO (24")	40	%
AREA	99.6	mm <sup>2</sup>
MODULO DE ELASTICIDAD	20560	Kg/mm <sup>2</sup>



TESIS: TRABE DOBLE Y DE CONCRETO  
PRESFORZADO ANALISIS, DISEÑO  
Y MONTAJE EN OBRA.

## ENSAYO DE ACERO DE PRESFUERZO

NOMBRE DE LA EMPRESA:

OBRA:

TORÓN DE ACERO DE PRESFUERZO: 12.70 mm DIAMETRO

NUMERO DE MUESTRAS	NUMERO DE ROLLO	DIAMETRO REAL mm	PASO DE HELICE EN LA EN LA	ALAMBRES $\phi$ EXTERIORES	ALAMBRE DIFERENCIA CENTRAL	$\phi$ mm	AREA EN cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA EN DE FLUENCIA EN KG	CARGA MAXIMA DE PRUEBA kg	ESFUERZO EN EL LIMITE DE FLUENCIA kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO EN MAXIMO DE PRUEBA kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO DE ALARGAMIENTO %
9	123	12.70	18.60	4.216	4.318	0.102	0.938	16350	18400	16616	18699	7.2
10	124	12.70	19.00	4.216	4.318	0.102	0.984	16350	18400	16616	18699	6.7
		12.55 A 13.36	15.24 A 20.32			0.076 MIN		15920 MIN	18730 MIN			3.5 MIN

ESPECIFICACIONES: NORMA OFICIAL MEXICANA B-292-1988, grado 190.

OBSERVACIONES:

Las probetas de torón con números de muestra 9 y 10 presentaron carga menor en un 1.76% con respecto a la carga máxima de prueba especificada en la Norma Oficial Mexicana B-292-1988, grado 190. Acero que se utiliza en la fabricación de piezas de concreto presforzado.

FORMULO

REVISO

FECHA: 18-ene-97  
INFORME No. 075-95

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES A C A T L A N  
 TESIS TRABE DOBLE T DE CONCRETO PRESFORZADO ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA

CERTIFICADO DE CALIDAD

CEMENTO DE PLANTA: HUICHAPAN  
 TIPO DE CEMENTO: PORTLAND TIPO-I  
 FECHA: 04-SEPTIEMBRE DE 1996

PRUEBA	UNIDAD	ASTM C-150	HUICHAPAN
<b>DATOS QUIMICOS</b>			
SiO <sub>2</sub>	%		19.91
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%		4.78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%		2.38
CaO	%		84.98
MgO	max %	6.0	1.33
SO <sub>3</sub>	max %	3.5	2.67
Na <sub>2</sub> O	%		0.12
K <sub>2</sub> O	%		0.97
Cal libre (Cx)	%		1.12
C <sub>3</sub> S	%		65.54
C <sub>2</sub> S	%		7.63
C <sub>3</sub> A	min %	8.0	8.65
C <sub>4</sub> AF	%		7.23
P Ign.	max %	3.0	2.84
R Ins	%	0.75	0.72
<b>DATOS FISICOS</b>			
Finura			
Blaine	cm <sup>2</sup> /gr		3128
Malla-325	%		91.2
Expansión en Autoclave	max %	0.80	0.5
Densidad	gr/cm <sup>3</sup>		3.13
Fraguado Falso	%		77
Tiempos de fraguado			
Vicat inicial	min. Minutos	45	130
Vicat final	max. Minutos	375	245
Resistencia a la Compresión			
3 Días	kg/cm <sup>2</sup>	130	252
7 Días	kg/cm <sup>2</sup>	200	295
28 Días	kg/cm <sup>2</sup>	289	364

No.º: Los resultados de las pruebas arriba mencionadas se realizaron de acuerdo a las especificaciones ASTM para cementos hidráulicos mezclados.

## ESTUDIO DE CALIDAD DEL CEMENTO

---

CLIENTE:

FECHA MUESTREO: 17 DE JULIO DE 1996      FECHA DE INFORME: 20 DE JULIO DE 1996

DESCRIPCION: PORTLAND TIPO I      PROCEDENCIA: ALMACEN

MUESTRA: PRE. LIE. 001

---

	ESPECIFICACION		
FINURA:			
M. TURBIDIMETRICO	1900.00 cm <sup>2</sup> /gr		1600 MIN.
SANIDAD:			
EXPANSIÓN MAXIMA	0.50 %	900	0.80 MAX.
TIEMPO DE FRAGUADO:			
FRAGUADO INICIAL:	65.00 MINUTOS		60 MIN.
FRAGUADO FINAL:	6.00 HORAS		10 MAX.
RESISTENCIA A COMPRESION:			
A LOS 3 DIAS	112.00 kg/cm <sup>2</sup>		85 MIN
A LOS 7 DIAS	204.00 kg/cm <sup>3</sup>		150 MIN
A LOS 28 DIAS	380.00 kg/cm <sup>4</sup>		250 MIN

---

---

OBSERVACIONES: CUMPLE CON LOS REQUISITOS SEÑALADOS EN NOM-C-1

---

FORMULO:

REVISO:

ENTERADO:

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN**  
**TESIS TRABE DOBLE Y DE CONCRETO PREFORZADO ANALISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA**

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**PROPIEDADES FISICAS DE ARENA PARA CONCRETO**

NUM. DE MUESTRA: E-289	LUGAR DE MUESTREO	FECHA MUESTREO: 5/05/96	
DESCRIPCION: ARENA PARA CONCRETO BANCO. NO INDICADO		FECHA INFORME: 8/05/96	
CLIENTE:		INFORME N°: 535-96	
<b>C O N C E P T O</b>			
1) ANALISIS GRANULOMETRICO		ABERTURA EN MM.	
		0	4.76
		0	7.5
		0	12.5
		0	20
		0	30
		0	40
		0	50
		0	60
		0	75
		0	90
		0	100
		0	150
		0	200
		0	250
		0	300
		0	350
		0	400
		0	450
		0	500
		0	560
		0	630
		0	710
		0	800
		0	900
		0	1000
		0	1120
		0	1250
		0	1400
		0	1575
		0	1775
		0	2000
		0	2250
		0	2525
		0	2825
		0	3150
		0	3500
		0	3875
		0	4275
		0	4700
		0	5150
		0	5625
		0	6125
		0	6650
		0	7200
		0	7775
		0	8375
		0	9000
		0	9650
		0	10325
		0	11025
		0	11750
		0	12500
		0	13275
		0	14075
		0	14900
		0	15750
		0	16625
		0	17525
		0	18450
		0	19390
		0	20340
		0	21300
		0	22275
		0	23260
		0	24250
		0	25250
		0	26250
		0	27250
		0	28250
		0	29250
		0	30250
		0	31250
		0	32250
		0	33250
		0	34250
		0	35250
		0	36250
		0	37250
		0	38250
		0	39250
		0	40250
		0	41250
		0	42250
		0	43250
		0	44250
		0	45250
		0	46250
		0	47250
		0	48250
		0	49250
		0	50250
		0	51250
		0	52250
		0	53250
		0	54250
		0	55250
		0	56250
		0	57250
		0	58250
		0	59250
		0	60250
		0	61250
		0	62250
		0	63250
		0	64250
		0	65250
		0	66250
		0	67250
		0	68250
		0	69250
		0	70250
		0	71250
		0	72250
		0	73250
		0	74250
		0	75250
		0	76250
		0	77250
		0	78250
		0	79250
		0	80250
		0	81250
		0	82250
		0	83250
		0	84250
		0	85250
		0	86250
		0	87250
		0	88250
		0	89250
		0	90250
		0	91250
		0	92250
		0	93250
		0	94250
		0	95250
		0	96250
		0	97250
		0	98250
		0	99250
		0	100250
		0	101250
		0	102250
		0	103250
		0	104250
		0	105250
		0	106250
		0	107250
		0	108250
		0	109250
		0	110250
		0	111250
		0	112250
		0	113250
		0	114250
		0	115250
		0	116250
		0	117250
		0	118250
		0	119250
		0	120250
		0	121250
		0	122250
		0	123250
		0	124250
		0	125250
		0	126250
		0	127250
		0	128250
		0	129250
		0	130250
		0	131250
		0	132250
		0	133250
		0	134250
		0	135250
		0	136250
		0	137250
		0	138250
		0	139250
		0	140250
		0	141250
		0	142250
		0	143250
		0	144250
		0	145250
		0	146250
		0	147250
		0	148250
		0	149250
		0	150250
		0	151250
		0	152250
		0	153250
		0	154250
		0	155250
		0	156250
		0	157250
		0	158250
		0	159250
		0	160250
		0	161250
		0	162250
		0	163250
		0	164250
		0	165250
		0	166250
		0	167250
		0	168250
		0	169250
		0	170250
		0	171250
		0	172250
		0	173250
		0	174250
		0	175250
		0	176250
		0	177250
		0	178250
		0	179250
		0	180250
		0	181250
		0	182250
		0	183250
		0	184250
		0	185250
		0	186250
		0	187250
		0	188250
		0	189250
		0	190250
		0	191250
		0	192250
		0	193250
		0	194250
		0	195250
		0	196250
		0	197250
		0	198250
		0	199250
		0	200250
		0	201250
		0	202250
		0	203250
		0	204250
		0	205250
		0	206250
		0	207250
		0	208250
		0	209250
		0	210250

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN**  
**ANÁLISIS TRABE DOBLE T DE CONCRETO PREFORZADO ANÁLISIS, DISEÑO Y MONTAJE EN OBRA**

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**PROPIEDADES FÍSICAS DE GRAVA PARA CONCRETO**

NUM. DE MUESTRA E-280	LUGAR DE MUESTREO EN OBRA	FECHA MUESTREO 5/05/96	
DESCRIPCIÓN: GRAVA DE 3/4" BANCO MINA STA MARIA PAXCO		FECHA INFORME 8/05/96	
CLIENTE:	OBRA: TRABE DOBLE T	INFORME N° 536-96	

CONCEPTO	RESULTADOS			ESPECIFICACIONES	
	PARCIAL	ACUM.	MINIMO	MAXIMO	
1) ANALISIS GRANULOMETRICO					
RETENIDO MALLA N° 4 (GRAVA)	%	99	0	90	100
PASA MALLA N° 4 (ARENA)	%	1	0	0	10
RETENIDO MALLA N° 3"	%				
RETENIDO MALLA N° 1 1/2"	%				
RETENIDO MALLA N° 3/4"	%	2	2	0	10
RETENIDO MALLA N° 3/8"	%	86	88	45	80
RETENIDO MALLA N° 4	%	11	99	90	100
2) DENSIDAD	%	2.84			
3) ABSORCION	%	1.00			
4) PASA MALLA N° 200 (LAVADO)	%	0.35			
5) P. V. SECO SUELTO	(kg/m <sup>3</sup> )	1329		150 MAX.	
6) P. V. SECO VARILLADO	(kg/m <sup>3</sup> )	1447			
7) PERDIDA POR INTemperismo ACEL.	%				
8) PERDIDA POR ABRASION	%				

ABERTURA EN MM.

4.76	9.52	12.70	19.10	25.40	31.80	38.10	47.60	59.70	76.20
4	4	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"

DENOMINACION DE TÁMICES

OBSERVACIONES:  
 La muestra analizada presenta granulometría ligeramente fuera de los límites especificados, los demás resultados son aceptables

REVISO: \_\_\_\_\_  
 ENTERADO: \_\_\_\_\_

FORMULO: \_\_\_\_\_  
 APROBO: \_\_\_\_\_

ANEXO II

LOSAS DOBLE T

ELEMENTO

LOSA TT

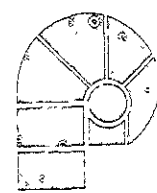
CLAVE

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

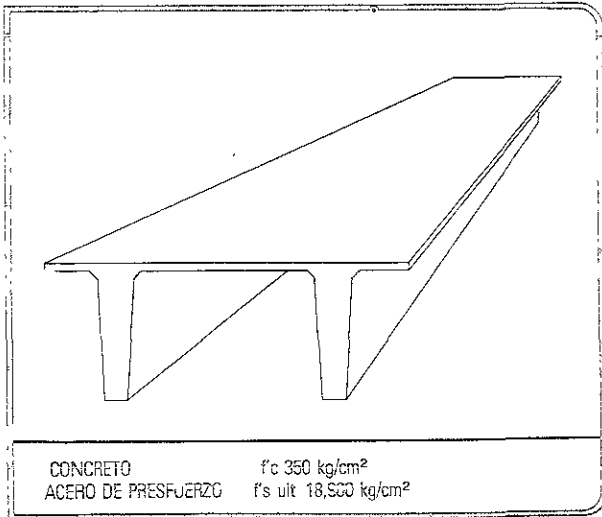
USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, FACHADAS, PASOS PEATONALES, ETC.

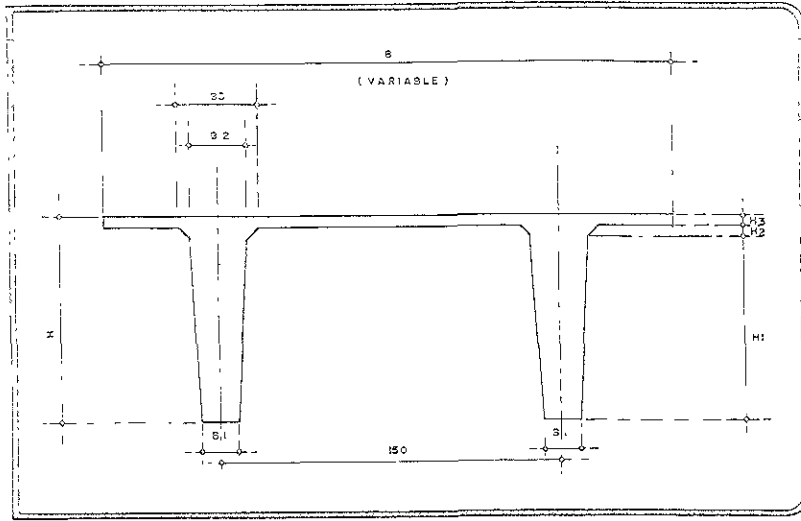


59

TT-003



CONCRETO  $f_c$  350 kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO DE PRESFUERZO  $f_s$  ult 18,500 kg/cm<sup>2</sup>



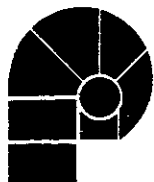
## PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

TIPO	MU ton-m	BASE				ALTURA					Y <sub>i</sub> cm	Y <sub>s</sub> cm	SECCION cm <sup>2</sup>	S <sub>i</sub> cm <sup>3</sup>	S <sub>s</sub> cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	P.P. kg/m
		B	b1	b2	b3	H	h1	h2	h3	h4							
250/40		250	108	160	260	400	300	50	50	-	29.4	10.6	2284	9925	27559	291884	475
250/50		250	90	160	260	500	400	50	50	-	36.7	13.3	2480	13806	37979	503264	590
250/60		250	102	160	260	600	500	50	50	-	42.6	17.3	2770	21004	51585	895593	665
250/70		250	90	160	260	700	600	50	50	-	49.6	20.4	2960	26247	63705	1301173	710
250/80		250	162	250	350	800	700	50	50	-	51.1	28.9	4438	53026	93894	2711033	1085
250/90		250	150	250	350	900	800	50	50	-	57.4	32.6	4750	63218	111516	3631128	1140
300/40		300	108	160	260	400	300	50	50	-	30.2	9.8	2514	10166	31384	307144	603
300/50		300	90	160	260	500	400	50	50	-	37.7	12.3	2710	14160	43257	533402	650
300/60		300	102	160	260	600	500	50	50	-	43.9	16.1	3020	21582	58891	948760	725
300/70		300	90	160	260	700	600	50	50	-	51.0	19.0	3210	26591	72298	1375766	770
300/80		300	162	250	350	800	700	50	50	-	52.5	27.5	4888	54748	104715	2876167	1125
300/90		300	150	250	350	900	800	50	50	-	58.9	31.1	5000	65256	123840	3846275	1200

## DESCRIPCION

MU = MOMENTO ULTIMO EN TON -M  
 B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION  
 H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION  
 Y<sub>i</sub> = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR  
 AL CENTROIDE  
 Y<sub>s</sub> = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR  
 AL CENTROIDE  
 S<sub>i</sub> = MODULO DE SECCION INFERIOR  
 S<sub>s</sub> = MODULO DE SECCION SUPERIOR  
 I = MOMENTO DE INERCIA  
 P.P. = PESO PROPIO EN KG./M

Son elementos estructurales de concreto presforzado, casi siempre el procedimiento de fabricacion es por medio del pretensado. Para lograr una alta productividad se recurre al curado a vapor, lo que además de incrementar la resistencia del concreto a muy corto plazo, permite la utilización de los moldes en ciclos de colado diariamente. Se puede producir en diferentes anchos, peraltes y longitudes según las necesidades del proyecto.  
 Aplicaciones: Edificios de oficinas, viviendas, clínicas y hospitales, centros comerciales, gimnasios, pasos peatonales, estadios, etc.



CLAVE

60

I-TT-003

ELEMENTO

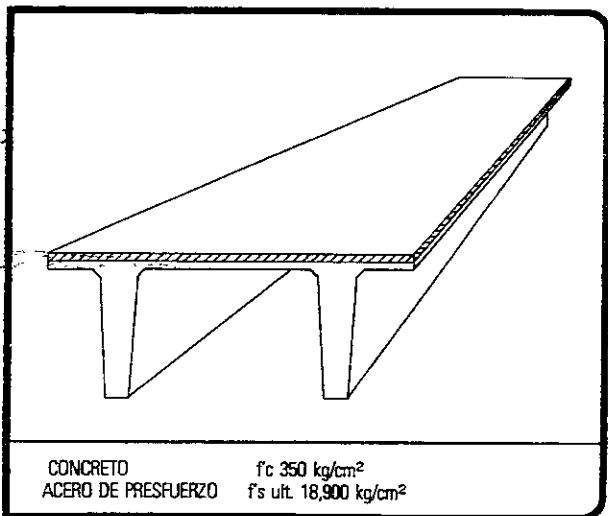
LOSA TT

SECCION SIMPLE

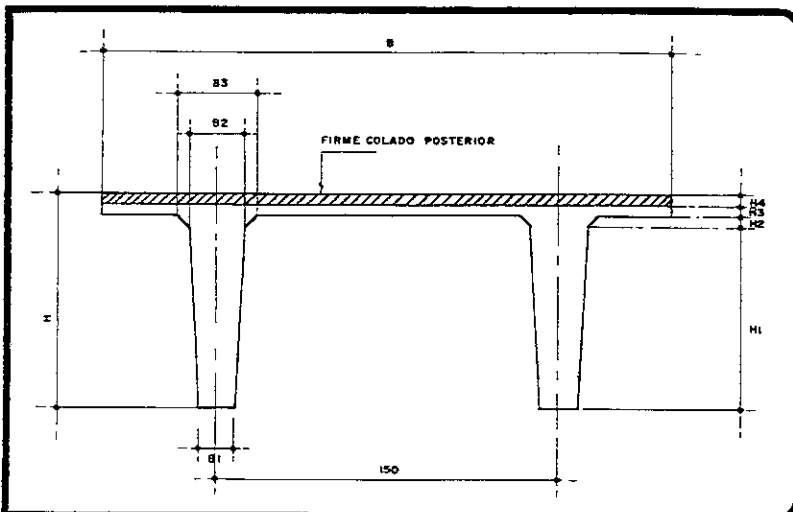
SECCION COMPUESTA

USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, PUENTES, PASOS PEATONALES, ETC.



CONCRETO  $f_c$  350 kg/cm<sup>2</sup>  
ACERO DE PRESFUERZO  $f_s$  ult. 18,900 kg/cm<sup>2</sup>



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

TIPO	MU ton-m	BASE				ALTURA					Yi cm	Ys cm	SECCION cm <sup>2</sup>	Si cm <sup>3</sup>	Ss cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	P.P. kg/m
		B	b1	b2	b3	H	h1	h2	h3	h4							
250/40		250	10.8	16.0	26.0	45.0	30.0	5.0	5.0	5	34.1	10.9	3514	12696	39555	432507	843
250/50		250	9.0	16.0	26.0	55.0	40.0	5.0	5.0	5	48.0	13.0	3710	17060	55136	716565	890
250/60		250	10.2	16.0	26.0	65.0	50.0	5.0	5.0	5	48.8	16.2	4020	25361	76485	1237973	965
250/70		250	9.0	16.0	26.0	75.0	60.0	5.0	5.0	5	56.4	18.6	4210	31316	94835	1765672	1010
250/80		250	16.2	25.0	35.0	85.0	70.0	5.0	5.0	5	58.0	27.0	5687	63314	136169	3673581	1365
250/90		250	15.0	25.0	35.0	95.0	80.0	5.0	5.0	5	64.7	30.3	6000	74915	160301	4850229	1440
300/40		300	10.8	16.0	26.0	45.0	30.0	5.0	5.0	5	34.8	10.2	4014	12989	44343	452069	963
300/50		300	9.0	16.0	26.0	55.0	40.0	5.0	5.0	5	43.0	12.0	4210	17435	62167	748906	1010
300/60		300	10.2	16.0	26.0	65.0	50.0	5.0	5.0	5	50.0	15.0	4520	25929	86817	1297780	1085
300/70		300	9.0	16.0	26.0	75.0	60.0	5.0	5.0	5	57.8	17.2	4710	32039	107888	1852725	1130
300/80		300	16.25	25.0	35.0	85.0	70.0	5.0	5.0	5	59.8	25.2	6187	65215	154739	3899747	1485
300/90		300	15.0	25.0	35.0	95.0	80.0	5.0	5.0	5	66.7	28.3	6500	77210	181846	5148817	1560

MU = MOMENTO ULTIMO EN TON -M  
 B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION  
 H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION  
 Yi = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE  
 Ys = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE  
 Si = MODULO DE SECCION INFERIOR  
 Ss = MODULO DE SECCION SUPERIOR  
 I = MOMENTO DE INERCIA  
 P.P. = PESO PROPIO EN KG./M

DESCRIPCION

Para lograr una correcta adherencia entre la Losa TT y el firme vaciado en sitio, se deja el lecho superior de la losa con un acabado rugoso, y cuando se hace necesario se dejan anclas o conectores para absorber los esfuerzos rasantes.

Aplicaciones: Edificios de oficina, viviendas, clínicas y hospitales, centros comerciales, auditorios, gimnasios, puentes, pasos peatonales, estadios, etc.



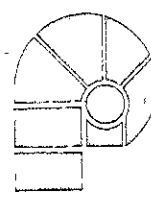
ELEMENTO

LOSA TT

CLAVE

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA



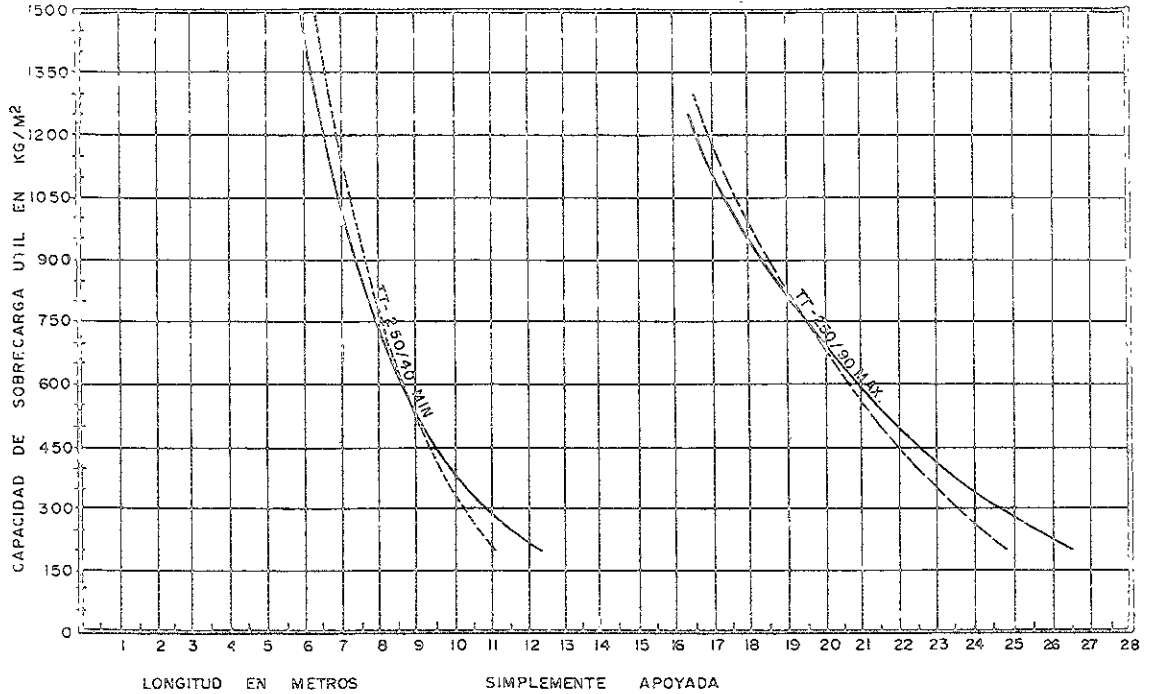
61

1-TT-003

USC CUBERTAS, ENTREPISOS, FACHADAS, PASOS PEATONALES, ETC.

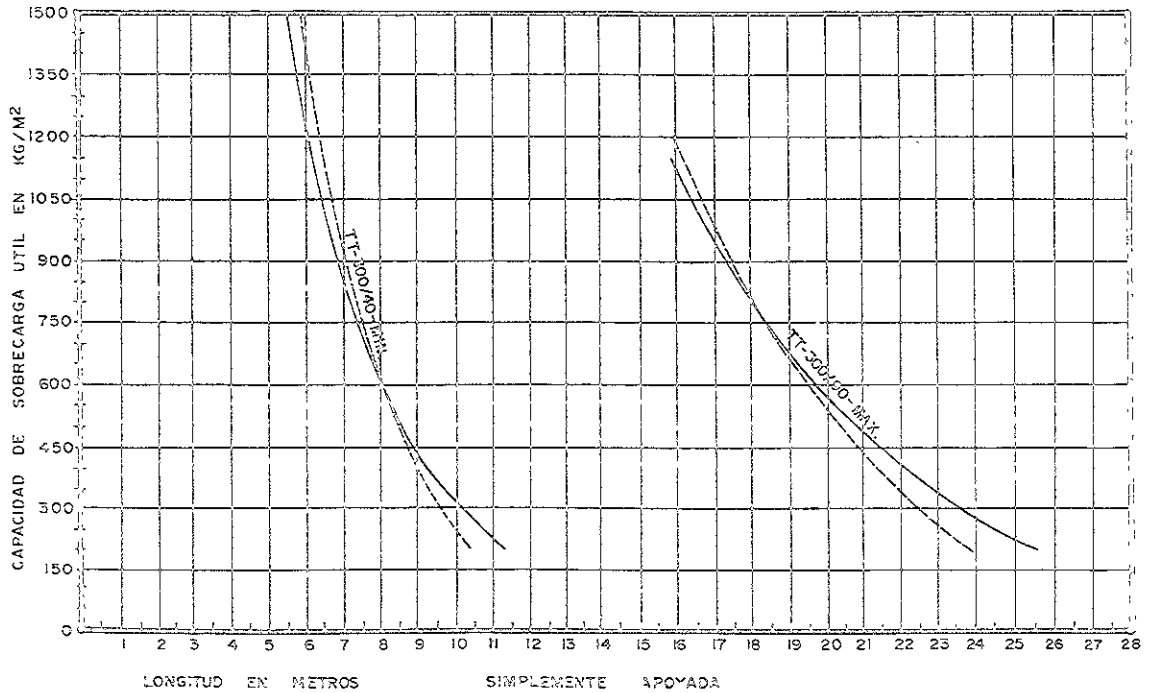
— SECCION SIMPLE S S

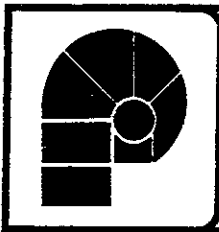
- - - SECCION COMPUESTA S C



— SECCION SIMPLE S S

- - - SECCION COMPUESTA S C





CLAVE

62

I-TT-003

ELEMENTO

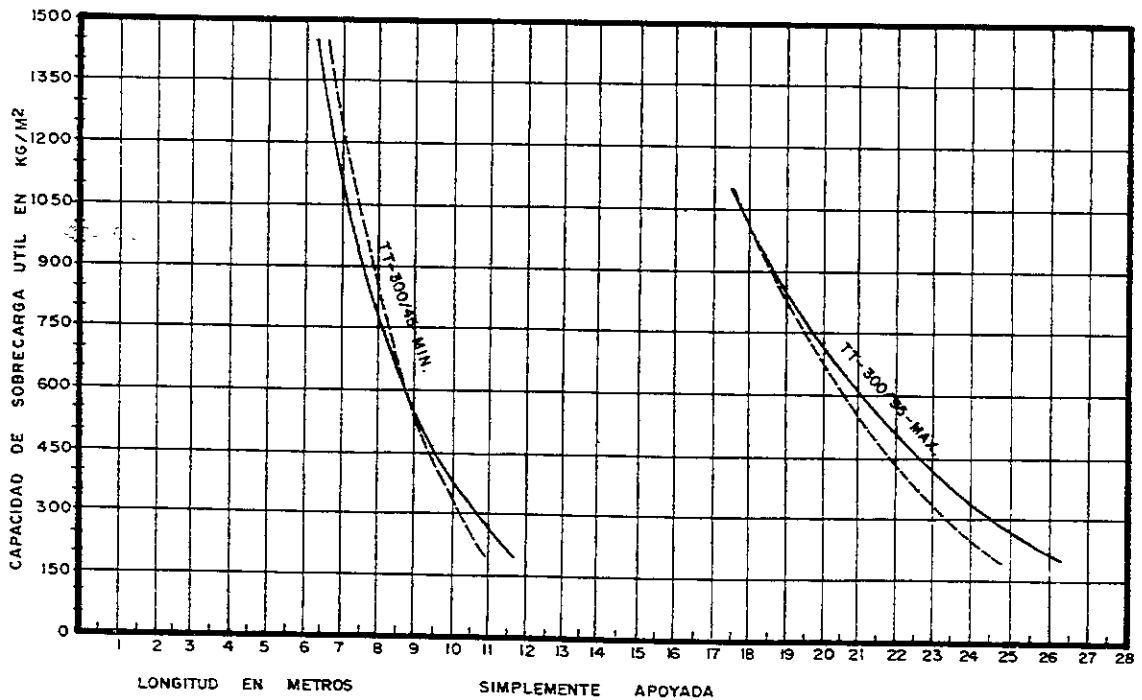
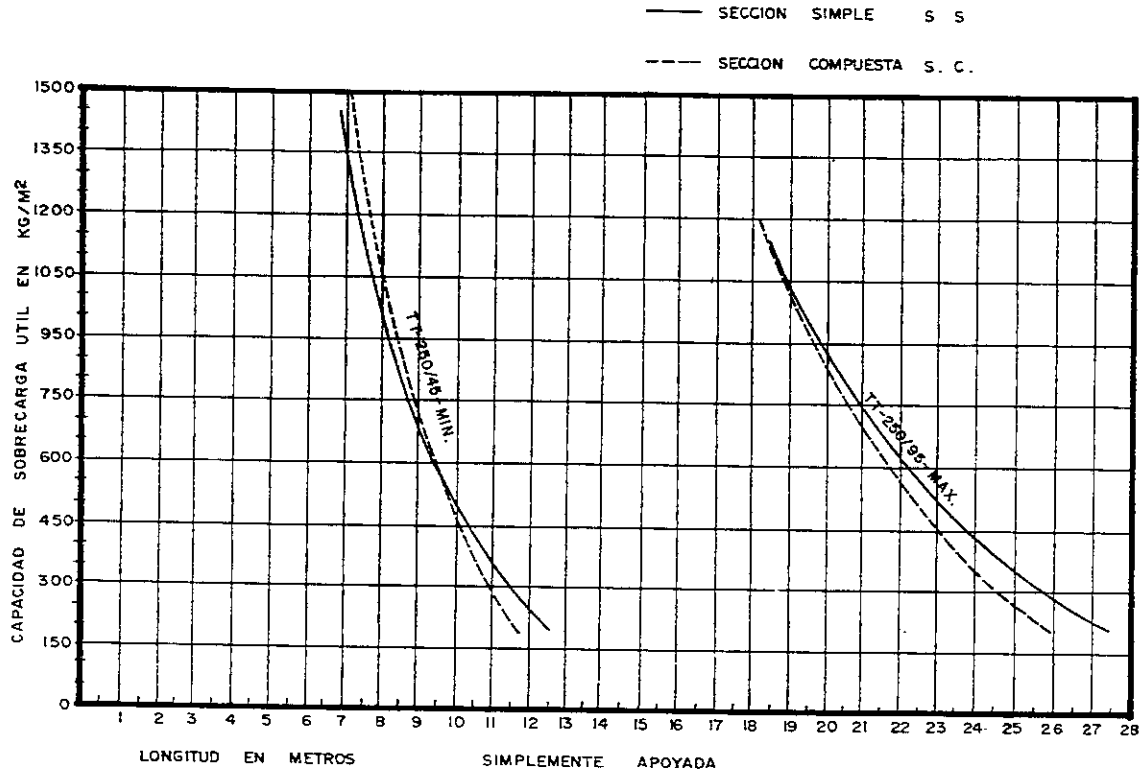
LOSA TT

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, FACHADAS, PASOS PEATONALES, ETC.



ELEMENTO

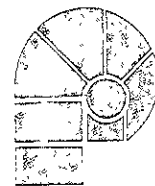
LOSA TT

CLAVE

SECCION SIMPLE

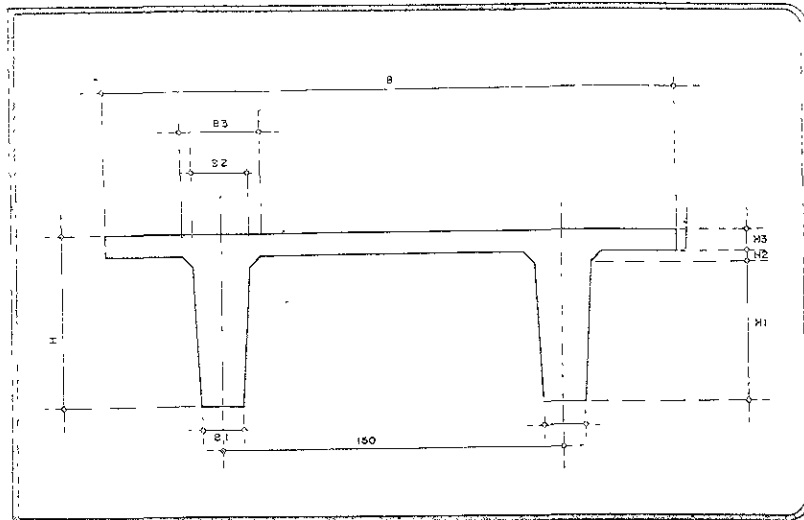
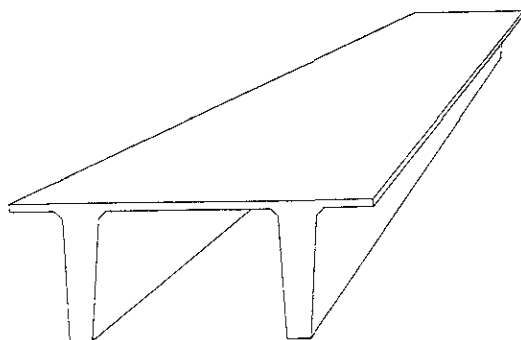
SECCION COMPUESTA

USO CUBIERTAS, ENTREPISOS, FACHADAS, PASOS PEATONALES, ETC.



63

1-TT-003



CONCRETO  $f_c$  350 kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO DE PRESFUERZO  $f_s$  ult 18,900 kg/cm<sup>2</sup>

## PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

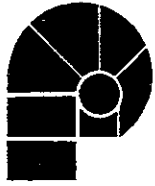
TIPO	MU ton-m	B	BASE			ALTURA					Yi cm	Ys cm	SECCION cm <sup>2</sup>	Si cm <sup>3</sup>	Ss cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	P.P. kg/m
			b1	b2	b3	H	h1	h2	h3	h4							
250/45		250	10.8	16.0	26.0	45.0	30.0	5.0	10.0	-	34.1	10.9	3514	12668	39555	432507	843
250/55		250	9.0	16.0	26.0	55.0	40.0	5.0	10.0	-	42.0	13.0	3710	17030	55136	716565	890
250/65		250	10.2	16.0	26.0	65.0	50.0	5.0	10.0	-	48.8	16.2	4020	25361	76458	1237973	965
250/75		250	9.0	16.0	26.0	75.0	60.0	5.0	10.0	-	56.4	18.6	4210	31316	94835	1765672	1010
250/85		250	16.2	25.0	35.0	85.0	70.0	5.0	10.0	-	58.0	27.0	5688	63314	136169	3673581	1365
250/95		250	15.0	25.0	35.0	95.0	80.0	5.0	10.0	-	64.7	30.3	6000	74915	160301	4850229	1440
300/45		300	10.8	16.0	26.0	45.0	30.0	5.0	10.0	-	34.8	10.2	4014	12939	44344	452039	933
300/55		300	9.0	16.0	26.0	55.0	40.0	5.0	10.0	-	42.9	12.1	4210	17435	62167	748936	1010
300/65		300	10.2	16.0	26.0	65.0	50.0	5.0	10.0	-	50.1	14.9	4520	25329	86817	1297780	1085
300/75		300	9	16.0	26.0	75.0	60.0	5.0	10.0	-	57.8	17.2	4710	32039	107888	1852725	1130
300/85		300	16.25	25.0	35.0	85.0	70.0	5.0	10.0	-	59.8	25.2	6188	65215	154739	3899747	1485
300/95		300	15.0	25.0	35.0	95.0	80.0	5.0	10.0	-	66.7	28.3	6500	77210	181846	5148817	1550

MU = MOMENTO ULTIMO EN TON-M  
 B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION  
 H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION  
 Yi = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE  
 Ys = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE  
 Si = MODULO DE SECCION INFERIOR  
 Ss = MODULO DE SECCION SUPERIOR  
 I = MOMENTO DE INERCIA  
 P.P. = PESO PROPIO EN KG./M

## DESCRIPCION

Son elementos estructurales de concreto presforzado, casi siempre el procedimiento de fabricacion es por medio del pretensado. Para lograr una alta productividad se recurre al curado a vapor, lo que además de incrementar la resistencia del concreto a muy corto plazo, permite la utilización de los moldes en ciclos de colado diariamente. Se puede producir en diferentes anchos, peraltes y longitudes según las necesidades del proyecto.

Aplicaciones: Edificios de oficinas, viviendas, clínicas y hospitales, centros comerciales, gimnasios, pasos peatonales, estadios, etc.



CLAVE

64

I-TT-003

ELEMENTO

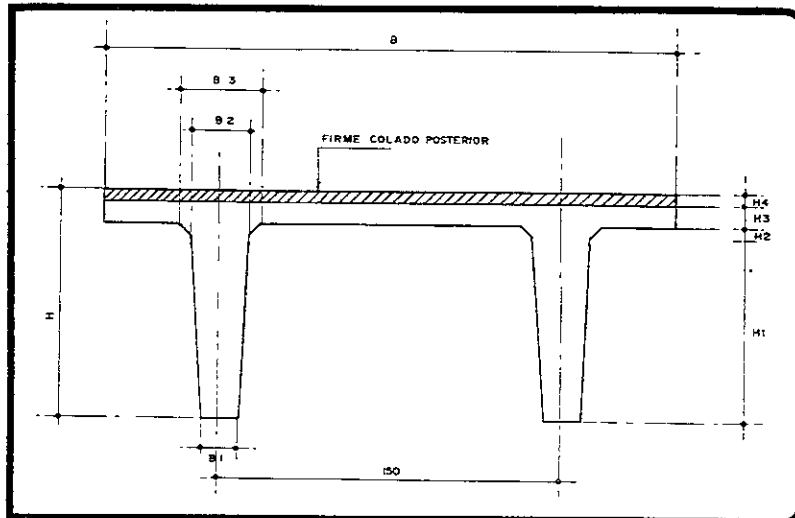
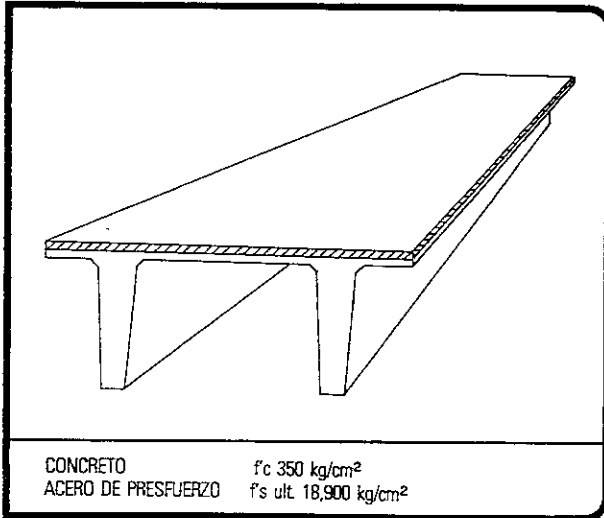
LOSA TT

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, PUENTES, PASOS PEATONALES, ETC.



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

TIPO	MU ton-m	BASE				ALTURA					Yi cm	Ys cm	SECCION cm <sup>2</sup>	Si cm <sup>3</sup>	Ss cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	P.P. kg /m
		B	b1	b2	b3	H	h1	h2	h3	h4							
250/50		250	9.0	16.0	26.0	55	35	5.0	10.0	5	37.6	12.4	4764	16002	48473	601519	1143
250/60		250	10.2	16.0	26.0	65	45	5.0	10.0	5	45.9	14.1	4960	20566	66971	943694	1190
250/70		250	9.0	16.0	26.0	75	55	5.0	10.0	5	53.3	16.7	5270	29551	93920	1573502	1265
250/80		250	16.2	25.0	35.0	85	65	5.0	10.0	5	61.2	18.8	5460	35908	117024	2198129	1310
250/90		250	15.0	25.0	35.0	95	75	5.0	10.0	5	63.3	26.7	6938	72105	171250	4566667	1665
250/100		250	16.2	25.0	35.0	105	85	5.0	10.0	5	70.4	29.6	7250	84711	201385	5962851	1740
300/50		300	9.0	16.0	26.0	55	35	5.0	10.0	5	38.3	11.7	5514	16498	53757	631200	1323
300/60		300	10.2	16.0	26.0	65	45	5.0	10.0	5	46.8	13.2	5710	21081	74558	986058	1370
300/70		300	9.0	16.0	26.0	75	55	5.0	10.0	5	54.4	15.6	6020	30217	105365	1643786	1445
300/80		300	16.2	25.0	35.0	85	65	5.0	10.0	5	62.6	17.4	6210	36692	131805	2296149	1490
300/90		300	15.0	25.0	35.0	95	75	5.0	10.0	5	65.2	24.8	7688	74066	194758	4823370	1845
300/100		300	16.2	25.0	35.0	105	85	5.0	10.0	5	72.5	27.5	8000	87067	229120	6309156	1920

- MU = MOMENTO ULTIMO EN TON -M
- B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION
- H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION
- Yi = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE
- Ys = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE
- Si = MODULO DE SECCION INFERIOR
- Ss = MODULO DE SECCION SUPERIOR
- I = MOMENTO DE INERCIA
- P.P. = PESO PROPIO EN KG./M

DESCRIPCION

Para lograr una correcta adherencia entre la Losa TT y el firme vaciado en sitio, se deja el lecho superior de la losa con un acabado rugoso, y cuando se hace necesario se dejan anclas o conectores para absorber los esfuerzos rasantes.

Aplicaciones: Edificios de oficina, viviendas, clínicas y hospitales, centros comerciales, auditorios, gimnasios, puentes, pasos peatonales, estadios, etc.

ELEMENTO

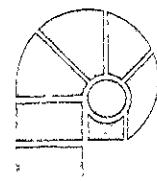
LOSA TT

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

USO

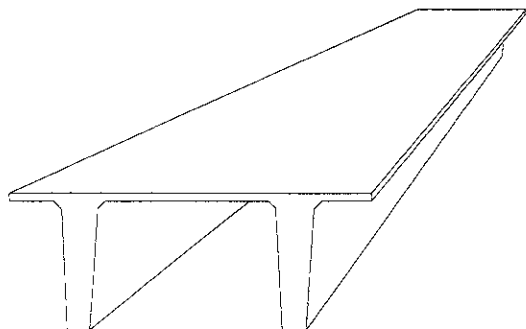
CUBIERTAS, ENTREPISOS, FACHADAS, PASOS PEATONALES, ETC.



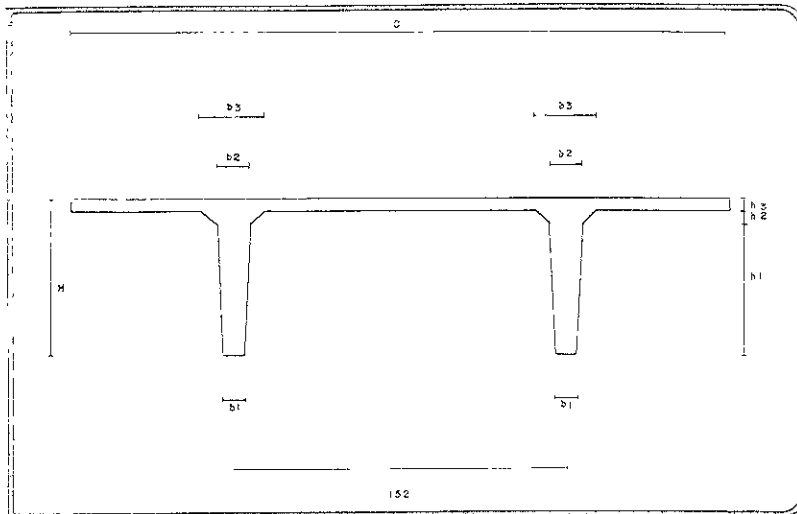
CLAVE

65

L-TT-053



CONCRETO  $f_c$  350 kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO DE PRESFUERZO  $f_s$  ult 18,900 kg/cm<sup>2</sup>



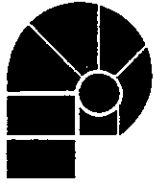
## PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

TIPO	MU ton-m	BASE				ALTURA				Y <sub>i</sub> cm	Y <sub>s</sub> cm	SECCION cm <sup>2</sup>	S <sub>i</sub> cm <sup>3</sup>	S <sub>s</sub> cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	P.P. kg/m	
		B	b1	b2	b3	H	h1	n2	h3								h4
250/30		250	120	150	350	300	200	50	50	-	22.2	7.8	2080	6163	17666	137030	494
250/40		250	110	150	350	400	300	50	50	-	29.3	10.7	2310	10370	28390	303800	554
250/50		250	100	150	350	500	400	50	50	-	36.2	13.8	2540	15210	39910	550700	610
250/60		250	90	150	350	600	500	50	50	-	43.1	16.9	2750	20450	51980	880500	660
250/70		250	80	150	350	700	600	50	50	-	50.0	20.0	2940	25840	84420	1291000	706

MU = MOMENTO ULTIMO EN TON -M  
 B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION  
 H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION  
 Y<sub>i</sub> = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR  
 AL CENTROIDE  
 Y<sub>s</sub> = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR  
 AL CENTROIDE  
 S<sub>i</sub> = MODULO DE SECCION INFERIOR  
 S<sub>s</sub> = MODULO DE SECCION SUPERIOR  
 I = MOMENTO DE INERCIA  
 P.P. = PESO PROPIO EN KG./M

## DESCRIPCION

Son elementos estructurales de concreto presfuerzo, casi siempre el procedimiento de fabricacion es por medio del pretensado. Para lograr una alta productividad se recurre al curado a vapor, lo que además de incrementar la resistencia del concreto a muy corto plazo, permite la utilización de los moldes en ciclos de colado diario. Se puede producir en diferentes anchos, peraltes y longitudes según las necesidades del proyecto.  
 Aplicaciones Edificios de oficinas, viviendas, clínicas y hospitales, centros comerciales, gimnasios, pasos peatonales, estadios, etc



CLAVE

66

I-TT-053

ELEMENTO

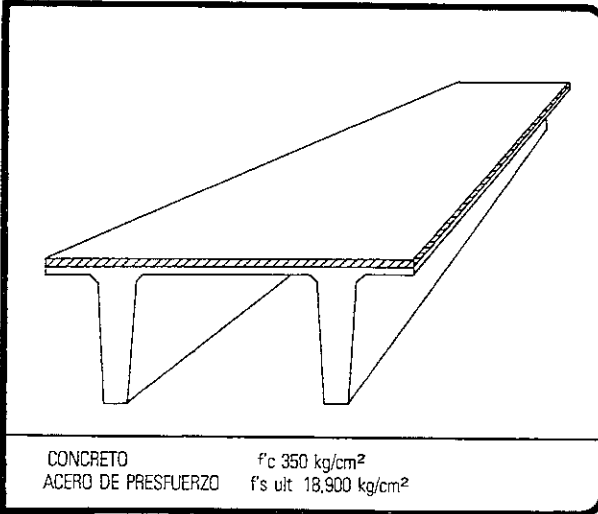
LOSA TT

SECCION SIMPLE

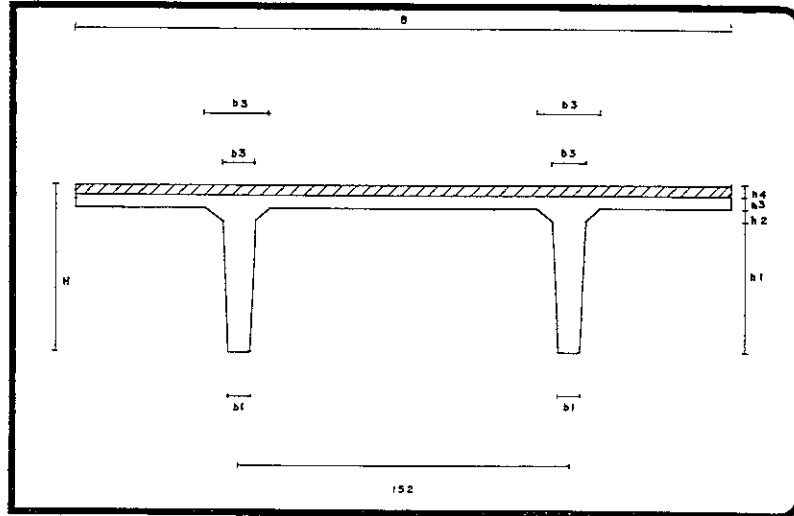
SECCION COMPUESTA

USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, PUESTOS, PASOS PEATONALES, ETC.



CONCRETO  $f_c$  350 kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO DE PRESFUERZO  $f_s$  ult 18,900 kg/cm<sup>2</sup>



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

TIPO	MU ton-m	BASE				ALTURA					Yi cm	Ys cm	SECCION cm <sup>2</sup>	Si cm <sup>3</sup>	Ss cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	P.P. kg/m
		B	b1	b2	b3	H	h1	h2	h3	h4							
250/30		250	120	150	350	35.0	200	50	50	5	25.7	9.3	3116	8273	22929	212781	748
250/40		250	110	150	350	45.0	300	50	50	5	33.4	11.6	3366	12928	37397	432310	769
250/50		250	100	150	350	55.0	400	50	50	5	41.0	14.0	3596	18325	53614	751136	824
250/60		250	90	150	350	65.0	500	50	50	5	48.5	16.5	3806	24169	70806	1171138	874
250/70		250	80	150	350	75.0	600	50	50	5	55.9	19.1	3996	30188	88472	1688046	920

- MU = MOMENTO ULTIMO EN TON -M
- B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION
- H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION
- Yi = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE
- Ys = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE
- Si = MODULO DE SECCION INFERIOR
- Ss = MODULO DE SECCION SUPERIOR
- I = MOMENTO DE INERCIA
- P.P. = PESO PROPIO EN KG./M

DESCRIPCION

Para lograr una correcta adherencia entre la Losa TT y el firme vaciado en sitio, se deja el lecho superior de la losa con un acabado rugoso, y cuando se hace necesario se dejan anclas o conectores para absorber los esfuerzos rasantes

Aplicaciones: Edificios de oficina, viviendas, clínicas y hospitales, centros comerciales, auditorios, gimnasios, puentes, pasos peatonales, estadios, etc.

ELEMENTO

LOSA TT

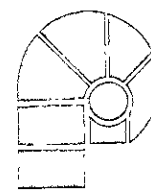
CLAVE

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

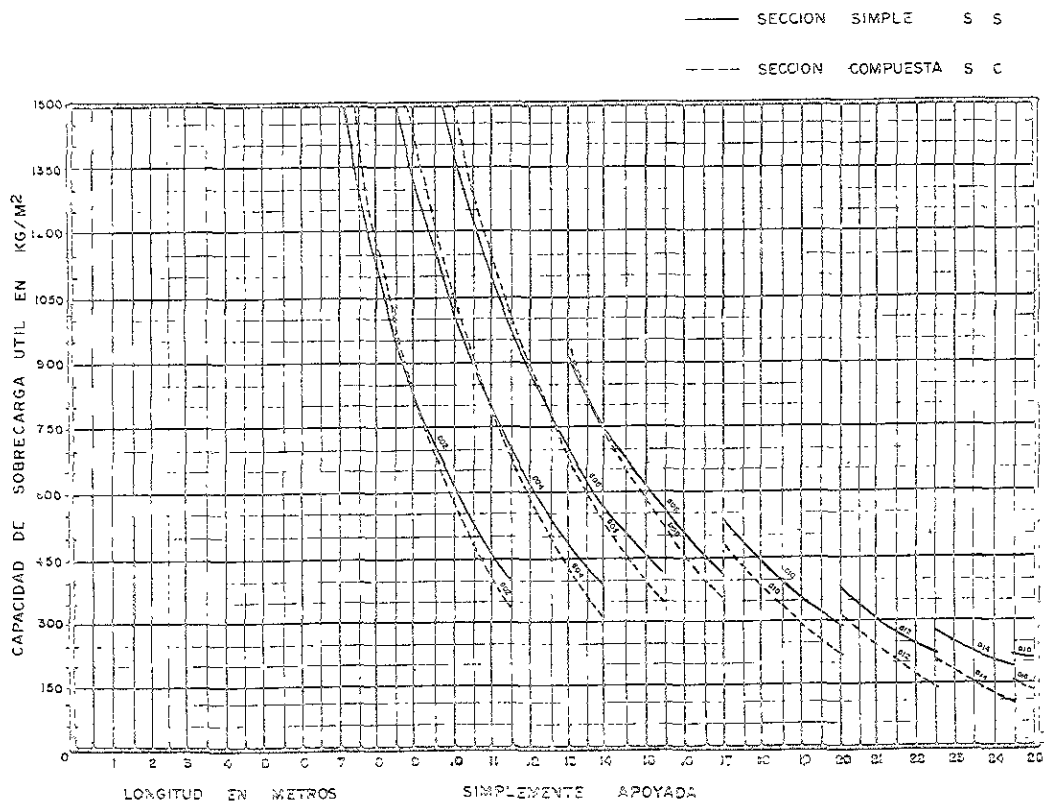
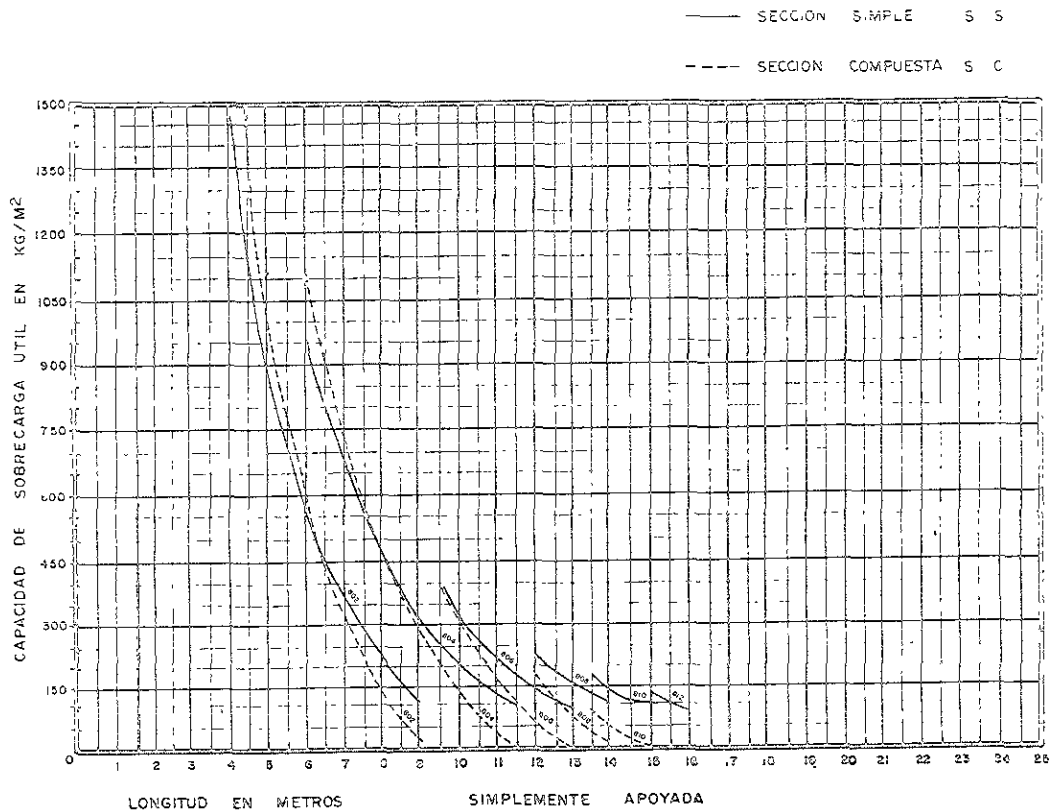
USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, FACHADAS, PASOS PEATONALES, ETC.



67

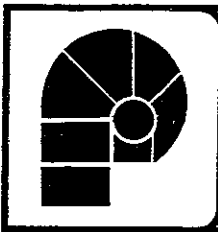
1-77-053











CLAVE

70

I-TT-072

ELEMENTO

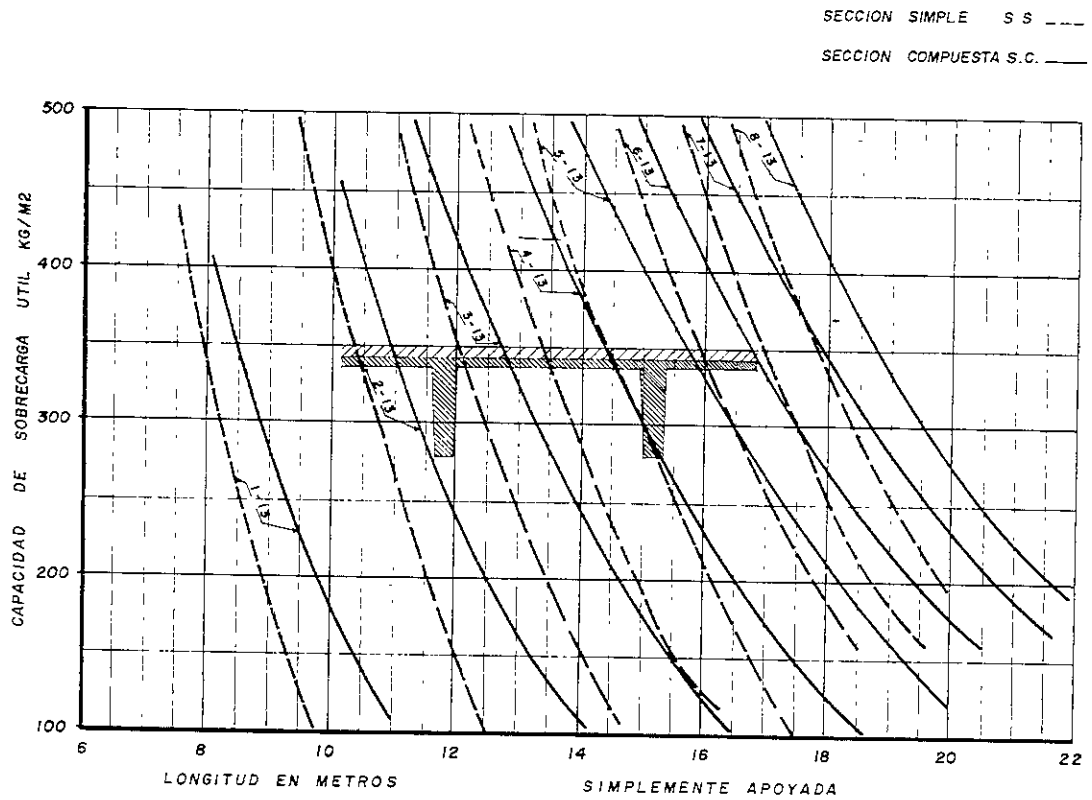
LOSA TT

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, FACHADAS, PASOS PEATONALES, ETC.



ELEMENTO

LOSA TT

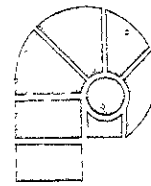
CLAVE

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

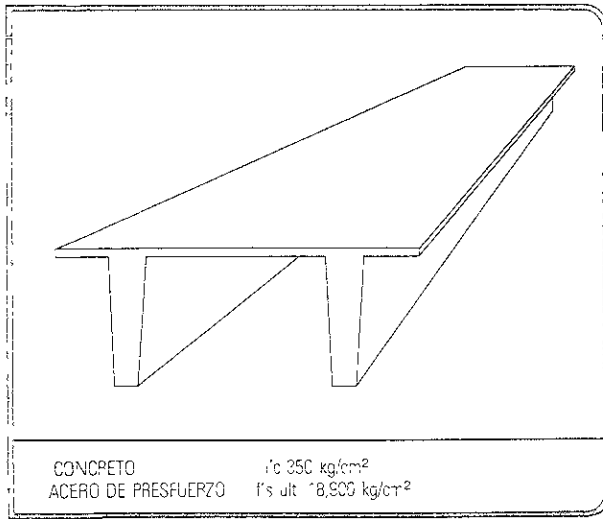
USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, FACHADAS, PASOS PEATONALES, ETC.

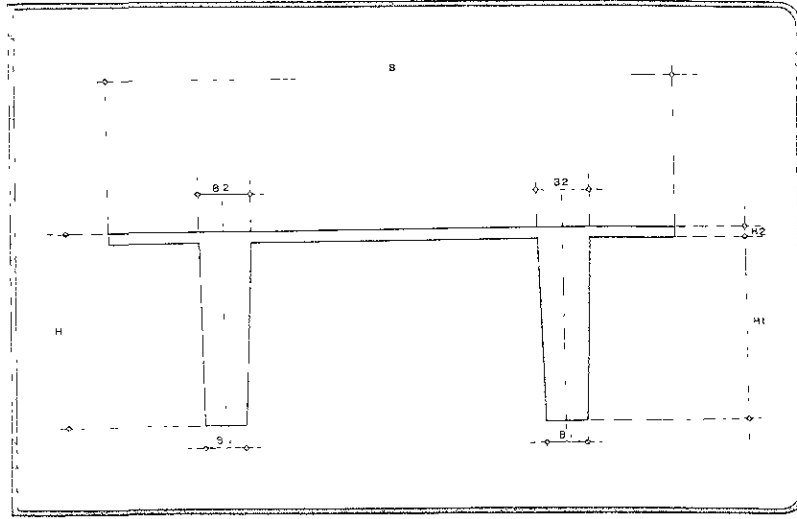


71

LTT-074



CONCRETO  $f_c$  250 kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO DE PRESFUERZO  $f_s$  ult 8,900 kg/cm<sup>2</sup>



## PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

TIPO	MU ton-m	BASE				ALTURA					Y1 cm	Ys cm	SECCION cm <sup>2</sup>	Si cm <sup>3</sup>	Ss cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	P.P kg/m	
		B	b1	b2	b3	H	h1	h2	h3	h4								
250/40		250	105	15	-	40	35	5	-	-	31.2	8.8	1958	6,600	23,500	207,000	472	
250/50		250	9.25	15	-	50	45	5	-	-	37.8	12.2	2229	11,370	35,100	429,000	535	
250/60		250	8	15	-	60	55	5	-	-	43.8	16.2	2515	17,700	48,060	777,000	604	
300/40		300	12	17	-	40	35	5	-	-	29.8	10.2	2515	10,865	31,868	324,000	604	
300/50		300	10.6	17	-	50	45	5	-	-	37	13	2742	15,601	44,218	576,800	658	
300/60		300	9.2	17	-	60	55	5	-	-	44.1	15.9	2941	20,440	53,885	902,200	705	
300/70		300	7.8	17	-	70	65	5	-	-	51.5	18.5	3112	25,073	69,542	1,290,000	747	
300/75		300	7	17	-	75	70	5	-	-	55.2	19.8	3180	27,036	75,684	1,494,000	763	

MU = MOMENTO ULTIMO EN TON -M  
 B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION  
 H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION  
 Y1 = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR  
 AL CENTROIDE  
 Ys = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR  
 AL CENTROIDE  
 Si = MODULO DE SECCION INFERIOR  
 Ss = MODULO DE SECCION SUPERIOR  
 I = MOMENTO DE INERCIA  
 P.P. = PESO PROPIO EN KG./M

## DESCRIPCION

Son elementos estructurales de concreto presforzado, casi siempre el procedimiento de fabricacion es por mec o del pretensado. Para lograr una alta productividad se recurre al curado a vapor, lo que además de incrementar la resistencia del concreto a muy corto plazo, permite la utilización de los moldes en ciclos de colocación diariamente. Se puede producir en diferentes anchos, peraltes y longitudes según las necesidades del proyecto.

Aplicaciones Edificios de oficinas, viviendas, clínicas y hospitales, centros comerciales, gimnasios, pasos peatonales, estadios, etc.



CLAVE

72

I-TT-074

ELEMENTO

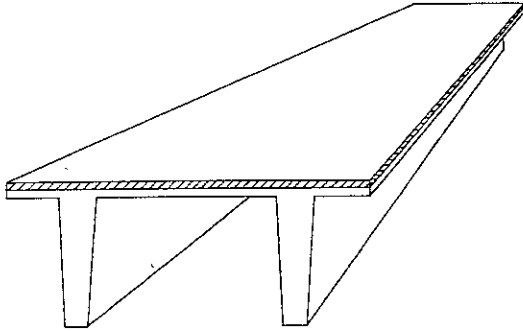
LOSA TT

SECCION SIMPLE

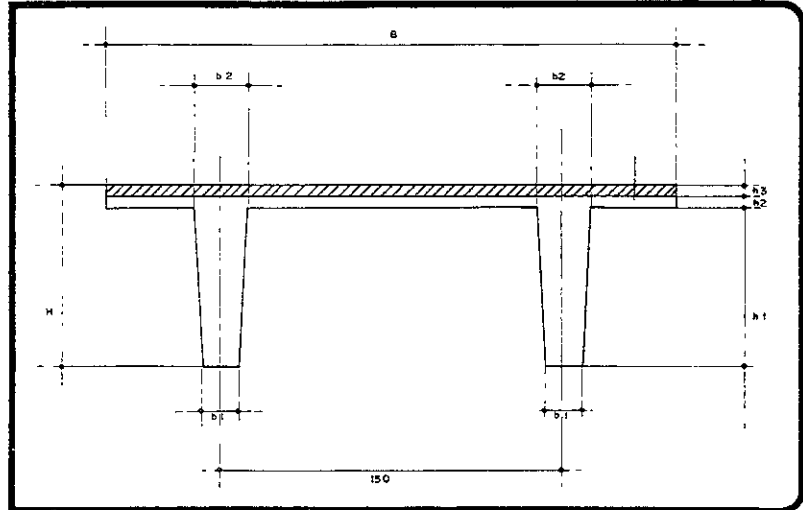
SECCION COMPUESTA

USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, PUENTES, PASOS PEATONALES, ETC.



CONCRETO  $f_c$  350 kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO DE PRESFUERZO  $f_s$  ult 18,900 kg/cm<sup>2</sup>



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

TIPO	MU ton-m	BASE				ALTURA					Yi cm	Ys cm	SECCION cm <sup>2</sup>	Si cm <sup>3</sup>	Ss cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	P.P. kg /m	
		B	b1	b2	b3	H	h1	h2	h3	h4								
250/40		250	10.5	15	-	45	35	5	5	-	34.87	10.33	2843	8,255	27,706	286,200	682	
250/50		250	9.25	15	-	55	45	5	5	-	41.92	13.08	3104	13,535	43,379	567,400	745	
250/60		250	8	15	-	65	55	5	5	-	48.64	16.36	3390	20,683	61,491	1,006,000	814	
300/40		300	12	17	-	45	35	5	5	-	33.8	11.2	3649	13,382	40,240	451,900	876	
300/50		300	10.6	17	-	55	45	5	5	-	41.5	13.5	3876	18,598	57,227	772,000	930	
300/60		300	9.2	17	-	65	55	5	5	-	49.3	15.7	4075	23,980	74,984	1,181,000	978	
300/70		300	7.8	17	-	75	65	5	5	-	57.1	17.9	4246	29,105	92,638	1,661,000	1019	
300/75		300	7	17	-	80	70	5	5	-	61.1	18.9	4314	31,260	101,058	1,910,000	1035	

- MU = MOMENTO ULTIMO EN TON -M
- B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION
- H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION
- Yi = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE
- Ys = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE
- Si = MODULO DE SECCION INFERIOR
- Ss = MODULO DE SECCION SUPERIOR
- I = MOMENTO DE INERCIA
- P.P. = PESO PROPIO EN KG./M

DESCRIPCION

Para lograr una correcta adherencia entre la Losa TT y el firme vaciado en sitio, se deja el lecho superior de la losa con un acabado rugoso, y cuando se hace necesario se dejan anclas o conectores para absorber los esfuerzos rasantes.

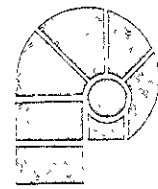
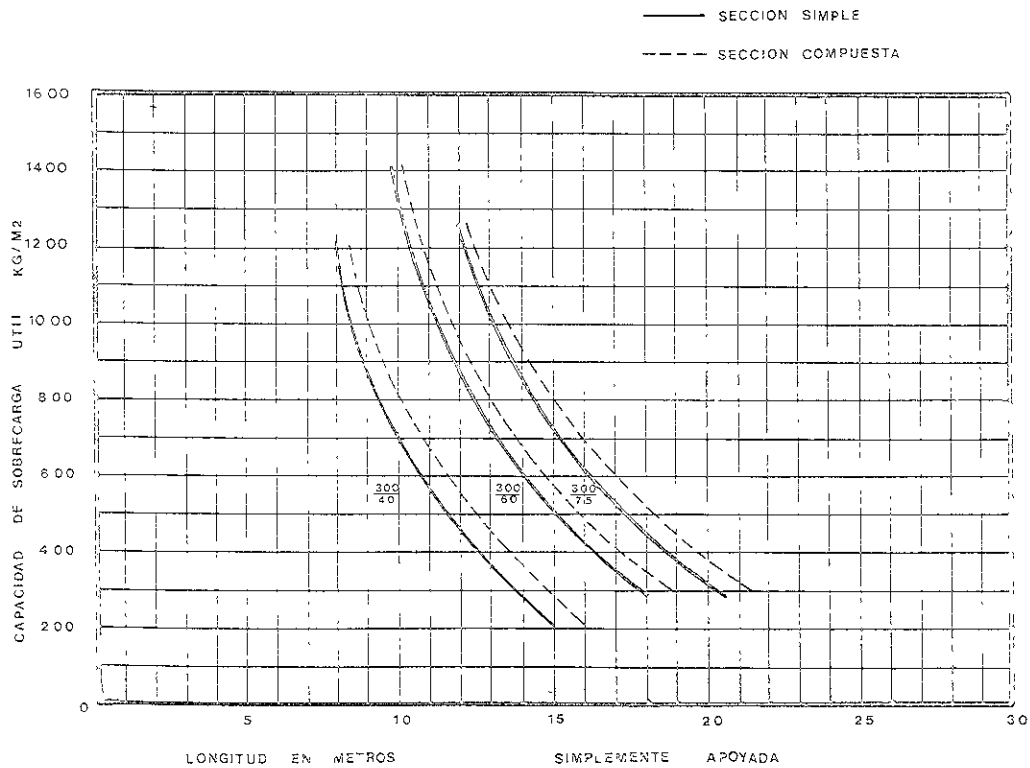
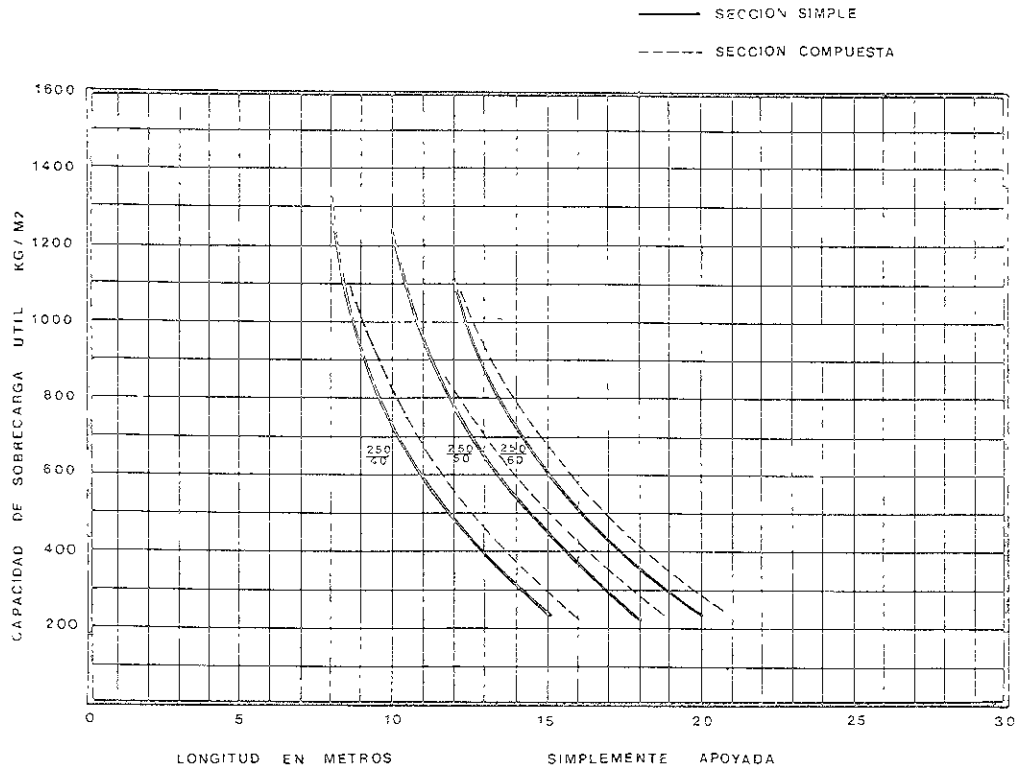
Aplicaciones: Edificios de oficina, viviendas, clínicas y hospitales, centros comerciales, auditorios, gimnasios, puentes, pasos peatonales, estadios, etc.

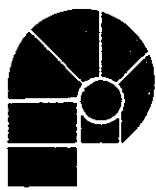
SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

USC

CUBIERTAS, ENTREPISOS, PUENTES, PASOS PEATONALES, ETC.

73  
HT-074



CLAVE

74

I-TT-082

ELEMENTO

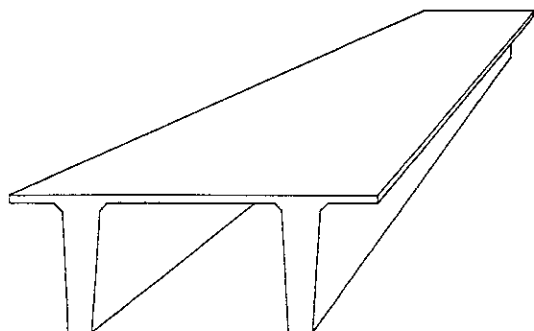
LOSA TT

SECCION SIMPLE

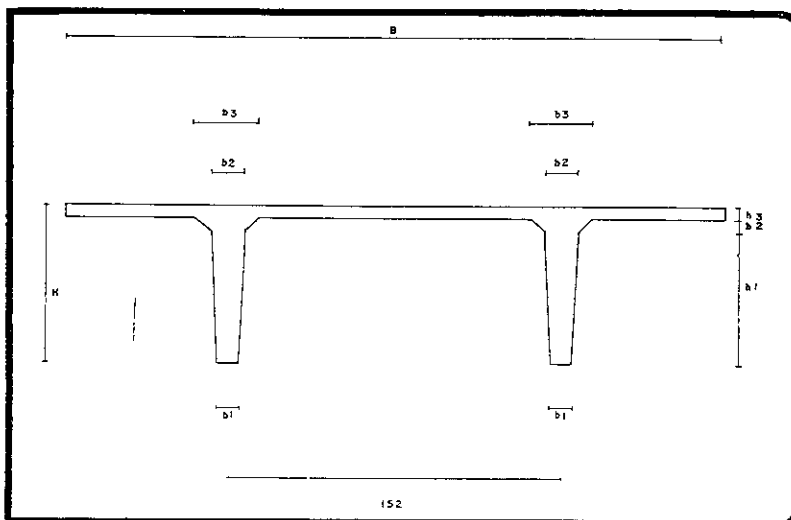
SECCION COMPUESTA

USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, FACHADAS, PASOS PEATONALES, ETC.



CONCRETO  $f_c$  350 kg/cm<sup>2</sup>  
ACERO DE PRESFUERZO  $f_s$  ult 18,900 kg/cm<sup>2</sup>



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

TIPO	MU ton-m	BASE			ALTURA					Y <sub>1</sub> cm	Y <sub>s</sub> cm	SECCION cm <sup>2</sup>	S <sub>i</sub> cm <sup>3</sup>	S <sub>s</sub> cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	P.P. kg/m	
		B	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	H	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>								h <sub>4</sub>
244/50		244	100	145	245	55	400	5.0	5.0	5	41.3	8.7	3460	16945	80555	790023	830
244/60		244	100	160	260	65	50.0	5.0	5.0	5	48.2	11.8	3787	24306	99181	1171338	909
244/70		244	100	17.0	27.0	75	60.0	5.0	5.0	5	54.9	15.1	4112	32827	119253	1801915	987
244/80		244	100	18.2	28.2	85	70.0	5.0	5.0	5	61.4	18.6	4457	42666	140646	2618844	1070

- MU = MOMENTO ULTIMO EN TON -M
- B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION
- H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION
- Y<sub>1</sub> = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE
- Y<sub>s</sub> = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE
- S<sub>i</sub> = MODULO DE SECCION INFERIOR
- S<sub>s</sub> = MODULO DE SECCION SUPERIOR
- I = MOMENTO DE INERCIA
- P.P. = PESO PROPIO EN KG./M

DESCRIPCION

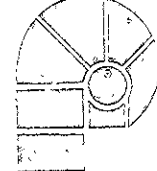
Son elementos estructurales de concreto presforzado, casi siempre el procedimiento de fabricación es por medio del pretensado. Para lograr una alta productividad se recurre al curado a vapor, lo que además de incrementar la resistencia del concreto a muy corto plazo, permite la resistencia de los moldes en ciclos de colado diariamente. Se pueden producir en diferentes anchos, peraltes y longitudes según las necesidades del proyecto.  
Aplicaciones: edificios de oficina, viviendas, clínicas y hospitales, centros comerciales, auditorios, gimnasios, puentes, pasos peatonales, estadios, etc.

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

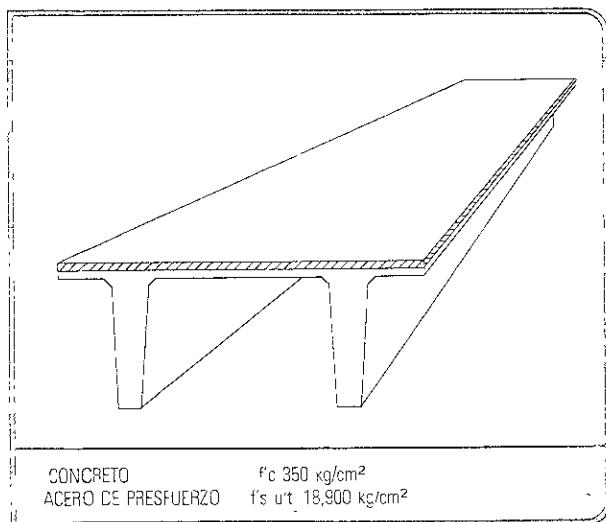
USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, PUENTES, PASOS PEATONALES, ETC.

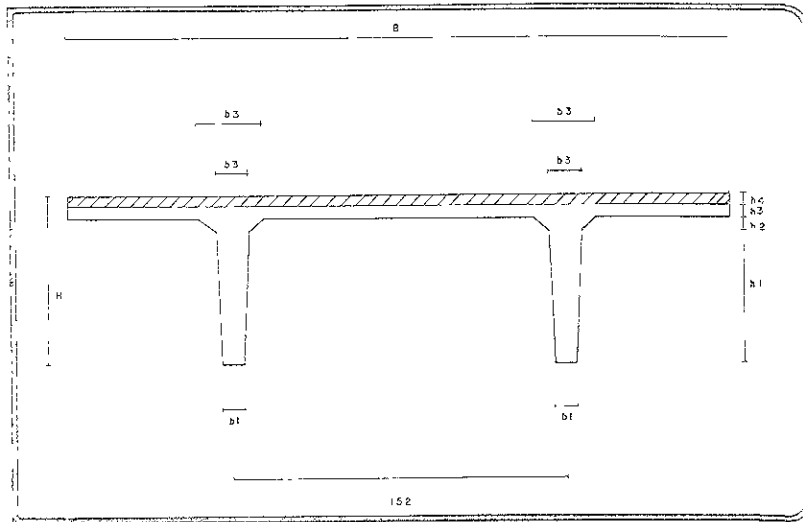


75

1-77-082



CONCRETO  $f'c$  350 kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO DE PRESFUERZO  $f's$  ut. 18,900 kg/cm<sup>2</sup>



## PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

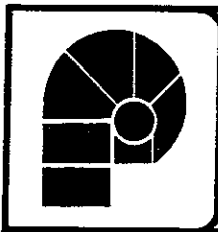
TIPO	MU ton-m	BASE				ALTURA					Y <sub>i</sub> cm	Y <sub>s</sub> cm	SECCION cm <sup>2</sup>	S <sub>i</sub> cm <sup>3</sup>	S <sub>s</sub> cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	P.P. kg/m
		B	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	H	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>							
244/50		244	100	145	245	50	400	50	50	-	366	134	2429	14057	38240	513946	583
244/60		244	100	160	260	60	500	50	50	-	428	172	2756	20522	51233	879169	661
244/70		244	100	170	270	70	600	50	50	-	490	210	3081	28023	65343	1372660	739
244/80		244	100	182	282	80	700	50	50	-	550	250	3426	36679	80789	2018113	822
250/40	46.09	250	140	180	33	400	250	100	50	-	402	98	3775	20430	83805	821288	906
250/50	63.37	250	124	180	33	500	350	100	50	-	355	145	2719	16882	41283	598599	653
250/60	80.26	250	107	180	33	600	450	100	50	-	435	165	2730	19360	51039	842147	656
250/60	138.4	250	183	247	397	600	475	75	50	-	392	208	3726	32675	61580	1280856	894
250/70	169.2	250	168	247	397	700	575	75	50	-	455	245	4060	41628	77310	1894088	974
250/80	215.2	250	152	247	397	800	675	75	50	-	526	284	4345	51654	95687	2717507	1055

MU = MOMENTO ULTIMO EN TON -M  
 B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION  
 h = PERALTE TOTAL DE LA SECCION  
 Y<sub>i</sub> = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR  
 AL CENTROIDE  
 Y<sub>s</sub> = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR  
 AL CENTROIDE  
 S<sub>i</sub> = MODULO DE SECCION INFERIOR  
 S<sub>s</sub> = MODULO DE SECCION SUPERIOR  
 I = MOMENTO DE INERCIA  
 P.P. = PESO PROPIO EN KG./M

## DESCRIPCION

Para lograr una correcta adherencia entre la Losa TT y el firme vaciado en sitio, se deja el techo superior de la losa con un acabado rugoso, y cuando se hace necesario se dejan anclas o conectores para absorber los esfuerzos rasantes.

Aplicaciones. Edificios de oficina, viviendas, clínicas y hospitales, centros comerciales, auditorios, gimnasios, puentes, pasos peatonales, estadios, etc.



CLAVE

76

I-TT-082

ELEMENTO

LOSA TT

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, PUENTES, PASOS PEATONALES, ETC.

— SECCION SIMPLE S. S.  
- - - SECCION COMPUESTA S. C.

