

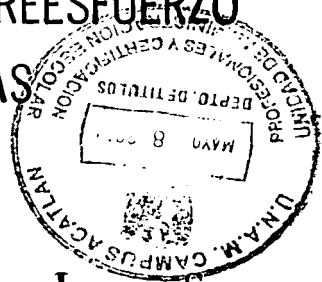
40



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"

APLICACION DEL PREESFUERZO EN LOSAS



TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO CIVIL PRESENTA: JUAN MIGUEL UGALDE RODRIGUEZ

Asesor: Víctor Jesús Perusquia Montoya



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ABRIL DE 2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis 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.

## AGRADECIMIENTOS

### A DIOS:

Por darme la vida y permitirme llegar ha este momento tan importante como ser humano, por darme paciencia y sabiduría en los momentos difíciles.

Gracias señor.

### A MIS PADRES:

Gilberto Ugalde Aguilar.  
Carmen Rodriguez Muñiz.

Por regalarme la vida y concederme la oportunidad de ser su hijo, por darme la mejor herencia que pude haber recibido, por sus sacrificios, lamentaciones, desvelos, lagrimas, preocupaciones y por ser mi mas grande tesoro.

Los amo.

### A MIS HERMANOS

Gilberto Ugalde Rodriguez.  
L. Rafael Ugalde Rodriguez.  
Víctor M. Ugalde Rodriguez.  
Gerardo R. Ugalde Rodriguez.

Por ser los mejores ejemplos a seguir y proveerme de la mas sincera orientación. El decirles cuanto les agradezco no bastaría, pues las palabras enmudecerían con el viento... de antemano y por siempre GRACIAS HERMANOS... por todo lo que se han molestado en enseñarme; por hacer de mí una persona con más juicio, más honesto y sincero conmigo mismo, para poder ser así con los demás.

A cada uno de ustedes todo mi cariño.

## A MI FAMILIA:

Quien tiene cariño, amor, comprensión, orientación, honestidad, pero sobre todo identidad de sí mismo, rebosa el tener una GRAN FAMILIA.

Quien tiene una FAMILIA y tiene la fortuna de ostentar y admirar la vida de sus integrantes, simplemente lo tiene todo. Este triunfo es también de ustedes, porque de ustedes también he aprendido. Con todo mi corazón para:

Mis abuelas.  
Sobrinos.  
Tías y tíos.  
Primas y primos.  
Cuñadas.

## A LA INSTITUCIÓN Y PROFESORES:

Pertenecer a una Institución significa identidad; el pertenecer a esta Institución como en la UNAM, es el más grande orgullo de todo aquel que tiene la oportunidad de estudiar. Ser **UNIVERSITARIO** implica una responsabilidad al portar los colores en el corazón, pues de ello emana lo magnánimo que es la universidad.

Quiero hacer extenso el agradecimiento a cada uno de los profesores que se dieron el tiempo necesario para poder formarme; por haberme tenido paciencia; orientarme y enseñarme lo necesario para poder brincar a la vida profesional. a todos mis profesores, destacando al:

Ing. Francisco Pérez Arellano.

También quiero agradecer infinitamente una vez más a mi profesor la instrucción en mi formación y sobre todo la dirección de este trabajo como asesor de tesis; por su disposición en el desarrollo del mismo; por sus observaciones y llamadas de atención; por sus enseñanzas y sobre todo por su amistad. gracias:

Ing. Víctor J. Perusquia Montoya.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## A INGENIEROS Y ARQUITECTOS:

Deseo expresar infinitamente mi agradecimiento a todos y cada uno de los Ingenieros que contribuyeron desinteresadamente en la realizacion de este trabajo, proporcionándome su tiempo, paciencia, material e información, sin importar la molestia que pudiese ocasionarles; de manera especial todo mi agradecimiento a:

Ing. Ricardo Bravo Hernández.  
Ing. Rafael Villegas Lezama.  
Ing. Jesus Villegas Trejo.  
Ing. Francisco Romo Piñera.  
Ing. Hector Schiaffini Hernandez.  
Ing. Roberto Rodríguez García.  
Ing. Francisco Antonio Cuevas Valeriano.  
Lic. Leticia Amador Nova.

Así como a los Ingenieros que me dieron la oportunidad de empezar ha experimentar en carne propia la vida profesional en campo:

Ing. Josué Zavala Beltrán.  
Ing. Gregorio Fragoso F.  
Ing. Pedro Martínez Carmen.  
Arq. Juan Chávez Flores.  
Arq. Alejandro Mondragón.  
Ing. Eduardo Montiel.

## A MIS AMIGOS:

Quiero de alguna manera también hacer expreso mi agradecimiento a todos mis amigos que siempre han estado conmigo en todo momento, realizando actos de motivación, alentando el ego propio. Espero de todo corazón seguir contando con su condicional estímulo y amistad para seguir disfrutando de estos pequeños momentos con ustedes, que aunque muy modestos, son muy significativos para mí, no importando el lugar donde sé este.

A todos los CUATES

Gracias.



## Esquema de tesis

**TITULO:** Aplicación del Presfuerzo en Losas.

**Objetivo General:** Demostrar y verificar el criterio del uso y empleo del presfuerzo en los prefabricados de los sistemas de piso; demostrando su eficiencia en la optimización del tiempo de ejecución, control de calidad, supervisión; para poder satisfacer los requerimientos y solicitudes que los usuarios de los sistemas demanden, brindando edificaciones más seguras y económicas.



## CAPITULO I.- Reseña Histórica y conceptos básicos del Presfuerzo.

	Pags
Introducción.	2
1.1.- Antecedentes históricos del presfuerzo.	5
1.2. - Conceptos básicos del presfuerzo.	7
1.2.1. - Definición del presfuerzo.	7
1.2.1.1. - Clasificación general del presfuerzo.	10
1.2.2. - El Pretensado.	11
1.2.3. - El Postensado.	11
1.2.3.1. - El Postensado exterior.	12
1.2.4. - Otras clasificaciones del presfuerzo.	14
1.3. - Diferencias que existen entre el pretensado y el postensado.	16
1.4. - Comparativa entre el concreto presfuerzoado y el concreto reforzado.	17
1.4.1. - Utilidad.	18
1.4.2. - Economía y consumo de materiales.	18
1.4.3. - Seguridad.	20
1.5. - Otras aplicaciones del presfuerzo.	21

## CAPITULO II.- Descripción de los elementos que integran el Presfuerzo en los Sistemas de Piso.

Introducción.	23
2.1. - Definición de sistema de piso ó losa.	24
2.2. - Definición de precolado.	25
2.3. - Descripción general de los elementos que integran un elemento presfuerzoado.	27
2.3.1. - Concreto.	28
2.3.2. - Agregados.	30
2.3.3. - Cementantes.	31



2.3.4. - Aditivos.	32
2.3.5. - Acero de presfuerzo.	34
2.3.6. - Acero de refuerzo.	37
2.4. - Descripción de los elementos empleados en la elaboración de los sistemas de piso.	39
2.4.1. - Sistema pretensados.	40
2.4.2. - Sistema postensados.	41
2.5. - Descripción general del proceso de elaboración de los Presforzados.	42
2.5.1. - Pretensados.	42
2.5.2. - Postensados.	44

### **CAPITULO III.- Control de calidad de los elementos que intervienen en la producción de los Sistemas de Piso.**

Introducción.	47
3.1. - Control de calidad de los materiales que se emplean en la elaboración de los Sistemas de Piso.	50
3.1.1.- Agregados.	51
3.1.2.- Concreto.	53
3.1.3.- Cementos.	54
3.1.4.- Agua.	54
3.1.5.- Aditivos	55
3.1.6.- Acero.	56
3.1.7.- Otros.	59
3.2. - Equipo empleado en obra y en planta para la elaboración de los sistemas de piso Presforzados.	61
3.2.1.- Equipo empleado en planta.	61
3.2.2.- Equipo empleado en obra.	65
3.3. - Mano de obra en la aplicación de los sistemas de piso Presforzados	66
3.3.1. - Personal en obra.	66
3.3.2. - Personal en planta.	67
3.3.3. - Supervisión interna en la elaboración de los sistemas de piso presforzados.	68
3.3.4. - Supervisión externa en la elaboración de los sistemas de piso presforzados.	69

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**





**CAPITULO IV.- Sistemas de Pisos que existen en el mercado producidos por la iniciativa privada.**

Introducción.	71
4.1. – Sistemas de piso pretensados.	72
4.1.1. – Viguetas y bovedilla.	73
4.1.2. – Sistemas de losas extruidas o de corazón hueco.	78
4.1.3. – Sistemas de piso a base de trabes o vigas "T", "TT", "2AT", "TY".	84
4.2. – Sistemas de piso postensados.	90
4.3.- Alternativa financiera para sistemas de piso en edificios.	97

**CAPITULO V.- Descripción de conceptos que se presentan y surgen en la aplicación del Presfuerzo en los Sistemas de Piso**

Introducción.	103
5.1. - Refuerzo mínimo y por temperatura.	104
5.1.1.- Refuerzo mínimo.	104
5.1.2.- Refuerzo por temperatura.	106
5.2. – Transportación de los sistemas de piso presforzados.	107
5.3. - Montaje (Izaje).	111
5.4. –Conexiones y anclajes.	115
5.4.1.- Conexiones.	115
5.4.2.- Anclajes.	118
5.5.- Comportamiento ante cargas cíclicas y/o accidentales de las estructuras de concreto prefabricado-presforzado.	120
5.6. - Mantenimiento y control de las deflexiones y grietas en la aplicación del presfuerzo en los sistemas de piso.	122



**CAPITULO VI.- Ejemplo aplicativo del proceso constructivo de uno de los Sistemas de Piso (Postensado – Obra “El MIRADOR”– Utilización de monotorones en losa aligerada).**

Introducción.	126
6.1. - ¿Porque se tomo la decisión de emplear este sistema de piso para la realización de esta obra?	127
6.2. - Programa de ejecución de los sistemas de piso.	128
6.3. - Proceso constructivo	128
6.3.1. - Preliminares.	128
6.3.2. - Cimbrado	129
6.3.3. - Trazo.	129
6.3.4. - Colocación de tela de gallinero	129
6.3.5.- Armado	129
6.3.6.- Colocación del presfuerzo.	130
6.3.7.- Capa de fluidoconcreto.	130
6.3.8.- Colocación de poli-estireno (caselón).	130
6.3.9.- Tendido de malla electro soldada.	131
6.3.10.- Colado de concreto	131
6.3.11.- Curado de la losa.	131
6.3.12.- Tensado del presfuerzo en los elementos que constituyen la losa.	132
6.3.13.- Corte del acero de presfuerzo a ras de paño.	132
6.3.14.- Protección contra la corrosión e intemperie.	132
6.3.15.- Acabado del sistema de piso	132
6.4. - Supervisión del proceso constructivo	133
6.4.1. - Interna.	133
6.4.2. - Externa.	133
Conclusiones.	150
Bibliografía.	



CAPITULO I :  
RESEÑA HISTÓRICA  
Y CONCEPTOS  
BÁSICOS DEL  
PRESFUERZO.



## CAPÍTULO I.-Reseña Histórica y conceptos básicos del Presfuerzo.

**Objetivo Particular:** Dar a conocer el nacimiento, desarrollo y clasificación del presfuerzo, como elemento básico en la utilización de este material en la industria de la construcción y de los prefabricados en los sistemas de piso.

### INTRODUCCIÓN:

Actualmente el presfuerzo representa uno de los avances tecnológicos de mayor aprovechamiento que la industria de la construcción ha destacado en el transcurso de las últimas dos décadas.

La Ingeniería Civil se ha caracterizado por el aprovechamiento de los recursos pese a su disponibilidad (aún resultando demasiado costosos dichos recursos); aun bajo cualquier indisposición se presentan las soluciones correspondientes para la realización de cualquier obra civil. No se ha limitado el uso de este material a las nuevas técnicas de construcción, pues siempre se ha caracterizado la ingeniería por perseguir, orientar y alentar, innovaciones de procesos que conduzcan a una racionalización de recursos materiales, humanos y financieros.

A medida de que pasa el tiempo se han desarrollado las técnicas de construcción mas sofisticadas en cada una de sus áreas, teniendo importantes progresos la tecnología mostrada en cada obra, permitiendo optimizar todos los recursos disponibles de los que hace uso la ingeniería que se realiza en México y en el extranjero.

Hoy día el estudio de nuevas técnicas de construcción ha permitido a todos aquellos constructores ser más audaces y agresivos, la innovación de técnicas y materiales como el presfuerzo, permite hacer hoy lo que algunas décadas antes no se podía. Ahora podemos y nos atrevemos a decir que gracias a la audacia de los ingenieros, la aplicación de este material es una herramienta invaluable en la industria de la construcción, aprovechando el ingenio, el sentido común y la experiencia de quienes la poseen.

Pues bien, el empleo del presfuerzo en la construcción ha demostrado que es uno de los materiales con mayor aceptación, distinguiéndolo como uno de sus principales elementos para en construcción de puentes, prefabricados, cimentaciones y edificios, teniendo en este último uno de sus mayores auges por su sencillo empleo y manejo de todos los elementos de concreto presforzado.

Materiales de construcción como lo es el acero de presfuerzo, han permitido que proyectos de gran importancia como lo son los edificios de gran altura, grandes claros o simplemente estructuras caprichosas, denoten su potencialidad de uso, cumpliendo con las demandas de productividad, eficiencia y seguridad que los usuarios requieren, con el objetivo de superar las expectativas de calidad en las obras.



El uso del presfuerzo en las estructuras ha superado claramente a las del concreto reforzado por sus sorprendentes resultados y beneficios que ofrece.

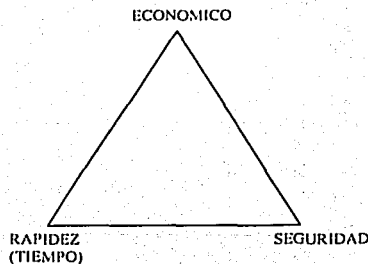
La utilización de concreto presfuerzo se ha llevado a cabo en muchos países tales como:

- E.U.A.
- Canadá.
- Francia.
- Australia.
- Turquía.
- La India.
- México.
- Entre otros.

En México, en la última década del milenio ha empezado a tener un gran progreso la utilización del concreto presfuerzo; sin embargo, esta técnica ha creado una revolución para la industria de la construcción debido a que reditúa en aspectos como son funcionalidad, economía, mano de obra, materiales y lo más importante, el tiempo de ejecución; pues lo que se pretende al emplear una estructura de concreto presfuerzo es obtener resultados óptimos incrementando su rentabilidad.

Para mayor claridad se ilustra la Grafica I de optimización de recursos que un Ingeniero Civil debe tener presente en su desempeño profesional.

### GRAFICA DE OPTIMIZACION DE RECURSOS PARA UN INGENIERO CIVIL.

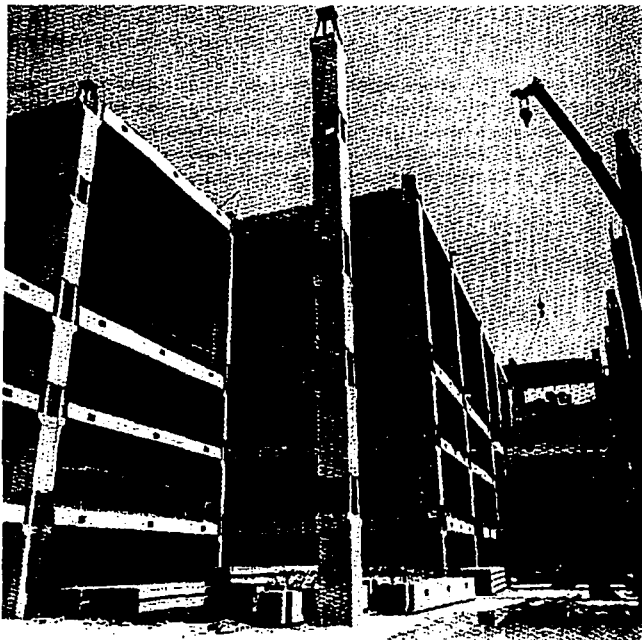


Grafica I



En este trabajo se pretende dar un enfoque que va de lo general a lo particular, sobre las características que comprende la aplicación del presfuerzo en los procesos constructivos de los sistemas de piso, basándose en estructuras de elementos prefabricados y presforzados.

Dado que ofrece grandes ventajas la prefabricación y el presfuerzo en las estructuras, son técnicas relativamente nuevas en el campo de la construcción, es por ello que se hace necesario detallar sus cualidades estructurales, constructivas y geométricas de los elementos, para que su aplicación sea la mas eficiente en comparación con los sistemas tradicionales.



Fotografía-1. Estructura Prefabricada. Centro comercial Auchan Miguel Ángel de Quevedo "



### 1.1. – ANTECEDENTES HISTORICOS DEL PRESFUERZO.

La mayoría de los autores que han investigado la historia de la prefabricación y el presfuerzo comienzan sus relatos a mediados del siglo XIX, cuando se realizaron las primeras casas totalmente prefabricadas. En la actualidad estas técnicas constructivas constituyen un legado para su utilización en lo futuro. Por esto la historia de la prefabricación comienza con la de las civilizaciones.

El principio básico del presfuerzo fue aplicado en la construcción de barriles hace siglos, cuando se ataban cintas o bandas metálicas alrededor de duelas de madera para formarlos, apretando los cinchos tal y como se muestra en la Figura 1.1.

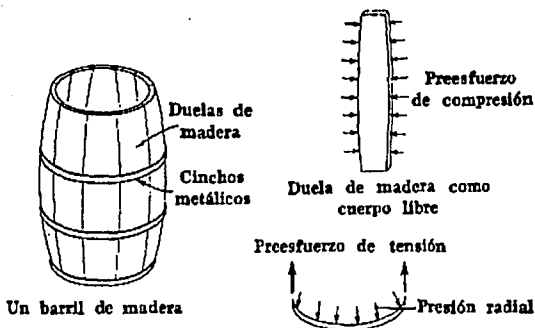


Figura 1.1. Ilustración básica del presfuerzo.

La figura muestra como los cinchos están sobre un presfuerzo de tensión que crea un presfuerzo de compresión entre las duelas, habilitándolo de tal forma que pueda resistir la tensión de arco producida por la presión interna del líquido. Dicho de otra manera tanto las duelas como los cinchos son presfuerzados antes de ser sometidos a un trabajo.

Desde los inicios del renacimiento italiano, ya se tenía contemplada la idea de construir una ciudad completamente prefabricada, en la cual sólo los cimientos serían hechos en el sitio.

A principios del siglo XIX nace la idea de reforzar el concreto mediante la introducción de barras de acero, surgiendo con este hecho el concreto reforzado; así pues este material se incorpora a la industria de la construcción como un producto industrial. Una vez descubierta la versatilidad del concreto, se introdujo plenamente como concreto reforzado.



Surgieron algunos investigadores que estudiaron la manera de evitar que aparecieran grietas en los elementos de concreto armado. Estos investigadores pensaron en introducir una compresión previa en el concreto mediante cables de acero, que al tensarse y anclarse en los extremos produciría tal efecto.

La primera aplicación del presforzado se realizó en 1837 por parte de Sourie Wipple, fabricante norteamericano de instrumentos, desarrollando lo que se conoce con el nombre de armadura de Wipple o de doble intersección.

Sin embargo, el principio del presfuerzo fue aplicado al concreto hasta 1886, cuando P.H Jackson, un ingeniero norteamericano, obtuvo las patentes para atar varillas de acero en piedras artificiales y en arcos de concreto que servirían como losas de piso.

C. E. W. Doehrin ingeniero Alemán, en el año de 1888 aseguró una patente para concreto reforzado donde el acero tenía aplicada una tensión antes de que fuera cargado el elemento - principio del presfuerzo-.

En 1908 C.R. Steiner, sugirió la posibilidad de reajustar la barra de presfuerzo después de que hubiera tenido lugar cierta contracción y escurrimiento plástico en el concreto, con el objeto de recuperar algunas de las pérdidas.

R. E. Dill, en 1925, ensaya barras de acero de alta resistencia cubiertas (forradas), para evitar la adherencia con el concreto, después de colocarlas en el concreto se tensaban las varillas y se anclaban con tuercas.\*

El desarrollo moderno del concreto presforzado se le acredita a Eugene Freyssinet, quién por su gran interés en la materia, realizó pruebas usando alambres de acero de alta resistencia. Esto lo llevo a pensar a que si existieran materiales de estas condiciones tanto acero y concreto de la más alta calidad y resistencia (lo cual arriba muy lentamente debido a la escasez y debido al conflicto de la segunda guerra mundial), se obtendrían propiedades en el concreto nunca antes vistas.

En 1928 Freyssinet logra su primera patente estableciendo así su teoría del presfuerzo, así mismo desarrolla su primera publicación "Una revolución en el arte de la construcción". Debido a que Eugene Freyssinet desarrollo las bases del concreto presforzado se le considera el padre del presfuerzo.

En el año 1939 Freyssinet produce cuñas cónicas para los anclajes extremos en los elementos, diseñando consigo gatos de doble tracción con los cuales tensaban y anclaban los cables (acero de presfuerzo).

En 1940, el profesor G. Magnel, en Bélgica desarrolló el sistema que lleva su nombre, consistiendo en estirar dos cables (alambres) simultáneamente y anclándolos con una cuña metálica simple en cada extremo.

\* Ninguno de los métodos mencionados anteriormente, se realizó en extensiones considerables, ya que por razones económicas, no pudieron ser efectuadas en su momento y por la poca accesibilidad que se tenía al emplear acero de presfuerzo.





En ese entonces el concreto presforzado comenzó a adquirir importancia aunque llegó a escena hasta 1945, demostrado hasta hoy una gran evolución la implantación de esta técnica en la industria de la construcción<sup>0</sup>.

## 1.2. - CONCEPTOS BÁSICOS DEL PRESFUERZO.

### 1.2.1. - Definición del Presfuerzo.

A continuación se enuncian algunas definiciones del presfuerzo, recopiladas en el transcurso de esta investigación:

#### ◆ EL PRESFUERZO.

El comité de concreto Presforzado del ACI define al presfuerzo como:

El presfuerzo (precargado) de una estructura, es la aplicación de las cargas de diseño requeridas, realizando de tal forma que mejore su comportamiento general, en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los resultantes definidos por las cargas externas dadas se equilibren hasta el grado deseado por el proyectista.<sup>1</sup>

Otras definiciones son:

El concreto presforzado también puede definirse como concreto pre-comprimido. Esto significa que un miembro antes de empezar su vida de trabajo, es sometido por un esfuerzo de compresión en aquellas zonas donde se desarrollan esfuerzos de tensión bajo cargas de trabajo.<sup>2</sup>

El concreto presforzado puede definirse también como la aplicación de una fuerza o un momento predeterminado sobre un elemento estructural, de tal manera que la combinación de esfuerzos internos en el mismo miembro resulten igual a los generados por las cargas externas o cuando menos que dichos esfuerzos queden dentro de ciertos límites especificados.<sup>3</sup>

Estas definiciones nos permiten concluir con una definición propia, no alterando la sinopsis del tema que se pretende desarrollar; es por ello que a continuación tenemos:

El **Presfuerzo** consiste en crear un estado de esfuerzos y deformaciones dentro de un material, a fin de mejorar su comportamiento, para satisfacer su función para la que sé esta destinado.

<sup>0</sup> Diseño de estructuras de concreto Presforzado; Arthur H. Nilson; LIMUSA 2da impresión; México 1990  
Concreto Presforzado, Nalbey Kachaturian, German Gurtinkel, DIANA 2da impresión, 1981.

<sup>1</sup> Diseño de estructuras de concreto Presforzado, T.Y.LIN; CECSA; México.

<sup>2</sup> Introducción al Presfuerzo, A. Hallen; IMCYC; LIMUSA

<sup>3</sup> Factores que intervienen en la construcción de elementos de concreto presforzado. Rodolfo Vilchis. Abril 1989, IPN



Así pues, el **Presfuerzo** no es un estado permanente de esfuerzos y deformaciones sino que depende del transcurso del tiempo, pues tanto el concreto como el acero se deforman elásticamente, obedeciendo la ley de Hooke cuando están sometidos a un estado de esfuerzos permanente.

Pueden aplicarse tres diferentes conceptos para explicar aun más el comportamiento básico del concreto presforzado:

1. Primer concepto.- El presfuerzo transformará al concreto en un material elástico.

Este concepto considera al concreto simple un material elástico por la precomprensión que se le suministra al ser tensado el acero de presfuerzo. El concreto es susceptible a esfuerzos de tensión, de hecho se considera aproximadamente diez veces menor que su capacidad a la compresión. Generalmente se cree que si no hay esfuerzos de tensión en el concreto, no se presentaran grietas, además el concreto no es un material frágil, sino que se convierte en un material elástico capaz de soportar esfuerzos de tensión, tal y como se muestra en la Figura 1.2.

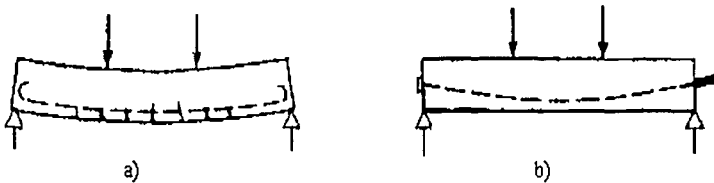


Figura 1.2. Representación de esfuerzos de tensión en el concreto. a) Viga simplemente reforzada. b) Viga presforzada.

Para esto el concreto se encontrará sujeto a dos sistemas de fuerzas las cuales son:

- La aplicación del presfuerzo interno.
- Carga externa.

Se muestra claramente en la Figura 1.2 como los esfuerzos de tensión producidos por la carga externa se equilibran por los esfuerzos de compresión debidos al presfuerzo sin que se origine el agrietamiento en la pieza.

El concreto presforzado requiere de una predeformación para satisfacer las cargas a las que será sometido, teniendo en cuenta que ese elemento se acortará, esto significa que mientras no suceda esto no estará presforzado.



## 2. - Segundo Concepto.- Combinación de acero y concreto de alta resistencia.

Este concepto considera al concreto presforzado como una combinación de acero y concreto parecido al que se hace en el concreto reforzado; con el acero absorbiendo la tensión y el concreto la compresión, formando así el par resistente del elemento presforzado, con un brazo de palanca entre ellos contra el momento exterior (Figura 1.3).

Donde: P = Carga ó sollicitación actuante.  
C = Compresión en el elemento.  
T = Tensión en el elemento.

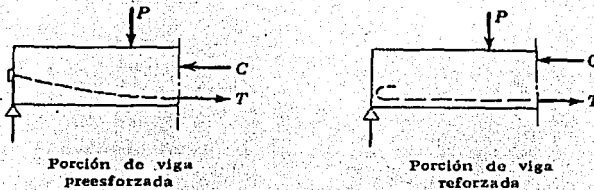


Figura 1.3. Acción del momento flexionante en una viga presforzada y una viga reforzada

Si el acero de alta resistencia se ahogara únicamente en el concreto como se hace con el refuerzo ordinario, produciría agrietamiento alrededor del presfuerzo antes de desarrollar su resistencia total.

En el concreto presforzado se utiliza acero de alta resistencia el cual se tendrá que alargar considerablemente una longitud para poder utilizar totalmente su resistencia.

Es necesario pre-estirar y anclar el acero contra el concreto, propiciándole al elemento esfuerzos y deformaciones ideales en ambos materiales; esfuerzos y deformaciones de compresión en el concreto y esfuerzos y deformaciones de tensión en el acero, permitiendo una acción combinada en el empleo seguro de los materiales y consiguiendo al máximo sus propiedades mecánicas del mismo.

## 3. - Tercer Concepto.- Presforzando para lograr el balance de las cargas.

Este concepto visualiza un intento de balance de cargas en el elemento, equilibrando las cargas de gravedad con las internas, para que así no este sujeto a esfuerzos de flexión excesivos, permitiendo transformar un elemento flexionado en un elemento de esfuerzo directo ( $\sigma = P/A$ ), simplificando su análisis y diseño.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



La aplicación de este concepto requiere tomar el concreto como un cuerpo libre y remplazar los tendones con fuerzas que actúan sobre el concreto (Figura 1.4).

Donde:  $L$  = Longitud del elemento.

$h$  = Excentricidad del acero de presfuerzo respecto al eje neutro del elemento.

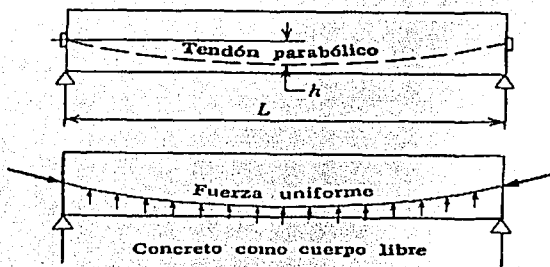


Figura 1.4. Viga de concreto presfuerzoada como cuerpo libre.

La influencia de fuerzas opuestas a las que producen las cargas de trabajo, son proporcionadas mediante los tendones o cables de acero de alta resistencia, que al ser tensados propician un empuje de la fuerza interna en el sentido contrario a las cargas sobre el elemento, anulando los esfuerzos que le sean ocasionados por las acciones de gravedad.

#### 1.2.1.1 - Clasificación General del Presfuerzo.

Se han empleado muchos métodos para producir el estado deseado de precomprensión en los miembros de concreto, estos pueden considerarse dentro de dos categorías:

- ◆ Pretensado
- ◆ Postensado

En el postensado puede o no haber adherencia, no así en el pretensado donde necesariamente tiene que haber adherencia.

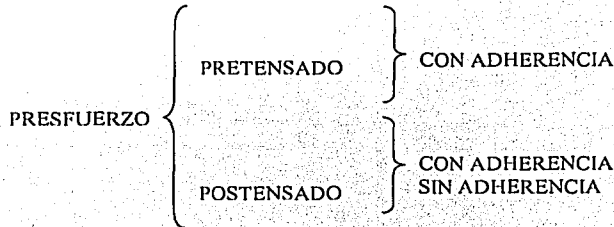
- ◆ Con adherencia.
- ◆ Sin adherencia.

Por lo general la fuerza de presfuerzo se proporciona por los tendones que están constituidos por alambres de alta resistencia, torones o barras, colocándose en forma aislada ó formando paquetes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Gráficamente podemos concluir como sigue:



Grafica 2. Clasificación del presfuerzo

A continuación se dará una breve descripción generalizada de esta clasificación:

### 1.2.2. - El Pretensado.

El término pretensado se emplea para describir cualquier método de presfuerzo efectuando una tensión entre los anclajes de los tendones antes de hacer el vaciado del concreto en los elementos a pretensar, pues al fraguar el concreto, el acero se adhiere al elemento en elaboración.

Cuando el concreto alcanza la resistencia requerida, se transfiere la fuerza de presfuerzo aplicada en los anclajes del concreto, transmitiendo por medio de la adherencia la fuerza de tensión del acero al concreto. Esto significa que se tensa el acero de alta resistencia antes de entrar en servicio y a su vida útil.

Esta transferencia de fuerzas opuestas a las de servicio en el concreto solamente se puede dar por medio del acortamiento elástico del concreto, pues mientras no suceda este acortamiento no estará presforzado.

### 1.2.3. - El Postensado.

La tensión en los cables de acero se realiza después de que el concreto se ha vaciado, fraguado y alcanzado una resistencia a la compresión mínima que se conoce como  $f'_{c}$ , siendo capaz de resistir la aplicación de las fuerzas opuestas a las de servicio; aplicando la fuerza tensora por medio de los gatos contra el mismo elemento.



Esta imposición de fuerzas; al igual que en el pretensado es transmitida por cables, alambres o varillas de acero de alta resistencia, los cuales son tensados sobre el sistema de anclaje utilizado en la estructura. Por tanto, la aplicación de estas fuerzas se realiza después del fraguado del concreto, usando los tendones enductados para satisfacer el principio de la no-adherencia.

El postensado se llega a utilizar tanto en miembros precolados como en miembros colados en el sitio. El enductado y la aplicación del postensado puede presentarse en dos formas, ya sea con adherencia o sin adherencia. Por lo general cuando son adheridos los tendones se insertan después de que el concreto ha endurecido y curado; ya que si se insertan antes del colado existe siempre la posibilidad de una fuga en la inyección de lechada en los ductos.

La adherencia en ambos sistemas, esta definida por la inserción de los cables de acero de presfuerzo directamente en el concreto, transmitiendo la fuerza de tensión por el efecto de la adherencia, cumpliendo con los estándares de calidad en el material y propiciado entre estos la precomprensión del elemento.

Existe también la opción del postensado sin adherencia en el concreto. La aplicación del acero de presfuerzo es obstruida por el arreglo del toron mediante un envainado. Esto significa que esta forrado de un material que impide la adherencia del acero con el concreto, siendo este forro de un material que por especificación cumple el requisito de no adherir los materiales.

Esto no implica que el acero de presfuerzo no adherido no transmitirá la fuerza de presfuerzo y por ende no se lleve a cabo la precomprensión, sino que la transferencia del presfuerzo en estos elementos no adheridos, se propicia por la tensión del cable originada por gatos hidráulicos y el empuje que se logra con la misma tensión del cable, toron o varilla en los anclajes del elemento.

#### **1.2.3.1. - El Postensado exterior.**

Esta es otra forma de presfuerzo que también se presenta de la manera ya antes mencionada; las cuales son: presfuerzo externo con adherencia y sin adherencia.

Los tendones que son exteriores, se colocan por fuera de la sección de concreto del miembro. El ejemplo más común se muestra en las trabes cajón de puentes o en secciones huecas. En estas secciones los tendones ó alambres cumplen con las disposiciones del diseño estructural del elemento. Otros miembros estructurales en donde se logra ver la aplicación del presfuerzo exterior es en vigas y/o trabes para techos tipo domo.

Las contracciones y la falla por adherencia entre el acero y el concreto pueden presentar problemas de duración, por lo cual se recomienda una dosificación rica de cemento y arena sobre los alambres, para que de esta forma el acero de presfuerzo no falle y no se vea vulnerable ante las solicitaciones a las que sea expuesto el elemento.



El postensado exterior sin adherencia es colocado por el exterior de la sección transversal del concreto. El presfuerzo es fijado en el hueco que forma la trabe, transmitiendo los cables de presfuerzo las fuerzas verticales de la fuerza de tensado en los puntos de cambio de ángulo mediante calzas o silletas (desviadores) y las fuerzas longitudinales por medio de vigas o losas transversales coladas en el bloque extremo; o bien, por arreglos especiales situados en coordenadas específicas del elemento.

En todos los tipos de postensado, cualquiera que este sea, es importante verificar tanto la extensión (elongación del cable) como la carga ó fuerza preesforzante (tensión en los cables), esto se debe a que no es posible observar el movimiento del toron dentro del ducto, pues lo único que se aprecia es la extensión del gato. Esto indica que se debe tener especial cuidado en la aplicación de la carga de tensión y en la elongación que se produce, de tal manera que cualquier irregularidad en el ritmo de la extensión de los incrementos revelados a la hora del tensado de los cables, pueda ser rápidamente identificado.

Este alargamiento esta definido por la ecuación de la elongación, la cual se expresa como sigue:

$$\Delta_s = PL / E_s A_{ps}$$

ECU. DE LA ELONGACIÓN Ó ALARGAMIENTO

ECU. 1

Donde:

$\Delta_s$  = Alargamiento del cable.

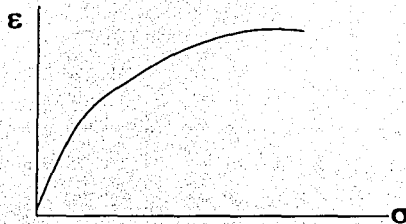
P = Fuerza de presfuerzo en etapa de transferencia.

L = Longitud del cable.

$E_s$  = Modulo de elasticidad del acero de presfuerzo.

$A_{ps}$  = Área nominal del acero de presfuerzo.

Esta expresión se obtiene de la siguiente manera:



Grafica.3 Diagrama típico esfuerzo-deformación del acero de presfuerzo.

$E =$  De la grafica esfuerzo-deformación del acero de presfuerzo se obtiene el módulo de elasticidad.

$$\sigma/\epsilon$$

ECU. 2



Pero  $\sigma = P/A$  ..... ECU. 3

y

$\Delta = \epsilon * L$  ..... ECU. 4

de donde:

$\epsilon = \Delta/L$  ..... ECU. 5

sustituyendo 3 y 5 en 2 se obtiene:

$$E = (P/A)/(\Delta/L) = (P*L)/(A*\Delta)$$

Despejando  $\Delta$  se obtiene la ecu. 1.

La tensión propiciada por los tendones es originada por el equipo de tensado (gatos hidráulicos, con determinadas características) propiciando el estiramiento correspondiente de los tendones respecto al diseño del elemento.

#### 1.2.4. - Otras clasificaciones del Presfuerzo.

Estas otras clasificaciones explican lo tan versátil que es emplear el presfuerzo en las estructuras de concreto de cualquier obra civil, permitiendo en la actualidad la producción de infraestructura de desarrollo urbano, industrial y económico en el país. Por ello a continuación se enlistan y describen otras de las aplicaciones que el presfuerzo puede ofrecer.

- Presforzado Lincal o circular.

El **Presforzado circular** es un término aplicado a estructuras circulares presforzadas tales como tanques redondos, silos y tubos; en donde los tendones del presfuerzo están enrollados en círculo tal y como se muestra en la Figura 1.5.

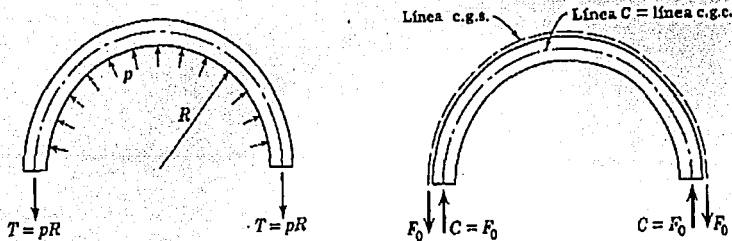


Figura 1.5. Presforzado de secciones circulares.





Donde:  $T$  = Presión interna en la sección por el radio del elemento.  
 $p$  = Presión interna en la sección.  
 $R$  = Radio del elemento.  
 $F_0$  = Fuerza de tensión en el acero de presfuerzo.  
 $C$  = Fuerza de compresión en el concreto.  
 $cgs$  = Centro de gravedad del acero de presfuerzo.  
 $cgc$  = Centro de gravedad del concreto.

En la mayoría de las estructuras circulares presforzadas, el presfuerzo se aplica circunferencial y longitudinalmente, siendo el primero circular y el segundo lineal.

Para distinguir el **Presfuerzo lineal** del **Circular** en términos de presfuerzo, lineal no son necesariamente rectos, estos pueden estar doblados o estar curvos pero no enrollados alrededor de la estructura como se mostró en la figura anterior. A continuación se presentan en la siguiente Figura 1.6 los perfiles del presfuerzo; tanto pretensado como postensado.

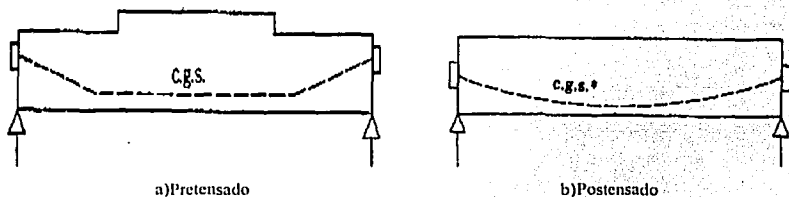


Figura 1.6. Perfiles de presfuerzo lineal.

Donde:  $cgs$  = Centro de gravedad del acero de presfuerzo en ambos casos.

Las teorías básicas del presfuerzo circular son las mismas que las del presfuerzo lineal, por lo que prácticamente todos los principios generales expuestos, pueden aplicarse a las estructuras circulares, en donde otra de las diferencias entre ambos tipos de presfuerzo es la aplicación del mismo en cuanto a los anclajes de los cables que son con frecuencia diferente.

◆ Presfuerzo parcial o total.

Los primeros diseñadores de concreto presforzado dieron una filosofía del grado de presfuerzo. Esto se simplifica como: mientras las cargas de servicio que actúan sobre el miembro no sean significativas en el mismo elemento, y no existan esfuerzos de tensión, significa que el concreto está totalmente presforzado. Si se produjeran algunos esfuerzos de tensión en el elemento bajo la carga de trabajo; entonces se denotaría que el miembro de concreto está parcialmente presforzado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



◆ Presfuerzo por etapas.

Este método es utilizado para aplicar la fuerza de presfuerzo en dos o más pasos, lo cual se hace para evitar un sobreesfuerzo o agrietamiento del concreto durante la fase de construcción de los elementos antes de aplicar mas carga.

Estas etapas están comprendidas como:

- ◆ **Etapla inicial.**- El elemento esta bajo la acción del presfuerzo pero sin ninguna carga externa superpuesta. La etapa inicial a su vez puede dividirse en sub-etapas de presforzado, ya que están en condiciones poco representativas, y algunas veces, se desprecian en el diseño y cálculo de los mismos elementos.
- ∩ **Antes del Presfuerzo.**- Antes de que el concreto se presfuerce, este es muy débil para recibir carga, por lo cual debe cuidarse la falla en los apoyos.
- ∩ **Durante el Presfuerzo.**- Los tendones están en ese momento sujetos al máximo esfuerzo de toda su vida útil. La asimetría de los tendones y la concentración de fuerzas en un solo lugar puede producir sobre esfuerzos.
- ∩ **Durante la transferencia del Presfuerzo.**- Para los miembros pretensados, la transferencia se consigue en una sola operación, mientras que para los elementos postensados se obtiene en el tensado de los tendones uno por uno.
- ∩ **Descimbrado y retensado.**- En esta etapa, cada uno de los elementos son auto sustentables, lo que indica que durante y después del tensado es autónomo e independiente.
- ◆ **Etapla intermedia.**- Esta etapa solo ocurre en elementos precolados, cuando son transportados al lugar y levantados en su posición, procurando su debido apoyo y manejo de los elementos.
- ◆ **Etapla final.**- Esta es la etapa en la que se aplican sobre la estructura las cargas reales de trabajo, la combinación de estas solicitaciones se debe considerar por el diseñador en proporciones equivalentes de carga viva-muerta-accidental.

### 1.3. - Diferencias que existen entre el Pretensado y el Postensado.

En términos generales, existen dos formas en que puede lograrse el presforzado del concreto, esto por medio de acero de alta resistencia, es decir; **Pretensando o Postensando.**

La principal diferencia entre los dos métodos se refiere a la condición del vaciado del concreto durante el proceso en que los elementos de acero se tensan. En el método del pretensado,



el acero se tensa antes de vaciarse el concreto, mientras que en el postensado los cables se tensan después de que el concreto a sido vaciado. Solamente en ambos casos, cuando se tiene la suficiente resistencia, se soportan los esfuerzos inducidos por el presfuerzo en el concreto.

Existen otras diferencias de importancia entre los dos procedimientos.

El pretensado requiere de instalaciones industriales elaboradas con lechos de reforzado y equipo de presforzado de mayores dimensiones; además de otros servicios convencionales, lo que implica una gran inversión de capital.

El postensado también puede realizarse en una planta de manufactura, pero se requiere de una proporción considerablemente menor de equipo y servicios diferentes en comparación con el pretensado. Este método también permite la construcción de estructuras "in situ", tal como las armaduras y puentes continuos, losas de construcción y bóvedas laminares que requieren el presforzado del concreto pero que no puede fabricarse en planta.

No existe duda de que la eficiencia del presforzado, medido desde el punto de vista del costo por kilogramo de carga de tensado, es mayor en el sistema del pretensado; esto se debe a los costos del material y la mano de obra implicados en el revestimiento adicional, anclajes, terminales y cimentación requeridos por este sistema de presforzado.

Así mismo el tensado individual de los cables de un miembro postensado requiere de mayor tiempo y esfuerzo, pues a diferencia del tensado simultaneo de todos los cordones efectuado en las operaciones del pretensado modernas de cualquier maquiladora, resulta más eficiente.

Otra de las diferencias que se presentan en el empleo de los presforzados, es la correspondiente a su comercialización; mientras que en los elementos pretensados producen su propio concreto obteniendo utilidades mayores en la elaboración de sus propios insumos, por otro lado en los elementos postensados, por ser en su mayoría colados in situ, la dosificación y la calidad del concreto únicamente se puede proveer por las plantas premezcladoras, restando parte de la utilidad neta del concreto presforzado al compartirla con las premezcladoras.

Sin duda la diferencia más importante para los proyectistas entre estos sistemas es el control de calidad en el proceso de producción, con lo cual en el capítulo III se menciona con mas detalle.

#### **1.4. - Comparativa entre el concreto presforzado y el concreto reforzado.**

Como ya observamos en el sub-capítulo anterior, el concreto presforzado se distingue por sus indeterminadas variantes en donde este tipo de concreto se puede emplear en las posibles combinaciones y diferencias que existen entre los sistemas tanto de pretensado como de postensado. Ahora compararemos el concreto presforzado con el concreto reforzado.

El concreto reforzado se vuelve masivo e impracticable en alturas mayores de 12 m, por el hecho de incrementar mas el uso de insumos en una estructura a base de concreto reforzado.



Entre los dos sistemas la diferencia más notable es el empleo de los materiales, ya que en el presforzado son de mayor resistencia.

Estructuralmente hablando tienen similitud, pues en ambos casos la respuesta es favorable ante las sollicitaciones impuestas. Es incierta y muy atrevida la ventaja que pueda tener un tipo de revestimiento en un elemento, pues en casos muy específicos se utiliza y opta por uno de estos, desplazando a una de las opciones; en cuyo caso, serán otros los determinantes para decidir que tipo de refuerzo emplear.

Vamos a definir un poco más estas diferencias en cuanto a su:

#### 1.4.1. - Utilidad.

El diseño del concreto presforzado es adecuado para estructuras de claros grandes (10 m en adelante) y para aquellas que soportan cargas pesadas, debidas principalmente a las resistencias elevadas en los materiales empleados. Son más esbeltas, por consiguiente, más susceptibles a un diseño arquitectónico más atractivo. Producen mayores claros cuando es necesario, adaptándose a los precolados debido a su peso más ligero.

Una estructura amplia como lo es un estacionamiento, requiere de espacio para poder maniobrar los autos que en él estén, haciendo sentir a los usuarios comodidad y funcionalidad en esa estructura.

El único defecto que puede llegar a presentarse en las estructuras presforzadas en su utilidad, es su falta de masa y peso, mas no su resistencia, significando que en ocasiones son pocas las situaciones en donde es necesario este tipo de factores en las estructuras

#### 1.4.2. - Economía y consumo de materiales.

Desde el punto de vista económico, es evidente que las cantidades de materiales son menores, tanto en acero como en concreto, pues los materiales son de alta resistencia, lo que significa soportar las mismas cargas o mayores pero con menor cantidad de insumos.

Se presenta también un ahorro definido en el empleo de los pesos reducidos, ayudando a economizar las secciones y resultando un ahorro en el consumo de materia prima en otras porciones de la estructura.

En muchas ocasiones una estructura de concreto reforzado puede ser la mejor opción, debido a que el volumen no es tan representativo como para utilizar materiales de alta resistencia, pues cuando es necesaria una estructura voluminosa el concreto reforzado puede ser más viable a un menor costo.



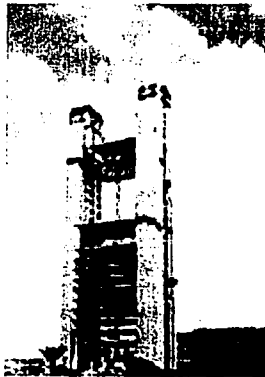
En los miembros precolados-pretensados la reducción de peso, ahorra costos de maniobras y transporte.

A pesar de estas diferencias en cuanto a economía, el uso del concreto presforzado no puede citarse para todo tipo de edificación. Primero que nada el material de alta resistencia tendrá un costo inicial mas alto; así como los materiales auxiliares para el presfuerzo tales como:

- ◆ Anclajes en los extremos (en el caso de postensado).
- ◆ Conductos.
- ◆ Lechadas.
- ◆ Címbros.
- ◆ Polímeros.
- ◆ Equipos.
- ◆ Etc.

El presfuerzo será rentable cuando la repetición de usó en los elementos sean considerados lo suficientemente rentable, lo que significa hacer muchas veces el mismo diseño "tipo". En la Fotografía No 1 se presenta un ejemplo de la utilización masiva de losas presforzadas.

Claramente se aprecia la repetición del modelo de las losas presforzadas, en donde muy independientemente de que las mismas son presforzadas, estas son izadas por medio de gatos hidráulicos apoyadas en puntos estratégicos para no producirle esfuerzos y deformaciones excesivas, incrementando de esta forma la funcionalidad de las mismas y del material en estudio.



Fotografía 1. Proceso constructivo de la Torre Dataflux. Monterrey. México \*.

\* Fotografía 1 Cortesía de Postensa

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 1.4.3. - Seguridad.

El objeto de utilizar el presforzado es alcanzar la resistencia más alta, recurriendo a este sistema, pre-estirando el acero de presfuerzo y dar una mayor seguridad al presforzarlo, anclándolo contra el mismo concreto, produciendo deformaciones y esfuerzos deseables que sirven para reducir ó eliminar el agrietamiento en el concreto.

El uso de tendones curvos ayudará a soportar algo de esfuerzos cortante al elemento, ayudando a resistir la tensión diagonal y permitiendo emplear la sección de concreto óptima; por ello es necesario que el concreto sea más resistente.

Cuando se expone un elemento de concreto presforzado a carga muerta, la deflexión se reducirá, debido a la contraflecha producida por el combeo del acero de presfuerzo. Bajo carga viva la flexión y por ende las deformaciones son pequeñas o poco significativas, compensando la efectividad de la sección sin que esta se agriete.

También esta técnica es utilizada en estructuras donde se deben soportar grandes cargas, omitiendo la aparición de agrietamiento en el elemento por sobre carga, cerrándose tan pronto como se elimine la carga adicional.

Realmente es difícil decir qué tipo de estructura es más segura; si las de concreto presforzado ó las de concreto reforzado, ya que las estructuras no únicamente dependen de su diseño, sino que pueden ser otros los factores determinantes para decidir que tipo de estructura emplear. Actualmente en México se ha desarrollado mucho esta técnica, pero sin duda el concreto reforzado no podrá omitirse en la industria de la construcción, pues simboliza mas del 90% del consumo para la realización de las estructuras construidas

En muchas estructuras, tanto el acero como el concreto están sujetos a los esfuerzos más altos que existirán durante su vida de servicio. Por lo tanto si los materiales pueden soportar los esfuerzos del presforzado, seguramente proporcionaran a la estructura la resistencia suficiente para las cargas de servicio.

Ambos sistemas de estructuración se asemejan en las capacidades de sobrecarga, pero el presfuerzo tiene una capacidad mucho mayor que el refuerzo tradicional, propiciando y proporcionando flexiones apreciables antes de la ruptura; una advertencia antes del colapso. La habilidad para resistir cargas de choque e impacto y sobre todo las cargas repetidas de trabajo es buena la reacción tanto en el concreto presfuerzo como en el reforzado.

La resistencia bajo agentes de intemperismo resulta más eficiente en el concreto reforzado que en el presforzado, esto se debe, a que se aprecian mas las grietas en este ultimo, pues si la corrosión atacara de forma drástica en el acero de presfuerzo se vería vulnerable ante esta acción.

El acero de alta resistencia es susceptible a altas temperaturas y por consiguiente, menos resistente a este tipo de efectos. Este sistema sin duda alguna necesita mayor cuidado en el diseño, construcción y erección, que en aquellos sistemas ordinarios; debido a las características del material, del mismo diseño y construcción involucrados en el concreto presforzado.



### 1.5. - Otras aplicaciones del Presfuerzo.

El concreto presfuerzoado probablemente tiene aplicaciones inimaginables, su innovación en el diseño estructural y en la industria de la construcción en los años recientes permite un grado de eficiencia sumamente alto en todas las obras civiles.

El crecimiento del concreto presfuerzoado ha sido paralelo al de las áreas de la ingeniería civil, esencialmente en puentes, edificios, industria, etc. Mientras algunas estructuras como los puentes se han estandarizado por las agencias federales y estatales de cada país, otros organismos aumentan los esfuerzos para resaltar el uso de este material, implicando parte del desarrollo económico de la industria

La siguiente Fotografía No 2 muestra el desarrollo de una zona de influencia donde se ha venido implantando con gran éxito el presfuerzo, acreditando la confianza en las edificaciones que hoy día se construyen.



Fotografía 2. Desarrollo habitacional Loma. Condominio Rancho Santa Fe. Méx. DF<sup>99</sup>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<sup>99</sup> Fotografía 2. Consolidación de la utilización del presfuerzo en la edificación. Cortesía de Postensa.



CAPITULO II :  
DESCRIPCIÓN DE  
LOS ELEMENTOS  
QUE INTEGRAN EL  
PRESFUERZO EN LOS  
SISTEMAS DE PISO.





## CAPÍTULO II.- Descripción de los elementos que integran el Presfuerzo en los Sistemas de Piso.

**Objetivo Particular:** Mostrar cada uno de los elementos que intervienen en la elaboración de los sistemas de piso utilizando como elemento básico el presfuerzo.

### INTRODUCCIÓN:

En la mayoría de las obras de Ingeniería Civil, como son viviendas, edificios, puentes, museos, naves industriales, etc; observamos los sistemas de piso. En un lenguaje coloquial y común a las losas las relacionamos con los techos, pisos o azoteas.

Sin embargo el termino apropiado que se emplea en la ingeniería civil es el tecnicismo de "**Sistema de piso**" o bien "**Losa**". Los sistemas de piso o losas que observamos cotidianamente resultan muy diversos y variados, para ello se considera parte integral y fundamental de una estructura de edificación.

El voladizo arquitectónico de un ventanal, puede bien ser parte de una losa o simplemente el complemento estético de la estructura. Debemos recordar que a pesar de que la ingeniería civil se aplique a cuestiones mas técnicas, no se nos debe olvidar que toda estructura cumple con un fin social; y que ese fin social representa las necesidades y "**gustos**" de la sociedad humana, que a final de cuentas es quien va a ser uso del inmueble (estructura). No olvidemos otros factores de gran relevancia como son:

- ❖ La seguridad.
- ❖ La economía.
- ❖ La eficiencia y funcionalidad en conjunto de la estructura.

Habremos de hacer notar que estos últimos factores pueden ser los determinantes para la elección de un sistema de piso sin olvidar la estética arquitectónica del mismo inmueble.

Este trabajo esta destinado y enfocado a los sistemas de piso donde la aplicación del presfuerzo no esta exenta. El uso de esta técnica no la descartamos en ningún tipo de material; pues la misma puede bien ser utilizada en elementos de madera, plástico, entre otros.

El enfoque específico esta dirigido a los elementos de concreto en donde muy acertadamente ha tenido un auge impresionante. Por ello será conveniente para aquellos que en su momento hagan uso de este material, explicar que es un **Sistema de Piso** y la relación que se tiene con el **Presfuerzo**.



## 2.1. - Definición de Sistema de Piso ó Losa.

Comenzaremos por definir el termino de **Sistema de Piso ó Losa**, sintetizando la cantidad de definiciones que muchos autores, instituciones y organismos hacen y sobre todo resaltando la bibliografía consultada.

Las losas son los principales elementos horizontales que transmiten las cargas vivas en movimiento, así como las cargas muertas estacionarias a los apoyos verticales de los marcos o muros de la estructura.

“**SISTEMA DE PISO Ó LOSA**”: La forma básica de una losa es una placa cuya dimensión más pequeña es el espesor, en comparación a su largo y ancho; esquemáticamente se muestra la Figura 2.1:

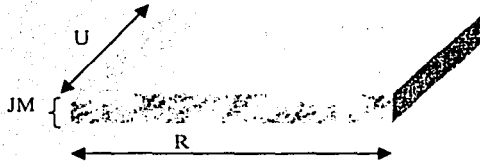


Figura 2.1. Representación grafica de una losa.

Donde: JM=Espesor  
U=Ancho  
R=Largo

Como se observa en la Figura 2.1, las losas son los elementos estructurales planos que trabajan a flexión, no descartando la posibilidad de que se presenten esfuerzos cortantes y de torsión en ellas. En todos los casos las losas sirven para proporcionar superficies planas<sup>2.1</sup>, tales como pisos, cubiertas y o plataformas.

Sin duda los sistemas de piso al proporcionar una superficie plana, inmediatamente los usuarios las relacionamos como un sistema de apoyo de todo aquello que se va a sustentar en él, haciendo referencia del mobiliario y a los ocupantes.

Las losas pueden apoyarse en muros o columnas, pero más a menudo estos sistemas de piso son soportados por vigas de concreto (que generalmente se vuelan monolíticamente con la losa), vigas de acero estructural ó vigas precoladas; y bien a diferenciarse por esta condición de apoyo y por la relación de claros, las losas se pueden clasificar en:

<sup>2.1</sup> No en todos los casos las losas proporcionan superficies planas; tal es el caso de un cascarón. Los cascarones son losas que en el espacio tridimensional tienen un aspecto y forma oblicua. Pero en este caso nos referiremos únicamente a las losas de forma totalmente horizontal.



- ❖ Losas en una dirección.
- ❖ Losas en dos direcciones.

Las losas también se identifican por el término de placas planas. Estas son directamente apoyadas sobre las columnas proporcionándoles mediante diseño estructural un arreglo especial en la conexión placa-columna llamada capitel o ábaco.

También existe un tipo de losa la cual sin duda requiere de un análisis más minucioso y complejo. Son las llamadas losas elevadas o levantadas como le llaman algunos autores, sin excluir que estas pueden ser, aligeradas, nervadas o extruidas -de corazón hueco-. En el desarrollo mismo de este trabajo se presentaran algunos sistemas de piso donde el presfuerzo es empleado para desarrollar y ampliar sus propiedades mecánicas como sistemas de piso.

Existen también losas prefabricadas (premoldeadas) en donde sin lugar a duda, en cada una de estas variantes de sistemas de piso, el presfuerzo está presente, proporcionando mejores propiedades y rendimientos en cada uno de los tableros, así como en la estructura en general.

El presfuerzo como termino independiente se relaciona con la prefabricación de elementos estructurales y ornamentales (Arquitectónicos), las condiciones de vaciado del concreto y disposiciones de diseño, propician que exista esta relación entre los mismos prefabricados y el acero de presfuerzo. El concreto presforzado es una variante de los prefabricados, por ello nos atrevemos a decir que es un **Prefabricado**.

Como ya hemos visto, la aplicación del acero de presfuerzo en las losas nos ha llevado a descubrir que la utilización de este material se encuentra también en los prefabricados, cuya rama del presfuerzo esta también latente.

## 2.2. - Definición de Precolado.

El empleo amplio de los sistemas de piso de concreto prefabricado en México, es un paso importante para la solución de las estructuras por construir. Su empleo es útil en edificaciones como viviendas (la mayoría de interés social) y para otros fines como, comerciales, industriales y gubernamentales.

En la actualidad, y aunque la técnica se conozca en México desde los años 50's, la prefabricación tiene poca propagación, ocasionándoles a algunos diseñadores incertidumbre. Pero su comportamiento ha sido favorable en casos muy específicos ante cierto tipo de cargas (cargas gravitacionales). Esto no significa que una estructura prefabricada o parcialmente prefabricada no se comporte conforme a lo estudiado y analizado en su diseño.



Dada la tendencia actual en México y en el mundo cambiante, en los progresos e innovaciones tecnológicas; es de esperar que en un futuro no muy lejano se empleen los prefabricados en cantidades mayores y por consiguiente los sistemas de piso, a las que actualmente se utilizan.

En el capítulo anterior se mostró una atrevida analogía personal, dando el significado explícito del presfuerzo. Ahora haremos lo mismo con los prefabricados, respetando la definición original del término. Esta analogía se refiere a:

Prefabricado=Premoldado=Precolado=Presforzado

Pretensado

Postensado

La prefabricación se entiende como la producción previa de elementos a partir de materiales seleccionados adecuadamente o de la totalidad en un sistema constructivo.

Muchos diseños presentan la tendencia a combinar el concreto precolado con el concreto colado in situ, con la finalidad de proporcionar la acción compuesta y desarrollar la continuidad de la estructura; a este tipo de proceso constructivo se le conoce como **Sistema Mixto**. De la misma forma, en muchas ocasiones la combinación del pretensado y el postensado ha demostrado ser ventajosa, tanto en la respuesta estructural como en la constructiva.

Los precolados de los sistemas de piso pueden llevarse acabo en ocasiones en el mismo lugar donde se realice la obra. En la mayoría de los casos la producción de los elementos se efectúa en plantas especializadas. Las razones por las que un prefabricado se puede ejecutarse a pie de obra pueden ser muchas y por mencionar algunas, estas son:

- ❖ El transporte.
- ❖ La accesibilidad a la obra.
- ❖ El montaje.
- ❖ La rentabilidad del volumen.

Sin duda las razones mas significativas en la realización de una estructura son:

- **TIEMPO DE EJECUCIÓN.**
- **ECONOMIA DE LA OBRA.**



Se ha desarrollado una estandarización en la producción de unidades precoladas, así como en el uso de los sistemas en la edificación. Tal vez los elementos mayormente estandarizados precisamente sean los tableros de piso (losas ó sistemas de piso), cuyas secciones más usuales son:

- ❖ Vigas "TY".
- ❖ Doble "TT".
- ❖ Losas extruídas o de corazón hueco.
- ❖ Sección "T".
- ❖ Sección "TTTT".
- ❖ Vigueta y bovedilla.
- ❖ Entre otros.

La mayoría de estas secciones se realizan pretensando los elementos sin dirimir la posibilidad de que sean postensadas. Cada una de estas secciones sus fabricantes las identifican y nombran según su equipo, la forma del tablero o bien describiéndola con su respectivo nombre técnico, pero la realización de estos paneles se estereotipa<sup>2,2</sup> en un proceso que más adelante se describirá.

La prefabricación permite alcanzar un mayor control de calidad al lograr el aprovechamiento eficiente de cada uno de los materiales utilizados en la producción, así como un mejor uso de ellos, reduciendo el porcentaje de desperdicio e incrementando el rendimiento en su elaboración, evitando conceptos extraordinarios dentro del precio unitario considerando únicamente los componentes involucrados para los tableros.

Igualmente esta técnica nos ofrece una mayor economía en los moldes (cimbras), rendimientos en la ejecución, herramientas, equipo de montaje, producción, etc.

La industrialización que se ofrece en la construcción con elementos prefabricados tiene un parámetro en su productividad, y como en toda industria con capacidad de producción masiva, debe satisfacer las necesidades concentradas o aisladas que solo se pueden justificar cuando se trata de prioridades a gran escala.

### **2.3. - Descripción general de los elementos que integran un elemento Presforzado.**

Como el trabajo esta enfocado para los elementos que están hechos a base de concreto, me parece propio explicar y desarrollar la aplicación de esta mezcla. A su vez observar cada uno de los componentes que conforman la integridad de un elemento de estas características, haciendo énfasis en los beneficios y objeciones que implica usar un elemento de concreto presforzado.

<sup>2,2</sup> Estereotipar se refiere a la estandarización del proceso productivo de los tableros prefabricados, pues es similar en cada uno de ellos, a pesar de que el fabricante sea distinto.



Teóricamente el concreto y el acero tanto de refuerzo como el de presfuerzo, constituyen sistemas que pueden estar conectados extrínsecamente<sup>2.3</sup> o simplemente involucrados para otro fin, aun cuando en la practica es mucho más eficaz confinar e integrar cada uno de estos componentes. Sin embargo, esta independencia teórica permite estudiar separadamente las propiedades de ambos materiales.

### 2.3.1. – Concreto.

El **Concreto** ha resultado ser el material de construcción que más se ajusta a la estructura económica de los países en vías de desarrollo y obviamente a los industrializados.

Definitivamente el empleo del concreto ha venido a desplazar técnicas que hasta la fecha se siguen utilizando, como lo es la mampostería, el uso de la madera, sin olvidar el acero. Esto no significa que esas técnicas no se desarrollen, sino que el concreto es mas común y frecuente emplearlo.

Tanta ha sido su utilización que ahora los prefabricados son un factor predominante en la producción de obras. No siempre será la opción a usar en la realización de una obra, ya que son otros los factores que predominan para hacer uso de los prefabricados y más aun simplemente del concreto.

Sin salirnos del enfoque real de este trabajo, pasaremos ahora a describir el empleo del concreto, así como cada uno de los elementos que constituyen la realización de los sistemas de piso presforzados.

**El Concreto** es básicamente la mezcla de dos componentes:

- ❖ Agregados.
- ❖ Pasta.

Esta pasta se conforma por un cementante (en este caso es cemento pórtland<sup>2.4</sup>) y agua, la cual une a los dos agregados (arena y grava ó piedra triturada) para formar una masa híbrida semejante a una roca; pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua<sup>2.5</sup>

La pasta esta constituida de cemento, agua y aire atrapado o sin aire incluido intencionalmente; ordinariamente esta pasta constituye del 25% al 40% del volumen total del concreto.

<sup>2.3</sup> El termino extrínseco se refiere al análisis particular de cada uno de los materiales que componen al concreto reforzado ó presforzado.

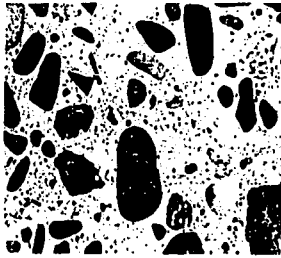
<sup>2.4</sup> Cemento Pórtland se refiere a un cemento hidráulico, calcáreo producido por el calentamiento de los óxidos de silicio, calcio, aluminio y hierro.

<sup>2.5</sup> Diseño y control de mezclas de concreto. Steven H. Kosmatka William C. Panarese. IMCYC 1ª edición 1992.

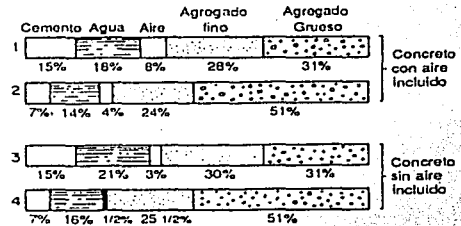


La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta obteniéndose así las características mecánicas del mismo concreto como lo es la resistencia ( $f_c$ ), el módulo de elasticidad ( $E_c$ ), el revenimiento, entre otras.

La mezcla de concreto debe ser trabajable cuando se encuentra en estado fresco y resistente cuando haya endurecido. A continuación se muestra en la Figura 2.2 la composición esquemática del Concreto.



a



b

Figura 2.2. a) Integración laminar del concreto. b) Representación grafica del proporcionamiento de la mezcla.

La trabajabilidad (el revenimiento) aumenta con un mayor contenido de agua y una buena granulometría de los agregados<sup>2,6</sup>, en tanto que la resistencia del concreto endurecido –característica que se incrementa conforme al tiempo de vida del mismo – aumenta con una relación agua-cemento reducida y por un incremento en la compactación.

Para alcanzar una resistencia del orden de los 350 kg/ cm<sup>2</sup>; resistencia que se ocupa generalmente en los elementos presforzados, debe ser no mayor a 0.45; por lo que corresponde aproximadamente dosificar:

$$1 \text{ saco} - \frac{3}{5} \text{ bote} = 0.31 \text{ (en peso de ambos componentes)}$$

$$\text{CEMENTO} \quad \text{AGUA} \quad \text{y obtener un } f_c \text{ APROX. } 350 \text{ kg/ cm}^2 \text{ (2.7)}$$

Todas estas características predominan en todo tipo de concreto, pero tengamos siempre en cuenta que, un concreto hecho en obra (dosificación manual) no podrá satisfacer los requerimientos solicitados para un elemento presforzado. La utilización de un concreto con una dosificación óptima sólo nos la puede brindar un buen control de calidad; en este caso las plantas premezcladoras, las cuales cuentan con personal capacitado, para poder cubrir las necesidades de los elementos presforzados como en el caso de los prefabricados.

2.6 Mas adelante se describirán individualmente cada uno.

2.7 Esta dosificación fue obtenida con la teoría de ABRAMS la cual se expresa  $f_c = 98527 \sqrt{\frac{\text{Donde } \sqrt{\text{AGUA}}}{\text{CEMENTO}}}$ .....en kilos ó en litros ambos. Apuntes de Procesos constructivos. 18-02/97.



Este último aspecto es de gran utilidad para los elementos presforzados; en este caso para los sistemas de piso, la resistencia del concreto en un elemento a la hora de aplicarle el presfuerzo constituye un factor muy importante, debido a que está implícita la condición inicial de transferencia en el elemento presforzado.

### 2.3.2. – Agregados.

Los **Agregados** se dividen generalmente en dos grupos:

- ❖ Finos.
- ❖ Gruesos.

Los Agregados Finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partículas que pueden llegar hasta los 10 mm.

Los Agregados Gruesos son aquellas cuyas partículas se retienen en la malla No 16 y pueden variar hasta los 152 mm. El tamaño máximo del agregado que comúnmente se emplea es de 19 mm ( $3/4$ " ) o el de 25mm (1").

Los agregados constituyen aproximadamente el 60% y 75% del volumen total del concreto.

Estos deben tener propiedades mecánicas óptimas para su función; esto se debe a una selección misma del material brindando cualidades adecuadas para su cometido (independientemente o en conjunto con la pasta cementante), así como cualidades de exposición a la intemperie, excluyéndolas de todo material que puede influir en su composición y desempeño con la pasta.

No debe subestimarse la importancia de utilizar el tipo y calidad adecuada de los agregados, ya que pueden llegar a actuar notablemente en las particularidades del concreto recién mezclado y endurecido; en las proporciones de la mezcla y sin descartar los costos mismos del concreto.

Otro tipo de agregado para concretos especiales, es la Escoria de alto Horno enfiada a la intemperie, algunas veces triturada utilizándose como aditivo, propiciándole al concreto propiedades mayores; como es el caso de la resistencia del mismo.

Los agregados son tan importantes como la misma pasta que hace la unión de cada partícula. Estos constituyen sin lugar a duda lo grueso del producto terminado, estipulando que deben estar debidamente graduados de tal manera que la masa total del concreto actúe como una combinación relativamente sólida, homogénea y densa durante el proceso de fraguado, actuando los tamaños más pequeños como un relleno inerte de los vacíos que existen entre las partículas mayores.





### 2.3.3. – Cementantes.

Los **Cementantes** son todos los cementos hidráulicos cuya composición química es principalmente el silicato de calcio. Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, a esta reacción se le conoce como hidratación.

La combinación del cemento con el agua forma una pasta de aspecto similar al de una roca, que conjuntamente al interactuar con los agregados (gruesos y finos) actúan como una adhesivo uniendo todas las partículas de los agregados para formar así, una roca artificial conocida como "**CONCRETO**".

La invención del cemento-pórtland se le atribuye a Joseph Aspdin un albañil inglés, dándole como nombre **CEMENTO PÓRTLAND** debido a que se producía un concreto similar al del color de una caliza natural en el islote de Pórtland.

Los materiales que se utilizan en la producción del cemento en proporciones estandarizadas son: Aluminato de calcio, Sílice, Alumina, y componentes derivados del óxido de hierro; variando el contenido de cada uno de ellos por el tipo de cemento a usar.

Existen diversos tipos de cementos para satisfacer diferentes necesidades; tanto químicas como físicas. La norma ASTM C-150<sup>2.8</sup> reconoce ocho tipos de cemento pórtland, los cuales se enlistan a continuación en la Tabla 2.1:

TIPO	DESCRIPCION
I	Normal.
IA	Normal, inclusor de aire.
II	Resistencia moderada a los sulfatos.
IIA	Resistencia moderada a los sulfatos, inclusor de aire.
III	Resistencia alta a temprana edad.
IIIA	Resistencia alta a temprana edad, inclusor de aire.
IV	Debajo calor de hidratación.
V	Resistencia elevada alto a los sulfatos.

Tabla 2.1. Clasificación de tipos de cementos hecha por ASTM.

Existen otros tipos de cementos tales como:

- ❖ Cemento hidráulicos mezclados mostrados en la Tabla 2.2.

<sup>2.8</sup> Diseño y control de mezclas de concreto. Steven H. Kosmatka William C. Panarece. IMCYC 1ª edición 1992



### 2.3.3. – Cementantes.

Los **Cementantes** son todos los cementos hidráulicos cuya composición química es principalmente el silicato de calcio. Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, a esta reacción se le conoce como hidratación.

La combinación del cemento con el agua forma una pasta de aspecto similar al de una roca, que conjuntamente al interactuar con los agregados (gruesos y finos) actúan como una adhesivo uniendo todas las partículas de los agregados para formar así, una roca artificial conocida como "**CONCRETO**".

La invención del cemento-pórtland se le atribuye a Joseph Aspdin un albañil inglés, dándole como nombre **CEMENTO PÓRTLAND** debido a que se producía un concreto similar al del color de una caliza natural en el islote de Pórtland.

Los materiales que se utilizan en la producción del cemento en proporciones estandarizadas son: Aluminato de calcio, Sílice, Alumina, y componentes derivados del óxido de hierro; variando el contenido de cada uno de ellos por el tipo de cemento a usar.

Existen diversos tipos de cementos para satisfacer diferentes necesidades; tanto químicas como físicas. La norma ASTM C-150<sup>2.8</sup> reconoce ocho tipos de cemento pórtland, los cuales se enlistan a continuación en la Tabla 2.1:

TIPO	DESCRIPCION
I	Normal.
IA	Normal, inclusor de aire.
II	Resistencia moderada a los sulfatos.
IIA	Resistencia moderada a los sulfatos, inclusor de aire.
III	Resistencia alta a temprana edad.
IIIA	Resistencia alta a temprana edad, inclusor de aire.
IV	Debajo calor de hidratación.
V	Resistencia elevada alto a los sulfatos.

Tabla 2.1. Clasificación de tipos de cementos hecha por ASTM.

Existen otros tipos de cementos tales como:

- ❖ Cemento hidráulicos mezclados mostrados en la Tabla 2.2.

<sup>2.8</sup> Diseño y control de mezclas de concreto. Steven H. Kosmatka William C. Panarece. IMCYC 1ª edición 1992



TIPO	DESCRIPCIÓN
IS	Escoria de alto horno.
IP	Puzolana de alto horno.
S	Escoria.
P	Puzolana.
IPM	Puzolana modificada.
ISM	Escoria modificada.

Tabla 2.2. Clasificación de cementos utilizados para otros fines.

- ❖ Cementos de albañilería.
- ❖ Cementos expansivos.
- ❖ Cementos especiales.

Posiblemente estos cementantes no se encuentren disponibles en todas las regiones del país. Esto se debe a que no en todas las obras se requieren cementantes con especificaciones restringidas en su empleo; si no que esporádicamente surge este tipo de solicitudes a los productores de cemento y en las premezcladoras.

El tipo de cemento que siempre está disponible es el tipo I. El tipo II en ciertos lugares se comercializa, aproximadamente el 90% del que se embarca de las plantas productoras. El cemento tipo III al igual que el cemento blanco constituyen alrededor del 4% de la producción anual de las plantas. El tipo IV solo se mercantiliza y fabrica a petición del comprador, especificando las particularidades de una obra masiva.

Y por último el tipo V, el cual se encuentra en regiones donde es necesario abatir ambientes cargados de sulfatos y salinos.

La importancia de reconocer el tipo de cementante a emplearse en los sistemas de piso presforzados es relevante, como importante es conocer apropiadamente las características de cada tipo de cemento, para así producir elementos de una calidad total en la fabricación de estos elementos estructurales.

#### 2.3.4. – Aditivos.

La norma ASTM- C125<sup>2,9</sup>. Definiciones estándar. Términos relacionados con el concreto y la Cement and Concrete terminology y el ACI SP-19<sup>2,9</sup>. Define a un **Aditivo** como:

<sup>2,9</sup> Diseño y control de mezclas de concreto. Steven H. Kosmatka William C. Panarese. IMCYC 1ª edición 1992



**Un material diferente del agua, de los agregados y del cemento hidráulico que se emplea como componente del concreto o mortero y que se agrega a la mezcla antes o durante el mezclado.**

Pueden emplearse para modificar las propiedades del concreto, haciéndolo mayormente adecuado para ciertos trabajos con características específicas, por economía o simplemente con otros fines tales como el ahorro de energía.

Cabe señalar que el empleo de los aditivos debe ser suministrado por personal que tenga experiencia en su manejo, pues el suministro de estos en el concreto altera en cierta forma la reacción química del cemento y el agua; y no cualquier persona tiene la experiencia para suministrar la cantidad exacta que los reglamentos de construcciones como es el del Distrito Federal y el ACI<sup>2.10</sup> estipulan.

Las principales razones del empleo de los aditivos son:

- ❖ Reducir los costos de construcción del concreto.
- ❖ Obtener propiedades en el concreto más efectivas.
- ❖ Asegurar la calidad del concreto durante el mezclado, transportación, colocación y curado en condiciones ambientales adversas.
- ❖ Superar ciertas eventualidades durante las operaciones de colado.

A pesar de estas consideraciones, ningún tipo de aditivo, ni por cualquier cantidad se podrá considerar como sustituto de una practica correcta de colado.

La efectividad del aditivo depende de factores tales como:

- ❖ El tipo.
- ❖ Marca y cantidad del cemento.
- ❖ Contenido de agua.
- ❖ Forma del agregado, granulometría y proporcionamiento.
- ❖ Tiempo de mezclado.
- ❖ Revenimiento.
- ❖ Y temperaturas tanto del concreto como del medio ambiente.

Para lograr el endurecimiento del concreto existen dos métodos, los cuales son:

- ❖ El interno: El cual consiste en la aplicación de aditivos químicos.
- ❖ El externo: La aplicación de calor (curado del concreto).

Un aditivo que nunca es propio usar en elementos presforzados es el "**CLORURO DE CALCIO**".

<sup>2.10</sup> Reglamento de Construcciones de concreto estructural y comentarios. ACI-318-95 y ACI 318R-99



Este compuesto es muy común encontrarlo en los aditivos acelerantes de fraguado. Este tipo de aditivos debe cumplir con la norma ASTM D-98<sup>2.11</sup> en su estado sólido o líquido; ya que actúa en la capa de óxido protectora del acero por la reacción química altamente alcalina que se presenta. El nivel de estos iones de cloruro solubles en el agua de mezclado comienzan la corrosión del acero de presfuerzo aproximadamente al 0.15% del peso del cemento.

Aunque se sabe que el cloruro de calcio incrementa la fluencia del concreto y la contracción por secado, el reglamento del ACI (ACI 222R)<sup>2.11</sup>, limita al ion de cloruro de calcio según la norma ASTM C-114<sup>2.11</sup> que sea en 0.08% y de un 0.20% para concreto presfuerzo y concreto reforzado respectivamente.

Los aditivos se adicionan al concreto durante el mezclado, enfatizando que no deberán utilizarse donde pueda ocurrir una corrosión progresiva en el acero para no dañarlo en forma drástica.

La cantidad máxima que permite la norma ASTM D-98<sup>2.11</sup> y el ACI para el suministro de los aditivos que contengan cloruro de calcio en elementos presfuerzados es del 2.0% del peso del cemento.

Se ha buscado y ensayado con otras mezclas de aditivos que imiten las propiedades del cloruro de calcio sin tener las características potenciales de corrosión. Estas fórmulas se componen a base de:

- ❖ Formiato de calcio con inhibidor de corrosión.
- ❖ Cloruro estañoso.
- ❖ Cloruro férrico.
- ❖ Fiosulfato de sodio.
- ❖ Nitrito férrico y calcio.

Estos compuestos inhiben la corrosión del acero al mismo tiempo que aceleran el fraguado y el endurecimiento del concreto.

Hay que tener mucho cuidado con el uso de acelerantes que se empleen en las mezclas, procurando la corrosión interna del acero, pues invaluablemente es el alma de los elementos presfuerzados y obviamente de nuestros elementos en estudio como lo son los sistemas de piso.

### 2.3.5. –Acero de Presfuerzo.

El Acero de Presfuerzo de alta resistencia se presenta de tres maneras:

2.11 Reglamento de Construcciones de concreto estructural y conemarios. ACI-318-95 y ACI 318R-99.



- ❖ Alambres.
- ❖ Torones.
- ❖ Barras (varillas).

Esta representación de acero de presfuerzo deberá cumplir con las especificaciones de la ASTM A-421, ASTM A-416, ASTM A722<sup>2.12</sup> respectivamente, y aun existiendo acero de presfuerzo que no se incluyan en los códigos, deberán seguir cumpliendo con las normatividades antes mencionadas. La mayoría de los productores de acero mantienen un estándar en el control, operaciones y especificaciones de la producción de acero de alta resistencia, permitiéndonos confiar en los productos existentes en el mercado.

La fabricación de los **alambres** es basada en barras, por un proceso llamado de "Hogar abierto" u "Horno eléctrico".

Después de haber pasado por la fusión de los componentes metalúrgicos y haber alcanzado sus propiedades químicas y físicos, se estiran en frío hasta alcanzar el diámetro requerido, enderezándolos mecánicamente y relevándolos de esfuerzos por medio de un tratamiento térmico continuo a baja temperatura (aproximadamente 370 °C), propiciando las propiedades mecánicas deseadas. Los módulos elásticos de estos alambres varían entre 17000 kg/cm<sup>2</sup> y los 19000 kg/cm<sup>2</sup>.

En el caso de los **Torones** existe una diversidad en cuanto a su formación se refiere, los mas utilizados para los fines de presforzado son los de 7 hilos. Su elección depende principalmente del grado de flexibilidad y de su resistencia requerida.

Con frecuencia se maneja este tipo de torones, cambiando al igual que los alambres su diámetro, variando desde  $\frac{3}{8}$ " hasta  $\frac{3}{4}$ "<sup>2.12</sup>, conocidos nominalmente como .4", .5", .6" y .7" (décimas de pulgadas). Los más comercializados y utilizados para los fines de prefabricación en los sistemas de piso son los de .5", .6" y alambres.

Para formar un toron de 7 hilos, se enrollan 6 alambres que tienen un diámetro ligeramente menor que el central en forma helicoidal alrededor de este último, el cual recibe el nombre de núcleo interior. La forma más común de un toron es la Normal mostrado en la Figura 2.3.1:

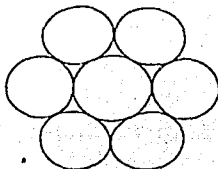


Figura 2.3.1. Toron "Normal".

<sup>2.12</sup> Reglamento de Construcciones de concreto estructural y complementos. ACT-318-95 y ACT 318R-99



Existe también un tipo de toron llamado "Compacto", que al igual que el "Normal" es de 7 hilos. La diferencia entre estos dos tipos de toron es que los alambres de la envolvente del tipo compacto se presentan de forma elíptica, que a su vez están encerrando el núcleo central, conservando así el diámetro nominal del acero de presfuerzo. También los alambres que envuelven al núcleo interior tienen un diámetro ligeramente menor (Figura 2.3.2)

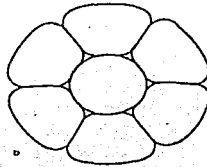


Figura 2.3.2. Toron "Compacto".

Las Barras de alta resistencia se prueban usualmente a esfuerzos de por lo menos el 90% de su resistencia a la ruptura siendo aproximadamente de  $10200 \text{ kg/cm}^2$ . El tratamiento que siguen estas barras en su fabricación es similar a la de los alambres y torones estirándose en frío para adquirir las propiedades deseadas.

Las barras (varillas) pueden laminarse con rosca o cuerda en sus extremos para que se puedan utilizar con propósitos de anclaje ó para conectarse entre ellas como se muestra en la Fotografía 2.1.



Fotografía 2.1. Continuación de barras con coples Gewi dobladas, utilizadas en anclajes de taludes.

En cualquiera de los casos de acero de presfuerzo, la presentación puede ser en forma lisa o corrugada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Normalmente los alambres y torones son lisos exceptuando a las barras bajo estas condiciones, pues estas se encuentran de las dos formas, brindando las mismas características en ambas solicitudes; sin embargo la utilización varía en su aplicación en estas.

Otra diferencia que se observa en cada uno de los aceros de presfuerzo es la aplicación en los sistemas, tal como se muestra en la Tabla 2.3.

Acero de Presfuerzo	Sistema de Presfuerzo
Alambres	Pretensado con Adherencia. Postensado con Adherencia.
Torones	Pretensado con Adherencia. Postensado con Adherencia. Postensado sin Adherencia.
Barras	Postensado con Adherencia.

Tabla 2.3. Forma de aplicación del acero de presfuerzo.

La resistencia a la tracción del acero de presfuerzo, entre menor sea el diámetro mayor es la resistencia a los esfuerzos (Falla a la ruptura), esto se debe al tratamiento que se le da al acero, obteniendo así una recristalización de los componentes que lo integran.

### 2.3.6. – Acero de Refuerzo.

El **Acero de Refuerzo** en el concreto, consiste en varillas, alambres y mallas de alambre soldado (malla electro soldada), los cuales se fabrican de acuerdo a las normas ASTM. Sus propiedades más importantes del acero de refuerzo son:

- ❖ Módulo de Young o de elasticidad, Es.
- ❖ Resistencia a la fluencia,  $f_y$ .
- ❖ Resistencia última ó a la ruptura,  $f_u$ .
- ❖ Designación del grado de acero.
- ❖ Diámetro de la varilla o alambre.

Para aumentar la adherencia entre el acero y el concreto, se laminan con proyecciones llamadas corrugaciones en la superficie de la varilla tal como se muestra en la Figura 2.4, pero también se fabrican lisas.





Figura 2.4. Ejemplo de corrugación en las varillas.

Estas varillas deben de cumplir con la norma ASTM 616-76 para que sean aceptadas las corrugaciones en estas. Las varillas de acero de refuerzo únicamente en cuanto a su comercialización, solo se encuentran lisas hasta el No 2 ( $1/4''$  - 6.35mm), a partir de este diámetro se pueden encontrar tanto lisas como corrugadas. Los tamaños como lo son el No 14 ( $1 3/4''$  - 32.9mm) hasta el No 18 ( $1 5/4''$  - 37.9mm) no se obtienen regularmente, solo pueden encontrarse haciendo un pedido especial con los proveedores o fabricantes de acero.

Estos últimos diámetros son tamaños excepcionales, los cuales podrían encontrarse en condiciones muy específicos en un proyecto.

El acero de refuerzo constituye un factor importante en la composición integral de cualquier elemento de concreto presfuerzo y no presfuerzo, pues conforma el esqueleto del elemento fabricado ya sea colado en planta o in situ.

Existen elementos prefabricados de armados en escalas donde el diámetro utilizado es pequeño, por ejemplo castillos y dalas pre-armados. La longitud típica del acero de refuerzo es de 12 m, independientemente del diámetro; propiciando un buen manejo del acero en la obra, constituyendo la optimización del material en su colocación.

La nomenclatura que se emplea en las bibliografías es la misma que emplean los proveedores de este tipo de material, la cual el Instituto del alambre de refuerzo establece la siguiente designación alfabética:

- W —→ Designa a un alambre liso.
- D —→ Designa a un alambre corrugado.



Las mallas de alambre electro soldadas se utilizan mucho en losas, debido a la facilidad de colocación de los rollos de malla, controlando la separación del refuerzo y permitiendo una mayor adherencia, satisfaciendo el mínimo de acero por temperatura. Las mallas mas utilizadas en la realización de sistemas de piso son:

- ✓ Malla 6-6/6\*6.
- ✓ Malla 6-6/10\*10.
- ✓ Malla 10-10/10\*10.

La nomenclatura define los diámetros del acero utilizados para formar la malla en milímetros y la separación paralela entre ambos diámetros en centímetros.

Cada uno de estos materiales detalla la calidad, la funcionalidad, la facilidad en el manejo y la facultad de respuesta que se presentan en los elementos de concreto presfuerzoado y no presfuerzoado.

En el caso de los sistemas de piso me parece oportuno enunciar a las organizaciones que dan síntesis a la normatividad que se debe cumplir en la producción de obras, permitiéndole al lector -si es de su interés- profundice aun más en cada tema. Los organismos siguientes son quienes se encargan de modular todos y cada uno de los factores antes descritos. Estos son:

- ❖ ASTM. - American Society Testing and Material.
- ❖ ACI.- American Concrete Institute.
- ❖ PCI. - Precast/ Prestressed Concrete Institute.
- ❖ RCDF (NTCDF).- Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en sus Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de concreto.
- ❖ ANIPPAC.- Asociación Nacional de Prefabricación y Presfuerzo AC

#### **2.4. - Descripción de los elementos empleados en la fabricación de los Sistemas de Piso Presfuerzoados.**

La finalidad de dar una descripción de los elementos que integran cada sistema de piso prefabricado o colados en el sitio -ambos presfuerzoados-, es dar a conocer la integridad de los elementos por realizar.

Habrà sin duda una analogía en la aplicación de cada elemento o dispositivo en ambos sistemas de presfuerzoado, pero trataremos de ubicar cada uno de ellos dependiendo el sistema al que pertenezcan. Sabemos de antemano, tal y como se mencionó anteriormente, que tanto en el concreto como en el acero de presfuerzoado deberán ser de alta resistencia, produciendo los elementos mecánicos y esfuerzos permisibles (propiedades mecánicas) y así abatir los embates de uso que se tengan los miembros horizontales presfuerzoados.



#### 2.4.1. - Sistema Pretensado.

Alambre de Presfuerzo.- Son los elementos de acero que se tensan y anclan, los cuales al utilizarse imparten el presfuerzo al concreto.

Toron de Presfuerzo.- Al igual que los alambres de presfuerzo se tensan y anclan, imponiendo de igual forma la fuerza de presfuerzo al concreto.

Anclaje de Pretensado.- Los anclajes en los pretensados, son los dispositivos que se utilizan para mantener la fuerza de presfuerzo temporalmente hasta que sea transferida al elemento.

Cama de Pretensado.- Son las instalaciones adecuadas donde se confeccionan los elementos pretensados, vaciando el concreto y tensando previamente los tendones de presfuerzo sobre los moldes que darán forma a los elementos prefabricados.

Deflectores.- Son dispositivos que se utilizan en la elaboración de los elementos con este sistema de presforzado, estos son colocados en el sitio exacto donde el elemento por disposición de diseño requiere un cambio de trayectoria en los tendones; a esta se le conoce como "Traza"

Eliminador de adherencia.- Son productos de material anticorrosivo, los cuales tienen por finalidad cubrir determinada longitud del tendón, evitando que el concreto se adhiera y transmita la fuerza de presfuerzo, asignando únicamente la fuerza de presfuerzo efectiva.

Muertos de anclaje.- Corresponde a una estructura voluminosa y pesada de concreto no presforzado. Esta sirve para equilibrar los esfuerzos temporales producidos por los dispositivos de anclaje de los tendones de presfuerzo.

Presfuerzo efectivo.- Son los esfuerzos que se ocasionan en el proceso de tensado a los elementos después de que se hayan propiciado todas las pérdidas del elemento.

Tendones adheridos y no adheridos.- La mayoría de los prefabricados bajo las características del sistema pretensado, los tendones con adherencia consisten en provocar al concreto las propiedades mecánicas para poder transferir los esfuerzos permisibles en el elemento. Por el contrario un tendón no adherido evita la adherencia al concreto como lo es el caso de los postensados sin adherencia.



Inserios.- Son todas aquellas preparaciones metálicas y no metálicas que son ahogadas en el concreto con el objeto de mover, transportar, descimbrar y montar los elementos prefabricados-pretensados.

#### 2.4.2. - Sistema Postensado.

Alambre de Presfuerzo.- Estos aceros de presfuerzo se aplican de manera muy similar al pretensado. Son tensados y anclados, los cuales a su vez transmiten la fuerza de presfuerzo al concreto después de haber obtenido la resistencia máxima de diseño.

Toron de Presfuerzo.- También son utilizados en el postensado para hacer la transferencia de la fuerza de presfuerzo, que a diferencia de los alambros, estos se enductan y engrasan para evitar la adherencia. Contrariamente cuando un toron postensado es adherido, es enductado y lechadeado de tal manera que se proteja ante la corrosión, produciendo así la adherencia y transferencia de la fuerza de presfuerzo.

Anclaje de Postensado.- Son los dispositivos que se manejan de forma permanente en los extremos de los tendones, los cuales transmiten al concreto endurecido la fuerza de presfuerzo.

Deflectores.- Estos son los dispositivos que le dan un cambio a la traza al acero de presfuerzo, colocándolos durante el transcurso de la aplicación del postensado.

Cuñas.- Son parte fundamental de los anclajes, estas sujetan al tendón dentro de la perforación maquilada en las placas, impidiendo el desplazamiento del toron, evitando un incremento en las pérdidas.

Barrilete.- Los barriletes tienen como finalidad dar una continuidad al tendón, anclando las puntas extremas en ambos tramos. Estos se llegan a ocupar cuando es necesaria una longitud mayor de la especificada en el proyecto o por una falta de control de calidad en la manufacturación de los tendones. Se les conoce también con el nombre de coples.

Eliminador de adherencia.- Es el material que se emplea para los tendones, encamisando al cable de presfuerzo e impidiendo la adherencia con el concreto, propiciándole la fuerza de presfuerzo por medio de los anclajes en los externos de cada elemento.

Presfuerzo efectivo.- Son los esfuerzos que se ocasionan en los miembros postensados después de que se producen las pérdidas y haya alcanzado la edad el



concreto cuando son adheridos. En el caso de los no adheridos, el presfuerzo efectivo es propiciado por el arreglo de los tendones (traza) y los anclajes del elemento.

Ducto.- Son perfiles tubulares metálicos ó no metálicos, de material no dañino para el acero de presfuerzo postensado, donde son alojados los tendones e inyectados con lechada (normalmente con una dosificación de 1: 8) para producir una adherencia mayor que la mezcla de concreto y no tener problemas de corrosión con los tendones.

Respiradero.- Este es un ducto tubular normalmente de plástico, conectado herméticamente a los ductos del postensado con salida al exterior, produciendo la expulsión de aire o de agua e indicando que la inyección de la lechada ha sido completa.

Mordazas.- Las mordazas son dispositivos que se emplean en la nariz del gato hidráulico, que aunado con el pistón y las cuñas, sujetan al tendón mediante el dentado, ocasionando la elongación del cable y produciendo la fuerza presforzante.

## **2.5. - Descripción general del proceso de elaboración de los Presforzados.**

En el transcurso de este trabajo, la aplicación del concreto presforzado ha sido un homónimo de la prefabricación y en la industria de la construcción una herramienta invaluable, permitiendo que esta técnica se emplee con mas frecuencia en la elaboración de los sistemas de piso; prescindiendo de obras falsas y de los altos costos de cimbra, dando como resultado obras mas limpias; rompiendo con las secuencias tradicionales por etapas y siguiendo el proceso llamado "en línea".

El colado de los sistemas de piso prefabricados se lleva a cabo en plantas especializadas, mientras que la mayoría de las losas postensadas se efectúa en el sitio, agilizando el proceso de construcción y economizando de manera significativa lo más importante para los constructores; el "Tiempo", sin olvidar la calidad que se debe prestar.

A continuación se describen cada uno de los procesos de elaboración del presforzado, tanto pretensados como postensados, haciendo énfasis en las características particulares para cada uno de los casos.

### **2.5.1. - Pretensado.**

La aplicación del pretensado en los sistemas de piso corresponde a:

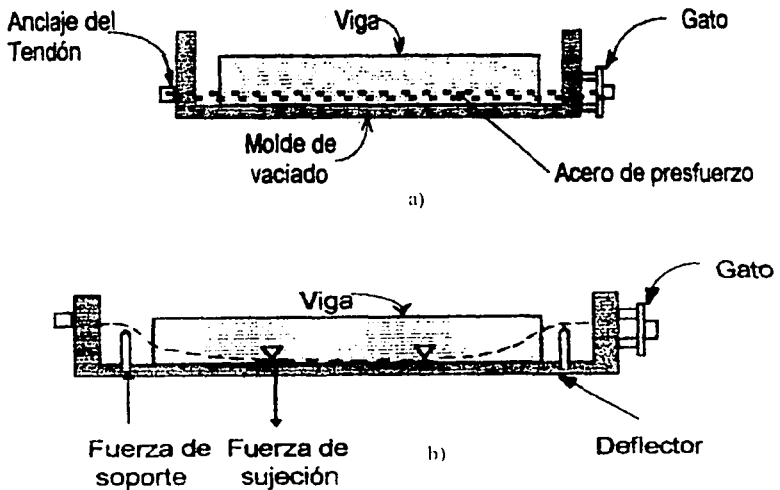


Los tendones, que por disposición de diseño pueden ser torones ó alambres se restiran o se tensan entre los apoyos. Se mide el alargamiento de los tendones<sup>2,13</sup>, así como la fuerza de tensión aplicado por el gato, cimbrando previamente los elementos que se fabrican. Se procede al vaciado del concreto en torno al tendón esforzado utilizando una relación agua-cemento mayor o igual a 0.45 para obtener resistencias aproximadamente del orden de 350 kg/cm<sup>2</sup>.

En poco tiempo se alcanzan estas condiciones de resistencia en el concreto, utilizando aditivos de fraguado rápido que **no** contienen cloruro de calcio; al mismo tiempo que es curado con vapor de agua, hidratando la pérdida de la misma producida por la acción química del mismo concreto, acelerando el fraguado.

Al lograr la resistencia requerida, es liberada la presión de los gatos, propiciando en los tendones un acortamiento por el efecto de adherencia que existe entre el acero de presfuerzo con el concreto e iniciando la transferencia de la fuerza de presfuerzo por la misma razón, produciéndose esta en su mayor parte cerca de los extremos de los tableros.

La extensión de los bancos ó pistas de colado en los precolados es alrededor de los 100 m. En los tableros según las solicitaciones del proyecto el fabricante coloca obturadores, con el fin de separar y dimensionar los tableros en elaboración antes del vaciado del concreto. En la siguiente Figura 2.5 se muestra una pista típica del presfuerzo pretensado.



2 131 Elemento o conjunto de elementos de acero que tensados y anclados imparten al concreto la fuerza prestozante

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Figura 2.5. Formas de pretensar un elemento. a) Elemento pretensado con excentricidad recta. b) Elemento pretensado con excentricidad parabólica.

### 2.5.2. - Postensados.

Los tableros hechos por este método de presforzado, normalmente se hacen en el sitio sin descartar la posibilidad de que también puedan ser prefabricados. La mayoría de estos tableros -casi el 90%- son colados en el lugar.

El proceso de presforzado por medio del postensado se refiere a lo siguiente:

En este sistema el concreto es vaciado en el molde antes de ser tensado el acero de presfuerzo. Los tendones son adheridos al concreto colocándoles un ducto y suministrándoles lechada, siguiendo el perfil deseado. Cuando es no adherido, los cables son forrados (envainados) y cubiertos con algún lubricante, permitiendo el alargamiento del tendón evitando la adherencia y la corrosión con el concreto.

Una vez que los cables han sido colocados y el concreto ha alcanzado su máxima resistencia ó la suficiente como para propiciar el postensionamiento de los tendones (aproximadamente entre el 70% y 80% de su  $f'c$ ), se procede al tensado de los cables.

El tensado puede hacerse por un solo extremo ó por ambos extremos del elemento a tensar, esto último con la finalidad de disminuir el porcentaje de las pérdidas que se presentan en los elementos de gran longitud.

El ducto se amarra con cinchos o alambre recocado sobre los insertos del elemento previniendo un desplazamiento accidental; siguiendo la traza de diseño y vaciando posteriormente el concreto para ser tensado. La tensión se evalúa midiendo tanto la presión del gato como la elongación del tendón.

Estos pueden tensarse todos a la vez con un gato multi-toron o bien utilizando el gato de barra<sup>2.14</sup>. Ya que no es posible observar el movimiento del tendón dentro del ducto, es correlacionada la presión ejercida por el equipo hidráulico (que en este caso es una bomba hidráulica), y su manómetro, registrando la presión ejercida. De esta forma es identificada la fuerza tensora de presfuerzo.

Cuando se haya alcanzado la carga de tensión de proyecto en los cables, se registra la extensión; misma que se compara con la estimada para verificar la deformación y los esfuerzos que se presenten en el elemento. No debe incrementarse la carga de tensado mas allá del valor especificado, especialmente si se intenta lograr la extensión requerida, pues se puede dañar al elemento si se rebasa su capacidad de deformación. Aquí se muestra un perfil característico del postensado de una losa reticular aligerada (Figura 2.6).

2.14 Se le llama así al gato que solo puede tensar un solo cable a la vez, también conocido como gato mono-toron

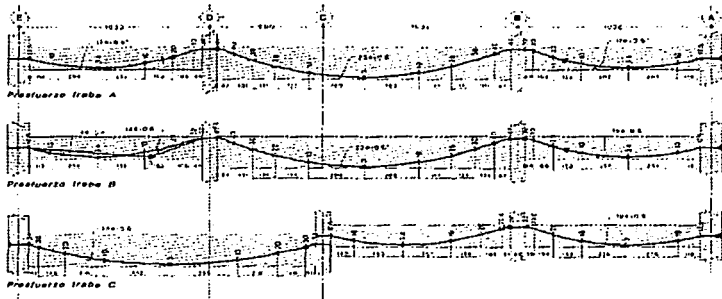
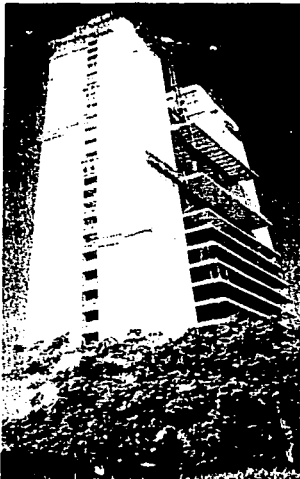


Figura 2.6. Perfil típico del tendido de acero de presfuerzo para un postensado.<sup>215</sup>



En la Fotografía 2.2 se muestra la utilización del postensado en edificios, demostrando las soluciones oportunas y el desempeño de la misma obra; brindando alternativas de funcionalidad a estas estructuras.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<sup>215</sup> En la Figura 2.6 se muestran claramente los puntos de inflexión conocidos como coordenadas.





CAPITULO III:  
CONTROL DE CALIDAD  
DE LOS ELEMENTOS  
INTERVIENEN EN LA  
PRODUCCIÓN DE LOS  
SISTEMAS DE PISO.



### CAPITULO III.- Control de calidad de los elementos que intervienen en la producción de los Sistemas de Piso.

**Objetivo Particular:** Demostrar la importancia del control de calidad en el proceso productivo de los sistemas de piso prefabricados presforzados.

#### INTRODUCCIÓN:

Muchos aspectos de nuestra vida diaria dependen de la producción de servicios de los cuales haremos uso. La prefabricación es uno de estos servicios que ha tenido un gran auge, gracias a la existencia de materiales como el presfuerzo y los concretos de alta resistencia.

Uno de los aspectos básicos en la prefabricación de sistemas de piso, es que deben ser aptos para el uso al que vayan ha ser destinados, ya que una falla en ellos, puede ocasionar pérdidas irreparables tanto de inversión como materiales; haciendo énfasis en las lesiones y/o daños que puedan ocasionar, incomodando la credibilidad en ellos<sup>31</sup>.

El presfuerzo aunado a la prefabricación puede ser apto en ciertas obras. Para el usuario, los proyectistas, los constructores y los fabricantes de estos servicios, son cuestiones de "CALIDAD". Es por eso que la calidad de los sistemas de piso donde se emplea concreto presforzado, puede definirse como la aptitud para su utilización y optimización en su manejo.

Acertadamente, los proyectistas determinan la calidad de los sistemas de piso por las experiencias obtenidas con estos elementos estructurales; dadas las exigencias y expectativas del mismo cliente, las cuales están determinadas por varias razones; tales como:

- Ⓐ La apariencia
- Ⓑ La funcionalidad.
- Ⓒ La respuesta integral de la estructura.
- Ⓓ La optimización de recursos, como es el tiempo, los dineros y la fuerza de trabajo en cada etapa del montaje.

Estos factores dependen de la credibilidad que los usuarios tengan, del prestigio de los fabricantes y de la información que se haya generado al respecto de los sistemas de piso, pues tanto quien proyecta, como quien fabrica y quien investiga, responde a la utilización de estos elementos. Una premisa para que los usuarios requieran de estos elementos, es el costo de los mismos; pues se considera que entre mayor sea su costo mayor será la calidad, lo que reprimiría cualquier incertidumbre en su empleo.

<sup>31</sup> Los sistemas de piso al ser parte integral de las instalaciones que dan origen a una estructura, proporcionarán el bienestar y seguridad en cada usuario, satisfaciendo las necesidades del mismo.



Esto afortunadamente no sucede con los prefabricados, pues se retribuyen grandes utilidades cuando las circunstancias de uso de estos elementos, son tendientes a su favor.

Se define la **CALIDAD** de un **Sistema** como la aptitud al ser utilizado.

Solo se piensa en el usuario final que hará empleo de ellos, pero este término debe ser extendido y aplicado a cada una de las actividades que se encuentran antes del usuario final. Cada etapa de elaboración es en sí, usuario del producto (cada integrante del proceso de fabricación) como lo son los sistemas de piso.

De acuerdo a las normas internacionales ISO 9000 la palabra **CALIDAD** está definida como:

**CALIDAD:** Conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas preestablecidas.

La participación del control de calidad en la industria de la construcción esta latente y a la orden del día. El proceso de producción de las obras y de los proyectos con sistemas de piso presforzados están reguladas por las normatividades y legislaciones donde estas se vayan a ubicar, aunándose las especificaciones del mismo proyecto.

La International Stánd Organization en su vocabulario de calidad (ISO-8402-1986)<sup>3,2</sup> define al **CONTROL DE CALIDAD** como:

Técnicas y actividades operativas a supervisar un proceso, eliminando las causas de un desempeño insatisfactorio en las etapas más relevantes del ciclo de calidad para lograr una efectividad económica.

Por consiguiente, el control de calidad es el desempeño de las técnicas ya establecidas por una patente la cual es obtenida por los fabricantes de cada sistema de presforzado (elementos que constituyen a los sistemas de piso prefabricados pretensados o colados en sitio como los postensados), logrando mantener los estándares de calidad en cada uno de los casos, mejorando las técnicas del presfuerzo.

El Control de Calidad coordina las relaciones entre las siguientes actividades:

- Ⓜ Especificaciones requeridas para su fabricación.
- Ⓜ Diseño del producto.
- Ⓜ Producción, instalación, ensamble de cada una de las partes que integran los sistemas de piso.
- Ⓜ Inspección del producto (sistemas de piso).
- Ⓜ Consumo del producto (sistemas de piso).

<sup>3,2</sup> ISO 9000, Bryan Rothery, PANORAMA EDITORIAL, 2ª edición 1994



Esto es con el fin de determinar el grado de conformidad tanto del productor como del diseñador y finalmente del cliente, haciendo una retroalimentación en cada uno de los campos de producción.

En la fabricación de los sistemas de piso, se controla la calidad de los materiales como la ejecución misma del proceso de elaboración; específicamente hablando del dimensionamiento, recubrimiento, detalles de refuerzo entre muchas otras cosas.

Hoy en día las limitantes para hacer uso de los sistemas prefabricados están contempladas por todas las personas que están de alguna forma en el medio de la construcción, logrando su apertura y fiabilidad de uso, pues la calidad y la satisfacción de los productos, se ha reflejado en los usuarios, debiéndose cumplir con las normatividades que se imponen para producir elementos, cuyo desempeño debe demostrarse.

La estandarización industrial se hace evidente cuando la prefabricación de los sistemas de piso en un mismo sector es muy similar. Esto resulta de acuerdos en consenso de los productores que se dedican a fabricar estos elementos, no olvidando a los proveedores que intervienen en el proceso productivo.

Estos acuerdan sobre los criterios que serán aplicados de manera consistente en la elección y clasificación de la manufactura de los tableros y de todo tipo de prefabricado. Actualmente existe una Asociación de Industriales en materia de Prefabricación y de Presfuerzo AC<sup>3,3</sup>, la cual busca impulsar la investigación para que se tenga una mayor aceptación en los prefabricados en general; a través de intercambios tecnológicos, ofreciendo a los usuarios:

- Ⓞ Una calidad y confiabilidad en mejoras del producto a costos razonables.
- Ⓞ Mejoramiento de la seguridad y mayor protección ambiental en la reducción de desechos.
- Ⓞ Simplificación en el impulso de aptitudes en los sistemas de piso prefabricados-presforzados.
- Ⓞ Reducción de tiempos en la producción, incrementando la eficiencia en los trabajos.
- Ⓞ Mayor eficacia y distribución en la operación y fabricación en los tableros.
- Ⓞ Una reducción en el mantenimiento en cada sistema de piso.

Esto permite que se forme una confianza el usuario de los sistemas de piso, ya que estos sistemas se elaboran conforme a estándares de calidad internacional. Con el fin de lograr cambios en cada uno de los procesos que denotan los estándares de calidad. Debemos de recordar dos cosas:

- 1) La seguridad es lo único y lo último que cuenta.
- 2) La rapidez marca la diferencia.



### 3.1. - Control de calidad de los materiales que se emplean en la elaboración de los Sistemas de Piso Presforzados<sup>3,4</sup>.

Generalmente los materiales que constituyen los sistemas de piso presforzados, se inspeccionan por cada uno de los participantes de la elaboración a medida que progresa la elaboración de los tableros; tanto en la planta como en el sitio.

Esto está intrínsecamente relacionado con la competitividad del mercado establecido por la industria de la construcción, pues se debe contar con una capacidad competitiva y adecuada para satisfacer la normatividad estipulada en los códigos.

Los materiales que se emplean en la prefabricación de los sistemas de piso, están expuestos a lo que se conoce como muestreo<sup>3,5</sup>, que obviamente está regulado por las normatividades y criterios especificados en los códigos relevantes para nuestro fin.

En México se cuenta con una serie específica de normas para lo que son los sistemas presforzados; el desglose de estas normas (normas para estructuras de concreto presforzado, normas para estructuras prefabricadas y normas para materiales como es el acero de presfuerzo y concreto de alta resistencia), permite a los proyectistas valerse de ellas para poder obtener diseños estructurales satisfactorios esperados en los tableros prefabricados y para la estructura en general.

Existen laboratorios independientes que se dedican a regular las pruebas, efectuando un control de calidad fructuoso para el bienestar de la construcción en sí<sup>3,6</sup> y poder dirimir polémicas relativas a la calidad con que fue construida una obra, descartando la posibilidad de cohechos realizados por contratistas o fabricantes y con ello lograr mejores resultados. Este control es solo una pequeña parte de todo un sistema completo de calidad.

El muestreo, ensaye y selección de los materiales para la producción de los sistemas de piso, son fundamentales para garantizar el cumplimiento de los requerimientos de calidad del producto terminado en los tableros prefabricados.

Las características y propiedades de los materiales permitirán apreciar cuál es la calidad; por ejemplo del agregado grueso y fino, la composición del agua, los cementos utilizados para la producción del concreto, así como las propiedades mecánicas de los aceros de presfuerzo y de refuerzo, cimbras y aditivos entre otras.

La calidad de una obra donde se empleen sistemas de piso prefabricados, depende en gran medida del diseño, tecnología y organización con que se cuente; y en la medida que estos términos se controlen, será el nivel de calidad obtenido.

<sup>3-4</sup> Básicamente nuestro control de calidad referente a materiales está enfocado al concreto y sus componentes, como son los agregados, cementantes, aditivos y a los aceros, tanto de presfuerzo como de refuerzo.

<sup>5</sup> El único muestreo a las pruebas que se realizan en cada uno de los elementos que intervienen en la elaboración del producto final.

<sup>6</sup> Estos laboratorios deben ser certificados por el sistema nacional de acreditación de laboratorios de prueba (SINALP) para otorgar la credibilidad de los ensayos requeridos por el proyecto.



### 3.1. – Control de calidad de los materiales que se emplean en la elaboración de los Sistemas de Piso Presforzados<sup>3,4</sup>.

Generalmente los materiales que constituyen los sistemas de piso presforzados, se inspeccionan por cada uno de los participantes de la elaboración a medida que progresa la elaboración de los tableros; tanto en la planta como en el sitio.

Esto esta intrínsecamente relacionado con la competitividad del mercado establecido por la industria de la construcción, pues se debe contar con una capacidad competitiva y adecuada para satisfacer la normatividad estipulada en los códigos.

Los materiales que se emplean en la prefabricación de los sistemas de piso, están expuestos a lo que se conoce como muestreo<sup>3,5</sup>, que obviamente esta regulado por las normatividades y criterios especificados en los códigos relevantes para nuestro fin.

En México se cuenta con una serie específica de normas para lo que son los sistemas presforzados; el desglose de estas normas (normas para estructuras de concreto presforzado, normas para estructuras prefabricadas y normas para materiales como es el acero de presfuerzo y concreto de alta resistencia), permite a los proyectistas valerse de ellas para poder obtener diseños estructurales satisfactorios esperados en los tableros prefabricados y para la estructura en general.

Existen laboratorios independientes que se dedican a regular las pruebas, efectuando un control de calidad fructuoso para el bienestar de la construcción en sí<sup>3,6</sup> y poder dirimir polémicas relativas a la calidad con que fue construida una obra, descartando la posibilidad de cohechos realizados por contratistas o fabricantes y con ello lograr mejores resultados. Este control es solo una pequeña parte de todo un sistema completo de calidad.

El muestreo, ensaye y selección de los materiales para la producción de los sistemas de piso, son fundamentales para garantizar el cumplimiento de los requerimientos de calidad del producto terminado en los tableros prefabricados.

Las características y propiedades de los materiales permitirán apreciar cuál es la calidad; por ejemplo del agregado grueso y fino, la composición del agua, los cementos utilizados para la producción del concreto, así como las propiedades mecánicas de los aceros de presfuerzo y de refuerzo, cimbras y aditivos entre otras.

La calidad de una obra donde se empleen sistemas de piso prefabricados, depende en gran medida del diseño, tecnología y organización con que se cuente; y en la medida que estos términos se controlen, será el nivel de calidad obtenido.

3.4 Básicamente nuestro control de calidad referente a materiales esta enfocado al concreto y sus componentes, como son los agregados, cementantes, aditivos y a los aceros, tanto de presfuerzo como de refuerzo.

3.5 El muestreo muestreo a las pruebas que se realizan en cada uno de los elementos que intervienen en la elaboración del producto final.

3.6 Estos laboratorios deben ser certificados por el sistema nacional de acreditación de laboratorios de prueba (SINALP) para otorgar la credibilidad de los ensayos requeridos por el proyecto.



El nivel que fije y el compromiso que adquiera cada una de las partes involucradas en la producción de los tableros prefabricados, obliga a los proveedores de los materiales a concientizarse plenamente con la ejecución de los proyectos.

La calidad está asociada no solo con la producción de los sistemas de piso, sino también se requiere de gran sentido común para cubrir y satisfacer las exigencias del cliente quien a fin de cuentas es quien hará uso de los servicios de los tableros.

La calidad de las mezclas de concreto sigue una serie de pruebas para satisfacer los requerimientos solicitados en el proyecto, resaltando con estas las limitantes de acción o de rechazo en cada una de las pruebas, reportando las características de cada prueba lo mas claro y conciso para su correcta interpretación, formulando el cuadro de resultados y así poder extender el fallo de aprobación o desaprobación por el personal técnico.

### 3.1.1. - Agregados.

En las Normas Técnicas Complementarias para el diseño y construcción de elementos de concreto, en su capítulo 11. Construcción, inciso 11.3. Concreto, párrafo 11.3.1. Materiales<sup>3.7</sup> componentes de concreto; describe que la calidad y proporciones de los materiales componentes del concreto serán tales que se logren la resistencia, deformabilidad y durabilidad necesarias; verificando al inicio de la obra y también cuando exista una sospecha de cambio en las características de los mismos agregados; ó bien, cuando se registre un cambio en las fuentes de los suministros.

Esta verificación es efectuada a partir de muestras tomadas del sitio de suministro o de los almacenes del productor de concreto cuando este sea premezclado.

Los materiales pétreos deberán cumplir con los requisitos marcados en la norma NOM-C111 relativo a los agregados, NOM-C1 para el cemento pórtland, NOM-C45 para los aditivos y NOM-C122<sup>3.8</sup> para el agua que se ocupe en la producción de concreto.

Por ninguna razón se permite el uso de concreto ligero en elementos primarios, tales como columnas, vigas o trabes, **Sistemas de Piso**, zapatas, etc; y si lo determinasen así, se requiere plenamente de la autorización especial del departamento del distrito federal.

Cuando se obtiene la dosificación deseada en la mezcla, se realizan ensayos en sus estado fresco y cuando haya fraguado. Se debe subrayar la importancia de obtener muestras de concreto fresco significativas, llevando a cabo el control en la misma mezcla, pues si no se realizara de esta forma, pudieran presentarse errores en las pruebas si estas son de pésima calidad.

Deben observarse los antecedentes que se tengan del empleo de materiales de mala calidad, que no garantizan el buen comportamiento de los mismos elementos.

3.7

Normas Técnicas Complementarias del DF (1987).

3.8 Reglamento de Construcciones de concreto estructural y cementario. ACI-318-95 y ACI 318R-99.



Con esto, se exige el uso de materiales adecuados para poder brindar confianza en los constructores, contratistas, fabricantes y usuarios finales del funcionamiento en cada uno de los agregados. Los responsables a cargo del control de calidad serán los únicos que podrán satisfacer el suministro para la producción del concreto en los sistemas de piso; mismos que tendrán la total responsiva para asegurar la calidad del producto.

Cada uno de los materiales empleados debe proveer una durabilidad adecuada, de modo que los requerimientos de los sistemas de piso satisfagan las solicitudes particulares del elemento y de manera general en el proyecto a ejecutar.

Algunas consideraciones en el manejo de materiales en la planta de fabricación de elementos precolados se resumen en lo siguiente, delegando el control de calidad, ya sea a la premezcladora que suministra del concreto, o bien, al departamento de materiales cuando es auto-producido y auto-consumido por el fabricante:

- ® Los agregados se deben manejar y almacenar de forma tal que aseguren la uniformidad en su granulometría y humedad, evitando el almacenamiento del material en forma cónica para que no se produzca la segregación.
- ® Para evitar que se mezclen los diferentes agregados (grueso y fino) se recomienda separarlos por paredes, o bien; depositarlos en sitios separados a una distancia razonable.
- ® El agregado fino deberá manejarse húmedo, evitando que las acciones del viento propicien la separación de las partículas.
- ® El empleo de cemento a granel debe almacenarse en los depósitos (silos) sellados contra el agua, humedad y contaminantes externos; dándole mantenimiento a estos depósitos por lo menos una vez al mes y evitar que el cemento se compacte; separando el tipo de cemento en función de la marca o color.
- ® Cuando se utilice cemento en bolsa (saco) deberá de almacenarse estibándolo sobre paletas de madera, evitando el contacto con la humedad y permitiendo la circulación del aire. Si el cemento es almacenado por mucho tiempo deberá de ser protegido con cubiertas impermeables, de tal forma que las bolsas con mayor tiempo de almacenamiento sean las primeras en ser utilizadas.
- ® Cada fabricante propone el manejo y almacenamiento de los aditivos, lo que implica una mayor durabilidad y un buen funcionamiento en el momento de ser ocupados.
- ® En el acero de refuerzo debe procurarse su fatal oxidación, pues esta afecta de manera significativa en la adherencia con el concreto, produciendo errores en todo momento de la aplicación. Esto casi no sucede con el acero de refuerzo, cualquier lugar donde se almacene estará bien siempre que no se obstaculice el trabajo de la producción.
- ® El acero de presfuerzo debe de almacenarse en lugares donde existan cubiertas impermeables para evitar la humedad que da lugar a la corrosión.

Todo el control de calidad que se pueda presentar en los materiales para obtener nuestros sistemas de piso presforzados, radica en el amplio conocimiento de los controles que deben cumplirse, efectuando las pruebas necesarias y apropiadas a los materiales componentes en el concreto, al acero de refuerzo, como al de presfuerzo.





La decisión de utilización de cualquier material, debe hacerse basándose en las características físicas, químicas y mecánicas; y en algunas ocasiones apoyarse en resultados de datos estadísticos no aislados de pruebas semejantes en el material a usar, sin olvidar las condiciones económicas que imperan para su aprovechamiento del mismo.

### 3.1.2. - Concreto.

En el caso del concreto, los embates de las pruebas se indultan debido a la frecuencia con la que se realizan, propiciando un factor importante para el control de calidad de la mezcla. Esta mezcla al ser un material híbrido y heterogéneo, el cual deriva cambios en su composición, deduce que aun siendo el concreto de la misma descarga, puede variar la particularidad de igualdad en sus propiedades mecánicas y de respuesta.

Es por ello que el control en el concreto es más riguroso y habitual.

El concreto al ser constituido por materiales, cada uno de ellos diferentes; se ensayan cada uno por separado, verificando si son útiles o no. Por ejemplo en el caso de los agregados se realizan las siguientes pruebas<sup>39</sup> mostradas en la Tabla 3.1.

Arena	Grava
Absorción	Absorción
Densidad	Densidad
Peso volumétrico	Peso volumétrico
% de Limo/ Sedimento	% de Limo/ Sedimento
Modulo de finura	Tamaño máximo de agregado
Colorimetría	Colorimetría
Perdida por lavado	Perdida por lavado
Humedad	Humedad
Granulometría	Granulometría
Resistencia a la tracción	Resistencia a la tracción

Tabla 3.1<sup>39</sup> Pruebas que se efectúan en los agregados para verificar la calidad en ellos.

<sup>39</sup>

Se hace énfasis que no en todos los casos de prefabricación de sistemas de piso presfuerzo, se realizan las pruebas que se llegan a mencionar, pues por indisposición de los fabricantes no se sabe que tipo de pruebas se realizan en las plantas productoras de concreto o plantas prefabricadoras de auto-consumo, resaltando la idealización que debiese seguirse en la nomenclatura de pruebas mencionadas.

<sup>39</sup> Los valores y rangos de cada una de las pruebas que se enuncian en la Tabla 3.1 se especifican en las normas para agregados, o bien; se puede consultar el manual para supervisar obras de concreto, que fue la fuente de donde se obtuvo la información presentada.



### 3.1.3. -Cementos.

En los cementos durante su manufactura, se analizan frecuentemente todos sus componentes para asegurar un cemento uniforme de alta calidad, basado en un proceso estandarizado por la industria cementera, en la cual no existe particularidad alguna de homogeneidad de disposición, equipo o apariencia; pero sí para la obtención del producto terminado, aplicando las especificaciones en su composición química y propiedades físicas, aceptando la conformidad del muestreo en el cemento establecida por la ASTM C-183<sup>3,10</sup>.

A continuación se enlistan las pruebas que se le hacen a los cementos para su aceptable aprobación de calidad.

- Ⓢ Finura.
- Ⓢ Sanidad.
- Ⓢ Consistencia.
- Ⓢ Tiempo de fraguado.
- Ⓢ Fraguado falso.
- Ⓢ Resistencia a la compresión.
- Ⓢ Calor de hidratación.
- Ⓢ Pérdida por ignición.
- Ⓢ Peso específico.

### 3.1.4. - Agua.

El control de calidad en el agua es referido a que debe de ser potable y que no manifieste un sabor u olor pronunciado, mientras suceda esto puede utilizarse para producirse concreto; sin embargo, hay aguas no potables que también pueden ser adecuadas para la producción de la mezcla, propiciándose con ello una certidumbre y seguridad al obtener mezclas de buena calidad; esto puede llevarse a cabo siempre que el agua reciba un tratamiento adecuado para que pueda utilizarse como agua potable.

Las impurezas excesivas en el agua no solo afectan el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto; sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, alta corrosión en el acero de presfuerzo y de refuerzo, inestabilidad volumétrica y menor durabilidad.

Generalmente el agua que contiene menos de 2000 ppm de sólidos disueltos totales, puede ser utilizada de manera satisfactoria en la elaboración de concreto de alta calidad, en caso contrario se deberán realizar pruebas que determinen cual es la influencia que se tiene en la resistencia y tiempo de fraguado en el concreto. El agua debe estar libre de cualquier tipo de impureza que haga que el concreto tenga un efecto secundario en su manejo. De este modo podrán elaborarse mezclas de concreto de buena calidad.

<sup>3,10</sup> Diseño y control de mezclas de concreto. Steven H. Kostmka y William C Panarece. IMCYC 1ª edición 1992.



### 3.1.5. - Aditivos.

Los aditivos que se aprovechan en la producción del concreto prefabricado deben cubrir las especificaciones pertinentes, realizándoles pruebas junto con la mezcla de concreto llevándolas a cabo en temperaturas y humedades que se vayan a tener en la planta prefabricadora o en la obra. con la finalidad de demostrar la compatibilidad del aditivo con cada uno de los materiales que componen el concreto; como los efectos que se obtienen en las propiedades del mismo en sus diferentes estados; tanto fresco, como endurecido, utilizando únicamente las cantidades recomendadas por el fabricante o bien utilizando la cantidad óptima determinada por medio de una prueba de laboratorio.

En el caso de los tableros presfuerzados, el ACI recomienda manejar un contenido máximo de ión de cloruro para evitar la corrosión en el acero de presfuerzo del 0.6% de aditivos acelerantes, correspondiente este porcentaje al contenido (en peso) de cemento utilizado en la mezcla.

El control que se sigue al ejecutar la mezcla de concreto es predominante; importante es tenerlo muy en cuenta, ya que los resultados que se arrojan en las pruebas cumplirán con las especificaciones para su optimización, significando lo relevante que es el emplear los aditivos de manera correcta en la fabricación de los tableros presfuerzados y de todo elemento de concreto.

Observamos que cada uno de los materiales que intervienen en la manufactura de una mezcla de concreto, sigue sus propias normatividades, favoreciendo en gran medida la producción de los tableros presfuerzados con concretos más sanos y de excelente calidad.

El control de calidad que se puede obtener de la mezcla de concreto será aquel que uno mismo se fije y disponga, por ello la relación de muestreos que se realizan florecerá la conexión entre la producción del concreto y el mismo control de calidad.

Es pues; para los fines que se desean alcanzar en la obtención de dosificaciones de buena calidad en el concreto, propio obtener muestras más específicas, pues con ello se detallará el aseguramiento de los elementos estructurales de concreto, que en nuestro caso corresponde a los tableros presfuerzados.

La representación de los resultados que pudieran darse en el concreto, simboliza la continuidad en los objetivos particulares de los proveedores, así como de los productores del mismo. Por eso, las pruebas se llevan a cabo bajo características estrictas en su realización tal y como se estipula en la normatividad, garantizan la certificación internacional de quienes realizan el muestreo (de hecho esto se lleva a cabo en las plantas premezcladoras de concreto).

A continuación se enlistan en la Tabla 3.2 algunas de las pruebas que se llevan a cabo en el producto terminado del concreto<sup>3.11</sup>, satisfaciendo las expectativas de uso en la preparación de mezclas y cumpliendo las especificaciones de producción en la misma.

<sup>3.11</sup> Este tipo de intervención se lleva a efecto únicamente en donde los volúmenes de concreto son representativos, refiriéndose a cantidades considerables en obras donde la inspección es más estricta y frecuente.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Algunas de las pruebas que se realizan en el concreto son:

Concreto Fresco	Concreto endurecido
Consistencia (Revenimiento)	
Medición de temperatura	
Peso volumétrico y rendimiento	Peso volumétrico
Contenido de aire	Contenido de aire
Resistencia	Resistencia
Curado	
Contenido de cloruros	Contenido de cloruros
Contenido de cemento y agua	Contenido de cemento
Contenido de aditivos	Contenido de aditivos
Segregación (sangrado)	
	Densidad relativa
	Absorción
	Análisis petrográfico
	Variación de volumen-longitud (Relación de Poisson)
	Durabilidad
	Permeabilidad

Tabla 3.2. Muestras realizadas en el concreto en sus diferentes estados.

Ciertamente no se precisa este dato en el auto-consumo en las plantas prefabricadoras, pero aún no realizándose la totalidad de las pruebas que se mencionan, no significa que no se garantice la seguridad y calidad en los elementos prefabricados y de los sistemas de piso prefabricados.

Existen ensayos en el concreto donde se puede trabajar con muestras utilizadas en pruebas anteriores al utilizar aditivos. Cuando el concreto se halla en estado fresco y aun cuando haya fraguado se pueden realizar pruebas no destructivas como su densidad. Otra prueba no destructiva que comúnmente se hace es la del esclerómetro para obtener la resistencia ( $f_c$  del concreto), o bien; para determinar su edad basándose en soluciones químicas que dictaminan esta propiedad.

### 3.1.6. - Acero.

Otro de los materiales que intervienen en el proceso productivo de los sistemas de piso presforzados, es el acero. Los productores de acero se encargan de regular las precisiones del material, mismos que deben comprobar con ensayos efectuados en sus laboratorios. La calidad misma del material que ellos producen corrobora la efectividad en su aprovechamiento.



No debe descartarse la posibilidad que en un lote de acero existan irregularidades de fabricación, por eso, si las pruebas que se realizan en las probetas ensayadas en un lote rebasan mas del 20% del error, todo el lote de ese material estará descartado para su posible empleo, corrigiéndose la falla lo mas pronto posible, detallando las equivocaciones de la producción en ese lote.

Los reportes que se entregan al consumidor de acero, deben avalar los requisitos mínimos del acero<sup>3.12</sup>. En las normas técnicas complementarias para el diseño de concreto y basados en las normas Oficiales Mexicanas; permiten la utilización de acero de refuerzo siempre y cuando cumplan con las normas:

- ® NOM B 6
  - ® NOM B 249
  - ® NOM B 457
- } 3.13

Y para acero de presfuerzo deberán cumplirse con las normas:

- ® NOM B 293
  - ® NOM B 292
- } 3.13

Otro acero que se utiliza en la elaboración de los sistemas de piso presforzados es la malla electro soldada, cumpliendo las solicitudes mínimas de especificación y uso, corroborándose bajo la NOM B 290<sup>3.13</sup>.

Ambos tipos de acero, tanto de refuerzo como de presfuerzo, se deben proteger durante su transporte, manejo y almacenamiento, revisándolos antes de su aplicación. El que no haya sufrido algún daño severo (esto es mas frecuente en el acero de presfuerzo), en especial por si se ha almacenado por un período prolongado; es motivo de duda debiendo ser sujeto a pruebas que demuestren sus condiciones.

Generalmente se le realizan al acero pruebas de tensión, compresión, cortante y adherencia en diferentes probetas, avalando esto el laboratorio encargado de supervisar el control de calidad del material. En ocasiones se auxilia de laboratorios externos que se encargan de ratificar la calidad y propiedades mecánicas del mismo, pues difícilmente quienes se encargan de hacer uso del acero, apenas cuentan con el equipo necesario para poder realizar este tipo de pruebas y corroborar por si mismos el ensaye del acero.

En la siguiente Tabla 3.3, se muestra la forma del suministro en el acero, cumpliendo con las solicitudes que les demandan a los productores

3.12 Los fabricantes de acero proporcionaran certificados de calidad mostrando los resultados obtenidos en el análisis químico, físico y mecánico del acero; así como los porcentajes de cada componente que interviene en la formación del lote de prueba.

3.13 Reglamento de construcciones del D.F. Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de elementos de concreto. Materiales 1987.



Tipo de Acero	Manera de suministro de Acero
Acero de Refuerzo	Barras (atados)
Acero de Presfuerzo	Rollos
Malla electro soldada	Rollos

Tabla 3.3. Forma de suministro del acero.

En algunas plantas prefabricadoras se realizan pruebas como: la del doblado en el acero de refuerzo. Esta es utilizada en las plantas para la elaboración de los elementos estructurales reforzados. La prueba consiste en seleccionar de cualquier atado muestras, que son dobladas a 90°. Si la probeta muestra indicios de agrietamiento o llega a quebrarse, el acero de ese lote no se aceptará, exigiendo de manera inmediata el cambio del suministro de acero.

El acero normalmente resiste tensiones considerables dependiendo del grado que este formado; de igual manera manifiesta un comportamiento satisfactorio (en forma porcentual de su esfuerzo a la tensión) a la compresión y esto a razón de que la probeta se pandea al momento de la aplicación de la fuerza de compresión.

El suministro de acero se hace acompañar por el certificado de calidad que emite el fabricante, haciendo constar el manejo y uso del material, resultando adecuado en cualquier aplicación que se tengan, cubriendo los requisitos de calidad para ello. Estos certificados contienen su composición química y sus características mecánicas, conjuntamente con los gráficos de esfuerzo-deformación.

La industria metalúrgica sigue procedimientos de manufactura estrictamente rigurosa, pues el mercado exige calidades extremadamente altas. Esto confirma que al utilizar aceros con calidad total, aseguran la funcionalidad de los inmuebles en cualquier tipo de condición al que estén expuestas.

La dificultad que se tiene en las plantas prefabricadoras para poder confirmar la calidad del acero de presfuerzo, es tal que no demuestra la certidumbre del mismo, sin embargo; en ocasiones en la planta prefabricadora se analizan probetas de acero de presfuerzo (alambre o toron) como a continuación se describe:

- Ⓜ Se seleccionan dos o tres torones de una mesa de tensado.
- Ⓜ Se marca el toron antes en el extremo donde se llevará a cabo la tensión del tendón.
- Ⓜ Se hace una primera tensión en el tendón y se vuelve a marcar nuevamente.
- Ⓜ Se lleva a cabo la tensión actuante en el acero de presfuerzo, registrándose en bitácora las elongaciones obtenidas y las presiones en el equipo de tensado.



- ® Se comparan los datos obtenidos en campo con los estimados en gabinete. Si existe una variación de  $\pm 5\%$  se tomará como aceptable la prueba realizada en el acero; de no ser así, se checan las causas de error y se procede a su corrección.
- ® Si el error consiste en una pésima calidad en el acero, se envían probetas a un laboratorio externo, quien realizará las pruebas correspondientes y proporcionará los resultados inmediatamente una vez que se obtengan.

De antemano, por consigna de uso para los tendones de presfuerzo si se denota algún doble o punto de soldadura se rechazará la utilización de estos aceros, por ello; antes de colocarse todo el acero, deberá revisarse que esté debidamente colocado de acuerdo a lo estipulado en los planos de taller estructurales y que se encuentre debidamente sujeto para evitar posibles desplazamientos.

La evaluación y el visto bueno para certificar los lotes del suministro de acero se elaboraran por el responsable en seguridad estructural o del director de obra encargado de decidir si se acepta ó se rechaza el lote.

Las operaciones con soplete y soldadura en la proximidad del acero de presfuerzo, podrá realizarse en forma tal, que no lo afecte la exposición de temperaturas excesivas, chispas de soldadura o corrientes eléctricas a tierra.

### 3.1.7. - Otros.

Existen otros materiales que son igualmente usados en la elaboración de sistemas de piso prefabricados-presforzados, mismos que deben cubrir los estándares de calidad que se requieren para poder demostrar su ocupación.

Tal es el caso de los moldes que se utilizan en la prefabricación de los elementos, los ductos para en el postensado, las lechadas para la adherencia entre el concreto y el acero de presfuerzo, entre otros.

Los moldes que se manejen en la prefabricación de los sistemas de piso, deben permitir el trabajo óptimo del personal encargado de la producción, fabricando elementos que cumplan con las especificaciones relacionadas con los moldes y cimbras, quienes a su vez darán forma al elemento que se elabore, confinando al concreto bajo las dimensiones requeridas por el proyecto.

La apariencia en la superficie de los tableros prefabricados esta directamente relacionada con la calidad del material con que estén constituidas las cimbras y los moldes. Estos pueden ser de materiales como:

- ® Madera.
- ® Concreto.
- ® Accro.
- ® Plástico.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- ® Fibra de vidrio con resinas de poliéster.
- ® Yeso.
- ® O una combinación entre estos materiales.

Sin duda, en el caso específico de la prefabricación, los materiales más representativos y empleados son: el acero y la madera; o una composición de ambas, comúnmente conocida como cimbra metálica.

Los moldes deberán construirse lo suficientemente rígidos para poder soportar su peso propio, las cargas de construcción, la presión que ejerce el concreto en su estado fresco y la vibración que se le aplique a la mezcla, tanto interna como externamente en el momento de ser vaciado el concreto, sin que pueda deformarse más allá de las tolerancias permitidas en las especificaciones para cimbras.

Estas cimbras deben cubrirse o sellarse curando la cimbra con materiales que no permitan la absorción de agua de la mezcla de concreto; a su vez, que puedan ser removidos cuando el concreto haya alcanzado como mínimo el 80% de su resistencia a la compresión, obteniéndose este resultado bajo condiciones óptimas de colado (aproximadamente a las 24 horas después de haberse colado el concreto sí en él se emplea un acelerante de fraguado rápido -RR-).

En ciertas ocasiones en la planta prefabricadora las cimbras o moldes son fijos, propiciando que el retiro de los elementos sea por medio de maquinaria; como son grúas pórtico o grúas viajeras, las cuales se deslizan a lo largo de las mesas de tensado.

Cuando la prefabricación se realiza en moldes de concreto, estos deben ser tratados con membranas de poliuretano, procurando la porosidad del molde de concreto en toda su superficie, evitando que se produzca una junta fría entre el elemento prefabricado y el molde; facilitando el desmolde de la pieza y confirmando la ausencia de daños.

Los moldes de acero son utilizados con mayor frecuencia en la prefabricación de elementos, los cuales deben estar exentos de corrosión, bordes de soldadura o desajustes en las juntas.

Los desmoldantes para el descimbrado de elementos deben ser de marcas comerciales para evitar posibles fallas en el elemento constituyente. Al manipularse estos compuestos de manera correcta, se evita la absorción de agua del concreto, la adherencia y las imperfecciones en la superficie en el elemento cuando sea aparente. También incumbe que la cimbra debe obligarse a estar bien prensada y unida para prevenir el escurrimiento del mortero o lechada del concreto.

Los aspectos correspondientes al curado del molde deberán hacerse previamente antes de la colocación del acero, pues no se aceptará el trabajo ni el elemento, si presenta una superficie manchada considerablemente por los agentes desmoldantes.

Los ductos para los tendones en los elementos que están sujetos a procesos de postensado, deben ser impermeables para la mezcla de lechada o mortero, dependiendo de cual sea el caso de aplicación del postensado (con adherencia), no debiendo de reaccionar químicamente con el concreto los tendones ó el material de adherencia.





El diámetro interno del ducto que alojará al tendón tendrá al menos 5mm de espacio, con la finalidad de realizar la inyección de la lechada cuando sean adheridos. Aun no siendo adheridos los ductos no deberán perjudicar u obstaculizar el deslizamiento del tendón cuando esta engrasado.<sup>3,14</sup>

La lechada para la inyección en los postensados cumplirá de forma satisfactoria la manejabilidad, reduciendo el sangrado y contracción que se pueda presentar; de tal manera que puedan ser asegurados con aditivos que no perjudiquen la inyección de la lechada y mucho menos al acero de presfuerzo y al concreto.

El manejo de las lechadas podrá basarse en lo que se señalen en las pruebas tanto para su estado fresco como endurecido, revisando los resultados del muestreo antes de la inyección, o bien, valiéndose de datos estadísticos de materiales y equipos similares a las condiciones de empleo.

Es un hecho que las lechadas deben ser manejables y capaces de bombearse para poder obtener la adherencia de diseño y poder transmitir la fuerza presforzante necesaria en los tendones cuando son adheridos al elemento.

### **3.2. - Equipo empleado en obra y en planta para la elaboración de los Sistemas de Piso Presforzados.**

#### **3.2.1. - Equipo empleado en planta.**

De igual forma, en los equipos que se utilizan para la realización de tableros presforzados se deberá cumplir un determinado control de calidad en cada uno de ellos, lo que necesariamente implica mantenerlos en buen estado, así como las instalaciones que se utilizan para fabricar cada uno de estos.

Esto se logra a partir de la necesidad de brindar al usuario un buen servicio; de lo contrario estaría en juego el prestigio de la firma prefabricadora de tableros presforzados, y también del proveedor del equipo que ofrece las aplicaciones del equipo con que se llevan a cabo los trabajos de prefabricación en los sistemas de piso, así como de cualquier otro tipo de prefabricado. No tener en buenas condiciones de empleo el equipo e instalaciones para la fabricación de estos elementos, representaría grandes pérdidas en los proyectos a realizar.

El tener el equipo e instalaciones en óptimas condiciones implica mayor rentabilidad y ganancias para la industria prefabricadora, culminándose en interesantes utilidades para el fabricante y atractivas comodidades para el consumidor de cualquier sistema de piso prefabricado-presforzado.

<sup>3.14</sup> Normas técnicas complementarias del DF, para diseño de estructuras de concreto, 1987



Muy brevemente trataré de dar una mejor perspectiva del control de calidad de los equipos e instalaciones que se ocupan en la manufactura de los tableros presforzados, con el fin de mostrar la alta calidad con que se obtienen los estándares que se manipulan en la industria de los prefabricados.

Debemos tener en cuenta que en la industria de la prefabricación, no solamente se promueven sistemas de piso, sino también, se da salida a otro tipo de elementos estructurales, pues las instalaciones con las que cuenta una planta prefabricadora son similares en el proceso de producción<sup>3,15</sup>; resaltando sus diferencias entre estas principalmente en la metodología que se sigue al hacer el diseño estructural.

Dentro de las instalaciones que se pueden observar en una planta de prefabricación son las diversas áreas que delimitan las diferentes etapas del proceso productivo de los elementos; como son los sistemas de piso. En estas plantas encontramos:

- Ⓜ Área de armado, tensado y colado (camas de tensado – pretensado-).
- Ⓜ Área de curado.
- Ⓜ Área de almacenamiento (de materias primas y producto terminado)
- Ⓜ Área de procesamiento de materias primas (producción de mezclas).
- Ⓜ Área de laboratorio y oficinas administrativas.

Dentro de cada una de estas áreas de producción existe equipo y maquinaria necesarios para la elaboración de las unidades prefabricadas presforzadas, las cuales se indican a continuación:

- Ⓜ **Zonas de retoque, resane y almacenaje:** No siempre el producto terminado se obtiene de manera óptima, por lo cual esta zona de la planta esta encargada de retocar y cuando se requiera de resanar a los elementos. De manera que los elementos -en este caso los sistemas de piso- se almacenen en buenas condiciones mientras son solicitados para su colocación. De esta forma se obtiene el terminado deseado que demanda el cliente.
- Ⓜ **Extrusoras:** Esta maquinaria proporciona el colado de los sistemas de piso de tal forma que al ir colando el elemento, este vaya exhibiéndose por el lado extremo. Normalmente este tipo de maquinaria fabrica los tableros de diferentes peraltes dependiendo de la solicitud del proyecto y de los clientes.
- Ⓜ **Silos de almacenamiento:** Los silos de almacenamiento de cemento y agregados no deberán tener ningún tipo de anomalía, pues las materias primas que se encuentren depositadas en estos almacenes deben encontrarse en excelentes condiciones para su manejo y así otorgar elementos de buena calidad.
- Ⓜ **Mesas de colado y muertos de anclaje:** Estas instalaciones varían dependiendo del espacio del que se disponga en la planta prefabricadora y del tipo de elementos a fabricar. Están constituidas de manera general de un firme de concreto y de bloques en los extremos conocidos como muertos de anclaje.

<sup>3,15</sup> El proceso de producción se refiere a los trabajos realizados para la obtención de elementos estructurales (Sistemas de piso, trabes cajón, trabes L, etc), así como a su montaje, izaje, construcción, transporte, etc; pues es un campo industrial regularizado de manera ideal.



Como recomendación se indica que la colocación del acero de presfuerzo en el momento que es instalado en las mesas de tendado y al momento de propiciar la tensión en los cables, se debe tener mucha precaución, pues los cables que estén demasiado largos pueden ocasionar accidentes al rebasar la terminal, produciendo un latigazo<sup>3,16</sup>.

- Ⓜ **Dosificadora y mezcladora de concreto:** Esta instalación permite producir concretos auto-producidos, confirmándose de esta manera el control de calidad que se lleva a cabo en las mezclas realizadas en las plantas de prefabricación
- Ⓜ **Equipo para el vaciado del concreto:** El vaciado de concreto se realiza por medio de vachas o a tiro directo, garantizando la optimización del tiempo de colado en los tableros presforzados.
- Ⓜ **Vibradores de concreto:** Los vibradores de concreto son una herramienta indispensable para todo colado que se ejecute. Un buen vibrado da como resultado el buen acomodo de las partículas que componen el concreto, resultando un elemento mas sano. De esta manera se incrementan sus características, como la resistencia y demuestran la calidad del mismo elemento. Estos pueden ser sumergibles, de contacto (externos) o ambos.
- Ⓜ **Gatos y bomba hidráulica para el tendado de los cables:** El gato hidráulico junto con la bomba proporciona a los tendones la fuerza de tensión especificada en el miembro de concreto, precomprimiéndolo y ejerciendo condiciones de esfuerzo y deformación opuestas a las de servicio. Este equipo debe de estar debidamente calibrado como si fuese un solo elemento, de lo contrario podría representar grandes problemas el elemento: si no se encuentran debidamente integrados ambos equipos.
- Ⓜ **Máquinas soldadoras para la elaboración de accesorios:** La máquina para soldar se utiliza en la producción de los insertos que son colocados y fijados en la posición de proyecto antes del colado del concreto. Este equipo habitualmente se debe de operar a una distancia considerable del acero de presfuerzo ya que podría ocasionarle daños de consideración al material.
- Ⓜ **Talleres de fabricación de accesorios y dobles de acero de refuerzo:** Estas instalaciones realizan los trabajos de fabricación de accesorios y armados de los elementos, delegándoles la responsabilidad de esta actividad al personal, cuya experiencia es notoria en la producción de elementos prefabricados; quienes a su vez son supervisados por el personal técnico.
- Ⓜ **Equipo para corte de acero de presfuerzo, refuerzo y concreto (amoladores, equipo de oxicorte y cortadoras de disco de diamante):** Estos equipos son empleados en la prefabricación para cortar los cables cuando se obtiene la resistencia necesaria y propiciar la transferencia de presfuerzo en el elemento.

3.16

Una longitud de cable aceptable para proporcionar la seguridad a la cuadrilla en el momento de realizar el tendado es aproximadamente de 1.5 mts. para poder apoyar el gato hidráulico. En ocasiones por descuido el personal cuando se dispone a colocar el acero de presfuerzo, no se distingue el peligro que se corre cuando se desenrolla el cable, propiciandose accidentes de plena consideración.



Para el corte del refuerzo del elemento se pueden utilizar tanto amoladoras como el equipo de oxi-acetileno. La cortadora de disco de diamante se emplea para cortar las piezas de concreto a la dimensión solicitada por el proyecto.

- ® **Grúas sobre camión o grúas pórtico para el desmolde y manejo interno del elemento:** La maquinaria que se emplea para este tipo de maniobras en la planta, debe ser conducida por operadores con experiencia, debido a que los elementos no pueden sufrir ningún tipo de maltrato, para que se pueda demostrar la estandarización de calidad que se sigue en la producción de elementos prefabricados.
- ® **Equipo de transporte (traileres con plataformas):** El transporte de los tableros se realiza por medio de tractocamiones brindando la seguridad en el elemento durante el traslado a la obra.
- ® **Calderas, mangueras y lonas para el suministro de vapor en el proceso de curado acelerado:** Tanto las calderas, mangueras y las lonas de polietileno, conforman el sistema a emplearse para otorgar un excelente curado en los elementos prefabricados, obteniendo como resultado miembros sin grietas por contracción y secado, corroborando el buen control de calidad en el curado del concreto.
- ® **Equipo para llevar acabo el control de calidad del concreto y del producto terminado:** El laboratorio interno del productor de los tableros, determina la aceptación del concreto sobre la base de los ensayos hechos en sus instalaciones a los elementos que se están fabricando en ese momento. Así la correspondiente calidad en los miembros prefabricados se controla y supervisa por los técnicos, dando por hecho la funcionalidad del concreto y del elemento.

Los equipos y maquinaria manejadas en la prefabricación de sistemas de piso deben hacer contar con controles de calidad apropiados en la buena ejecución de estos, mismos que serán supervisados por el personal que se encuentre a cargo de la producción

Cada una de estas instalaciones tienen la independencia de trabajar la fabricación prefabricadora, siempre y cuando se persiga y satisfaga el fin común establecido por el fabricante y la demanda de producción, mostrando la fusión que se tiene con cada uno de los departamentos que se ven involucrados en la fabricación de los elementos al cumplir con el círculo de producción.

El control de calidad es importante para la industria de la prefabricación, pues muestra las expectativas en la optimización de recursos, resultando un ahorro económico representativo, abatimiento el factor tiempo en los programas de obra y su eficiencia que se presenta al hacer uso de sistemas de piso prefabricados-presforzados.

Sin duda debe contarse con una serie de procedimientos definidos de supervisión, revisión y muestreo que aseguren la utilización del producto (sistemas de piso) correctamente; no solamente cuidando el aspecto mecánico de los tableros, sino también; cuidando de manera substancial la precisión dimensional dentro de las tolerancias permisibles y establecidas por el proyecto, así como de la efectividad en la colocación de las piezas de los tableros presforzados.



### 3.2.2. -Equipo empleado en obra.

Existe una variante demasiado notoria en el equipo que se utiliza en obra y el que se utiliza en una planta productora de sistemas de piso presforzados, ya que en el sitio muchas de las veces no se cuenta con el espacio requerido para montar la producción de los tableros presforzados.

Esto no implica que las instalaciones mínimas requeridas en la prefabricación de losas o algún otro prefabricado se puedan llevar a cabo en el lugar, pues en la actualidad se cuentan con instalaciones portátiles conocidas como plantas portátiles que efectúan la producción de estos elementos a pie de obra. Es por ello que llevar en su totalidad la planta prefabricadora, implicaría mayores costos de fabricación en los tableros, resultando con ello infactibilidad de uso en los recursos económicos con los que se cuentan, pues estos decrecerían significativamente tanto para el productor como para la contratista.

Habitualmente el equipo en los pretensados, si es que las instalaciones se trasladan a pie de obra, deben seguir el mismo control de calidad como si se estuviesen realizando en una planta fija tal y como se describió en el sub-capítulo anterior. En el caso del equipo para el postensado, no requiere mayor espacio, únicamente se necesita el suficiente espacio para poder hacer el tensado de los tendones, así como de un área de maniobra correspondiente para las grúas y los moldes cuando el elemento sea prefabricado y postensado.

La mayoría de las obras en las que se aplican estas condiciones de presfuerzo en losas es en los postensados, mostrándose actualmente con mayor frecuencia el empleo de esta técnica, no descartando también la efectividad con la que los tableros pretensados cuentan, teniendo también una aceptación bastante buena.

Esto implica que el poco equipo que se utiliza en la aplicación del postensado en losas, satisface todos los términos de diseño que el proyectista requiere para que se efectúe la aplicación del presfuerzo en los tableros, otorgando por ende por parte del contratista encargado de la colocación del presfuerzo, el apropiado control de calidad en todos los equipos empleados para tal efecto.

Esto se traduce a que, en el caso de los gatos hidráulicos deberán encontrarse en perfectas condiciones de uso, comprobando -si esto lo considera pertinente el corresponsable en seguridad estructural o en su defecto el director responsable de obra- la certificación que se le hace al equipo para tensado que se vaya a utilizar para el postensionamiento.

Tanto los gatos como las bombas deberán calibrarse conjuntamente como si fueran una sola pieza, ya que el registro que se lleva a cabo de los datos de elongación esta directamente relacionado con la regulación y calibración del manómetro y la tensión ejercida por el gato, manifestando de esta forma la fuerza presforzante en el elemento.



Una mala calibración del equipo puede propiciar una mayor fuerza de tensión, lo que implica que se aplaste el elemento; en caso contrario, al no ejercer la fuerza requerida en el elemento, se flexionaría y en ambos casos el miembro fallaría por sobre-compresión y falta de refuerzo respectivamente, produciendo el colapso de la estructura una vez que se ponga en servicio.

Por eso se recomienda tener especial cuidado en el mantenimiento que se le da al equipo utilizado, tanto en obra como en planta, ya que lo que menos se pretende es propiciar pérdidas de ningún tipo. Si resulta necesario el cambio de equipo debe hacerse, pues el trabajo que se llegase a realizar resultaría infructuoso y con problemas. La labor que realizan los equipos es brusco y es de entender que se vayan deteriorando; es por eso que representaría una inversión injustificada si no se les da el mantenimiento adecuado, de esta manera se estaría poniendo en tela de juicio el prestigio del contratista que aplique el presfuerzo.

### **3.3. - Mano de obra en la aplicación de los Sistemas de Piso Preesforzados.**

#### **3.3.1. - Personal en obra.**

Todas las actividades humanas por estar inmersas en el tiempo necesitan ser planificadas, subrayando la cultura que se debe seguir al inspeccionar y supervisar correctamente los trabajos hechos en el proceso productivo de una obra, retribuyendo con ello el cumplimiento que se logra al tener un control de calidad, las cuales se desarrollan de forma consiente y satisfactoria.

La prefabricación como en toda rama de la construcción necesita de planificaciones desarrolladas por el personal en todas sus fases de producción, otorgándose los valiosos resultados obtenidos en la misma obra. Para que se mantengan los niveles descados en la estandarización y tipificación en el uso de losas presforzadas, se debe desarrollar un control de calidad referente al recurso humano.

De este modo, se podrá llegar a estimar de manera rápida cuál es el ritmo óptimo de ejecución en el mercado, imponiéndose de manera indispensable la regulación del recurso humano, las responsabilidades en los quehaceres de la construcción; satisfaciendo desde luego la eficacia del producto terminado.

Cada participante dentro de la fabricación de una obra representa calidad en mayor o menor escala, esto depende obviamente del sentido de responsabilidad y grado de sentido común con que se cuente individualmente. En la producción en la que el personal se ve involucrado, se manifiesta el tipo de organización con la que se cuenta, dando salida al proceso constructivo que se obtendrá como fin común.

Los sistemas de piso son fundamentales en la total elaboración del proceso constructivo de toda edificación donde sean utilizados, destacando la colaboración del personal en obra como en planta, atribuyéndose la calidad que se obtiene con la participación de ellos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



La eficiente participación del personal representa la disposición de la fuerza de trabajo para cada una de las actividades correspondientes en los proyectos, quienes oportunamente mediante una buena motivación, solucionan las actividades designadas por los superiores de las áreas de trabajo; dando como resultado la pronta ejecución de los conceptos involucrados para la realización de la misma obra. La participación del personal en obra les reditúa a los contratantes siempre y cuando se les abastezca de materiales para ejecutar su trabajo y por ende se les incentive correctamente.

No descarto la posibilidad de que siempre exista personal en obra que no manifieste un sentido común para dar la calidad requerida en una obra civil, por eso los dirigentes del personal deben estar al pendiente, ya que puede propiciar una significativa pérdida en las finanzas realizadas por la contratista.

Por todo esto, el contar con cuadrillas que garanticen la estancia al frente de las actividades de cada proyecto traerá como consecuencia la garantía y la efectividad de los trabajos, obligando al constructor a integrar un proyecto con un verdadero control de calidad.

### 3.3.2. - Personal en planta.

El personal en planta comúnmente representa la responsabilidad delegada por los subcontratistas quienes llevan a cabo las actividades correspondientes para la ejecución de los tableros presforzados empleados en alguna obra.

Puesto que se cuenta con personal que presenta diversas características psicossomáticas<sup>3.17</sup> y en lo particular antecedentes y experiencias diferentes, se debe inculcar un desempeño de calidad en ellos para poder obtener la calidad esperada, estimando que la productividad -que de esto resulte- sea de calidad, mostrando el sentido común que se utilizó en el terminado del producto y de la obra donde sean ocupados los sistemas de piso presforzados.

Para ello la consentización de actividades realizadas en la normalización de los quehaceres desempeñados por el personal en planta, requiere de una motivación que impulse actividades en cada área de proceso, considerando la manufactura de los tableros como el resultado de la alta calidad que se tiene al contar con este tipo de personal.

Una vez logrado el impulso del sentido común requerido en cada una de las personas que integran el equipo productivo, se habrá establecido la calidad que mantendrá al productor en los primeros planos de competitividad.

El mantener una estrecha comunicación con el personal de producción en la construcción, reditúa el proceso de operaciones y actividades realizadas, sobrellevando a una retroalimentación sustancial en la ejecución del proyecto a realizar donde son solicitados los servicios de las losas prefabricadas presforzadas; mostrando la efectividad de las funciones imaginadas en la planeación de una obra civil.

3.17 Adj. Med. Que tiene síntomas y objetivos de origen diferente (Diccionario léxico hispano. Tomo II pag. 1171. Impresora y editora mexicana SA de CV. 1982)



El personal que brinda la calidad en los elementos horizontales presforzados asegura continuamente el trabajo de los mismos, satisfaciendo la necesidad y la seguridad de calidad requerida en la prefabricación y construcción, así como a los clientes y usuarios que utilizaran los servicios de los prefabricadores de losas presforzadas.

Si la industria de la prefabricación no contara con un buen personal, simplemente no existiría industria, pues el recurso humano se considera el alma de todo proceso productivo; con el cual se satisfacen las necesidades de cada sector humano, que para nuestro fin es la prefabricación de elementos horizontales presforzados.

La calidad de los tableros presforzados y el servicio que estos realicen, dependerá directamente de la capacidad del personal cuya capacitación debe llevarse a cabo para el cumplimiento de demandas más explícitas por los usuarios, asegurando el trabajo realizado por el personal, afirmando la calidad del servicio ofrecido por las prefabricadoras y contratistas.

### **3.3.3. - Supervisión interna en la elaboración de Sistemas de Piso Presforzados.**

La supervisión interna de toda obra, esta relacionada con el personal técnico y administrativo que constituyen una empresa contratista, quien a su vez realiza los trabajos en post a la ejecución de la misma, asegurando y cumpliendo con lo estipulado en el proyecto en su correcta elaboración de la misma.

La supervisión, debe corroborar la aplicación en forma detallada del proceso constructivo, puesto que se debe proporcionar a los futuros beneficiarios la fehaciente realización de los inmuebles que se construyen, asegurando su calidad como producto y cumpliendo con los requerimientos de los códigos llevados a cabo por los corresponsables en seguridad estructural y los directores responsables de obra (D.R.O).

Para determinar cuál es el alcance y la naturaleza de la supervisión, se considera el grado de experiencia con la que cuenta el personal destinado para las tareas a ejecutar, pues desde que se hace el contrato de algún servicio con algún proveedor, la supervisión de los mismos industriales de esta rama es evidente en todo momento; misma que se deja de adquirir y concluye con el servicio.

Es de suma importancia que se lleve a cabo dentro de todo el proceso constructivo la supervisión, mencionando que sin ella no tendríamos posibilidad alguna de subsistir, puntualizando el desempeño que se sigue en el curso de todas las actividades en un proyecto al cumplir las normatividades del mismo.

La supervisión interna corrobora con su personal, los subcontratistas y proveedores; los procesos de fabricación y montaje, así como el uso de la maquinaria y equipo que se manipule, ajustándose de manera óptima a los movimientos desempeñados por los trabajadores, cumpliendo estrictamente con el proyecto donde se vean involucrados las losas presforzadas.





La inspección interna se mezcla en cada una de las fases del desarrollo de la construcción, al tener siempre en cuenta que se debe prevenir, mas no corregir. Con este postulado se demuestra lo imprescindible y esencial de la supervisión para demarcar la calidad del proceso en una obra, cuya responsabilidad se realiza junto con cada departamento involucrado en el proceso constructivo.

El personal dedicado a la supervisión interna de la obra es variado debido a muchos factores, tales como: el volumen de una obra, la naturaleza de las especificaciones y de las acciones desempeñadas, la eficiencia y experiencia del personal. Estos factores demostraran el ejercicio que se tenga en el sitio. El no tener noción de ello implicaría un desajuste para su contratante y en lo propio de la obra.

### 3.3.4. - Supervisión externa en la elaboración de los Sistemas de Piso Presforzados.

Las actividades de la supervisión externa se asocian con las revisiones exhaustivas que se lleven a cabo en la obra. Para algunos, como es el caso de los contratistas causa malestar y extorsión en los trabajos realizados, causando para los constructores retrasos en el avance de la obra. Esto no sucede siempre; el carecer de supervisión externa daría como resultado en la ejecución del proyecto problemas en el control, la calidad, seguridad en los trabajadores; produciendo de ello una mala recuperación de la inversión planeada.

El inspeccionar los trabajos por parte de la supervisión externa, determina la retroalimentación en los futuros trabajos a ejecutar, cumpliendo siempre con lo establecido en el proyecto y aceptando de conformidad los trabajos bien consumados. En caso contrario, si resultaran deficientes la realización de los trabajos, se rechazarán para que sean corregidos, asentándose en ambos casos por medio de bitácoras las recomendaciones hechas por los supervisores a cada una de las partes involucradas en el proceso.

Debemos tener en cuenta que la supervisión en ocasiones comete errores considerables en los juicios que dictaminan; y aunque su experiencia compruebe todo lo contrario, hay que entender que son seres humanos comunes y corrientes que están expuestos a equivocaciones, por lo que se tendrá que recurrir en estos casos a la conciliación, para llegar a un acuerdo ambas partes.

La supervisión bajo el conocimiento de sus responsabilidades, limitaciones y compromisos, debe actuar de manera eficiente en su desempeño en la revisión de actividades, no adoptando actitudes demasiado rígidas que denoten la conceptualización de rechazo.

En general, el supervisor debe mantener una estrecha cooperación con todos los involucrados en las actividades que competen la realización de la obra, adaptándose siempre que sea posible al ritmo de la manufactura, respetando escrupulosamente las normas y técnicas que en ella se apliquen, cuya culminación se presentará en el momento que se libere lo relevante en las actividades ejecutadas en el proceso de la obra.



**CAPITULO IV:  
SISTEMAS DE PISOS  
QUE EXISTEN EN EL  
MERCADO  
PRODUCIDOS POR LA  
INICIATIVA PRIVADA.**



## CAPITULO IV.- Sistemas de Pisos que existen en el mercado producidos por la iniciativa privada.

**Objetivo Particular:** Identificar las distintas secciones existentes de losas que pueden dar solución a las necesidades en condiciones particulares de cada obra futura a realizar.

### INTRODUCCIÓN:

Los sistemas de piso presforzados que existen en la industria de la prefabricación, constan de sustanciales normatividades de gran calidad, ofreciendo características específicas de diseño, de las cuales se puede valer el constructor para poder brindar un buen funcionamiento en los tableros que los fabricantes ofrecen.

El utilizar estos sistemas de piso en la construcción de cualquier inmueble, hace constatar la verdadera eficiencia que se puede obtener empleando los tableros que cualquier fabricante pone a disposición de todo consumidor.

Al fomentar el uso de los prefabricados y los presforzados en las losas se obtiene un sentido amplio de la aplicación de estos elementos estructurales, obteniendo la cultura necesaria para que sean aprovechados y se lleven a cabo obras con mayores beneficios; que comparados con los sistemas convencionales brindan grandes ventajas.

La razón por la que debe divulgarse la utilización de este tipo de tableros prefabricados-presforzados, es porque debe promoverse su optimización en el consumo de mano de obra y materiales, dando pie a inversiones mas efectivas y remunerables, asegurando la recuperación del capital.

Dentro de la industria de la prefabricadora, se cree que se ha desarrollado la tecnología necesaria para crear la versatilidad de elementos estructurales en los sistemas de piso (como los que se han empleado en obras civiles e industriales). En todas estas décadas la prefabricación aunada al presfuerzo, ha marcado constantemente nuevos lineamientos a seguir, basándose en una filosofía de evolución y progreso, para que su representación en las losas sea con mayor frecuencia, eficiencia y confiabilidad, mostrándose con hechos el bienestar que siempre se busca para el usuario final.

Con el desarrollo de esta tecnología han evolucionado también los requerimientos y expectativas de los mismos tableros, lo cual ha marcado como reto el mantenerse a la vanguardia con la finalidad de ofrecer soluciones con la más alta tecnología y de la más alta calidad.

La utilización de losas prefabricadas-presforzadas en la edificación, ha venido a facilitar mucho los trabajos que anteriormente manifestaban perdidas de cierto tipo, pero ahora con la versatilidad individual de cada elemento con que se cuenta; permite al constructor hacer el montaje de cualquier tipo de estructura, con todos y cada uno de los recursos que demanda la arquitectura moderna, constituyendo eficazmente la realización de las edificaciones que hoy se requieren.



Con el deseo de mantener actualizada la imagen en relación a la prefabricación, los fabricantes ponen a la entera disposición de los proyectistas y constructores en materia de edificación, cada uno de sus sistemas de piso prefabricados-presforzados, existiendo un amplio mercado con la libertad de poder seleccionar el sistema que más le convenga, satisfaga y se apegue a las solicitudes del constructor o proyectista, brindando en cada uno de los casos las mejores soluciones.

Este es un breve espacio destinado a los atributos con los que cuenta cada sistema de piso prefabricado-presforzado existentes actualmente en la industria de la construcción, permitiendo dar a conocer las posibles soluciones que se obtienen al ofrecer a la hora de proyectar edificaciones donde se pueden emplear los tableros presforzados.

Una vez cumpliendo el objetivo; el criterio a título personal, el lector ampliará las expectativas de uso de los diferentes sistemas de piso presforzados, creando así su propio juicio de utilización.

#### 4.1. - Sistemas de Piso Pretensados.-

La prefabricación de tableros pretensados es muy versátil en comparación a la que se aprecia en las losas postensadas; y nos referimos a la versatilidad de secciones transversales que existen en este tipo de elementos, mostrando de esta manera la variabilidad que se presenta en la arquitectura actual, ya que es tan caprichosa como se desee.

La estandarización y tipificación de estos sistemas, los hace igualmente útiles que los postensados. Las variantes en el proceso productivo y constructivo implican que la operación y fabricación que se lleva a cabo en las plantas prefabricadoras sea más estricta, resultando de todo esto una enorme eficiencia por parte de los contratistas prefabricadores, al otorgar elementos de este tipo con una excelente calidad en su manufactura, demostrando que el mercado de la prefabricación de sistemas de piso es altamente competitivo.

Dentro de la tipificación industrial de tableros prefabricados pretensados, podemos encontrar las siguientes secciones:

- ∞ Vigüeta y bovedilla.
- ∞ Losas extruidas o de corazón hueco.
- ∞ Vigas T ó losas T.
- ∞ Vigas TT ó losas TT.
- ∞ Vigas 2AT T ó TTV.
- ∞ Vigas TY ó losas TY.

A continuación se dará un enfoque explícito de los sistemas de piso pretensados, evaluando las características de cada uno de ellos y demostrando así el porque se recomienda la utilización de estos sistemas.



#### 4.1.1. - Sistema Vigüeta y bovedilla.

La vigüeta es un elemento estructural a base de concreto presfuerzo, que conjuntamente con la bovedilla componen un sistema que reditúa aun más que un sistema tradicional con losa maciza, cuyas diferencias radican principalmente en los procesos constructivos, abatiendo para ello los costos en la edificación del inmueble y ocasionando por ende utilidades mayores.

Conocidas también como vigüetas sísmicas, estas son elaboradas por extrusión en las camas de colado (aproximadamente 100 m. de longitud por pista) mediante el proceso llamado en línea, en donde primeramente tensan el acero de presfuerzo seguido inmediatamente del colado del concreto.

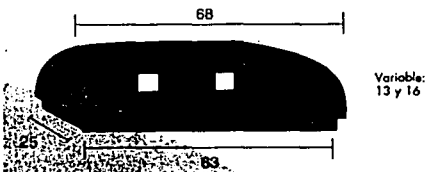
El porqué se llaman vigüetas sísmicas; esto se debe a que en la parte superior cuenta con unas muescas o marcado perpendicular al eje de la viga, permitiendo de esta manera la formación de un mecanismo conocido como llave mecánica, el cual actúa junto con el colado de la losa o firme de compresión, impidiendo el desplazamiento de las vigüetas en caso de sismo<sup>4.1</sup>.



Figura 4.1.1.1 Representación gráfica de la vigüeta sísmica en diferentes peraltes.

Las bovedillas están hechas de cemento-arena y son el complemento del sistema, las cuales son elementos de relleno, mismas que son producidas en maquinas vibro-compresoras, en donde a base de moldes intercambiables se producen los diferentes tipos de bovedilla.

Fig. 4.1.1.2 Forma esquemática y dimensional de la bovedilla en diferentes peraltes.



4.1 Conferencia: Losas extruidas y vigas doble T, Ier Encuentro Latinoamericano del Presfuerzo y la Prefabricación. Ponente: Ingeniero Rubén Obregón Chazarro. Veracruz Mex. Octubre de 2000.



A grosso modo este tipo de sistema de piso presforzado a base de vigueta y bovedilla, está formado de la vigueta pretensada y la bovedilla de cemento-arena, y una vez que se haya cubierto la superficie, se coloca la capa de compresión mínima de 4 cm. hecha con concreto de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  según lo especifica el fabricante.

La losa generalmente esta armada con una malla electro soldada 6\*6-10/10 para cubrir el requisito mínimo de acero; circunscrita perimetralmente con una cadena o trabe armada por lo menos con cuatro varillas y estribos, penetrando la vigueta en la cadena por los menos 5 cm, según especificación del fabricante.

Este tipo de sistemas de piso se utiliza actualmente en casas habitación y edificios de interés social -estos últimos van desde uno hasta cinco niveles<sup>4.2</sup>-, los cuales han tenido una excelente aceptación en proyectos de financiamiento popular ejecutados por organismos oficiales y/o particulares.

La vigueta y bovedilla ha sido también satisfactorio en edificaciones con un número mayor de niveles, por lo que no esta restringido a solamente edificaciones de poca altura al obtener resultados óptimos en edificios de diez a quince niveles, así como en puentes peatonales, puentes vehiculares, techumbres de naves industriales, losas tapa de cimentaciones, estacionamientos, etc.

En general este sistema de piso no tiene límites en su aplicación, dejando de esta forma abierta la creatividad de los proyectistas y de los constructores, sin olvidar a los fabricantes de los prefabricados.

Para escoger el tipo de vigueta y bovedilla a emplear en un diseño la NOM-000-SCFI-1995<sup>4.3</sup> estipula que el peralte total  $h$  del sistema deberá de ser como mínimo:

$$h = \frac{\text{CLARO}}{25}$$

Siendo el claro la longitud a cubrir con el sistema vigueta y bovedilla.

Este resultado lleva al proyectista a la selección de la vigueta a utilizar, al igual que la capacidad gravitatoria del sistema, la cual es definida por dos variantes:

- ∞ La cantidad de acero de presfuerzo que se tenga en las viguetas.
- ∞ La distancia que haya del centro del acero de presfuerzo, a la fibra superior en compresión (lecho alto de la losa o capa de compresión).

La separación máxima centro a centro de las viguetas no debe exceder los 75 cms.

<sup>4.2</sup> Edificios de interés social auto construidos por Infonavit, fovi, ect.

<sup>4.3</sup> Manual de la prefabricación y el presfuerzo. Capítulo 3. Estructuración con elementos prefabricados. Instituto de ingeniería. Octubre de 2000.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

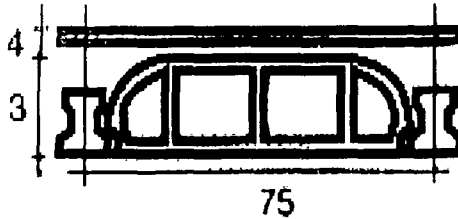


Figura 4.1.1.3 Separación mínima que por especificación se requiere.

Las condiciones de manejo en la obra deben cubrir los siguientes requisitos que el fabricante recomienda para satisfacer sus solicitudes y el buen desempeño en su colocación:

- 1) Colocar polines perimetralmente para su nivelación poniendo una madrina cuando el claro sea mayor que 3 m.



Figura 4.1.1.4 Apuntalamiento de la vigueta.

- 2) Al colocar las viguetas dentro de la cadena, debe asegurarse por lo menos un empotre de 5 cm. en el cerramiento, con una separación entre ellas de 75 cm. utilizando una bovedilla entre como escantillón en ambos extremos.



Figura 4.1.1.5 Colocación de la bovedilla.

- 3) Hay que hacer la colocación de todas las bovedillas haciendo los ajustes necesarios para cubrir la totalidad de la superficie.



Figura 4.1.1.6 Ajuste de la bovedilla en el sistema

- 4) Se necesitan tapar todos los huecos de las bovedillas que queden en contacto con el colado, dejando listas las preparaciones correspondientes para las instalaciones, las cuales quedaran ahogadas dentro de la bovedilla.



Figura 4.1.1.7 Cierre de oquedades y colocación de instalaciones.



- 5) Al término de la colocación de las viguetas y las bovedillas, se tiende sobre la superficie malla electro soldada, traslapándola cuadro sobre cuadro y amarrándola correctamente entre ellas, en las cadenas o traves de borde y en las esquinas exteriores.



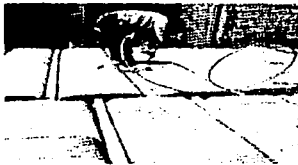
Figura 4.1.1.8 Colocación de malla electro soldada

- 6) Antes de efectuar el colado, se debe mojar perfectamente la superficie del sistema para posteriormente formar la capa de compresión; realizando el colado de afuera hacia dentro y retirando los polines perimetrales a los 2 días y la madrina central a los 5 días después del colado de concreto según lo recomienda el fabricante.

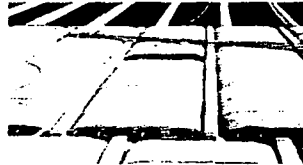


Figura 4.1.1.9 Colado de la capa de compresión de la losa.

Los fabricantes recomiendan ampliamente que cuando se este llevando a cabo el colado de la capa de compresión, se camine sobre tablonos para no propiciarle al sistema algún tipo de deterioro, principalmente a las bovedillas.



a)



b)

Fotografía 4.1.1.1 Desempeño en la colocación del sistema de vigueta y bovedilla. a)colocación del tubo conduit para la instalación eléctrica. b) Colocación al tres bolillo de la vigueta para evitar los embates de un sismo.

Las características de los materiales que se ocupan para la elaboración de estos elementos

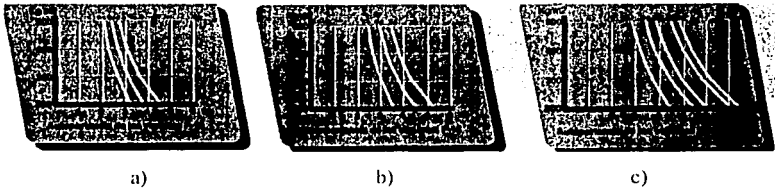
son:

- ∞ Resistencia del concreto de la vigueta..... $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$
- ∞ Resistencia del acero a la tensión ..... $f_y = 17500 \text{ kg/cm}^2$
- ∞ Resistencia del concreto de la losa (capa de compresión)..... $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$
- ∞ Peralte mínimo de la capa de compresión encima de la bovedilla..... $h = 4\text{cm}$
- ∞ Armado mínimo en la capa de compresión..... electro-malla 6\*6-10/10.

A continuación se muestran las gráficas que otorga el fabricante para poder auxiliarse y diseñar la losa con el sistema de vigueta y bovedilla, mismas que relacionan a la cantidad de tendones con la capacidad de carga del sistema y los claros que se pueden cubrir con los diferentes peraltes de vigueta que existen.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN





Graficas 4.1.1.1. Graficas de apoyo para la selección del tipo de vigueta, correspondientes a las viguetas de la Fig. 4.1.1.10.

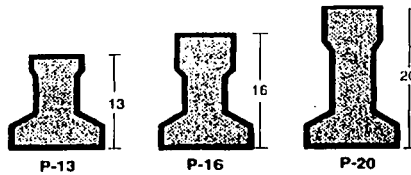


Figura 4.1.1.10 Viguetas comerciales mas utilizadas en edificación de casas, edificios de poca y mediana altura.

Estos son ejemplos de la aplicación del sistema vigueta y bovedilla aplicados en la edificación.



a) Aplicación en bodegas de almacenamiento <sup>44</sup>



b) Aplicación de la vigueta y bovedilla en casa habitación

<sup>44</sup> Fuentes Dremex  
Impresa

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



#### 4.1.2. - Sistemas de Losas extruídas o de corazón hueco (aligeradas).

Las losas extruídas también se conocen como alveolares o losas aligeradas. Estos son elementos estructurales que se pueden usar como entrepisos o cubiertas para formar edificios; o bien, pueden usarse como muros de fachada. En casos como es la vivienda, se han utilizado como muros de carga, tanto interiores como exteriores, al mismo tiempo que se emplean como entrepisos y cubiertas.

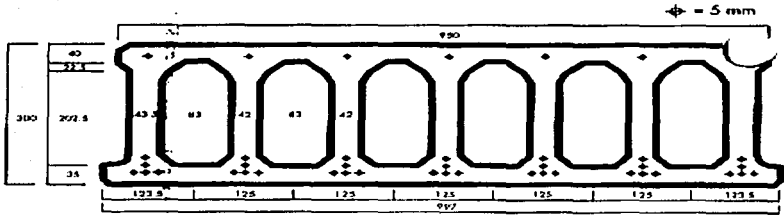


Figura 4.1.2.1 Sección transversal de losas extruídas alveolares.



Fotografía 4.1.2.1 Tableros alveolares utilizados como muros de fachada.

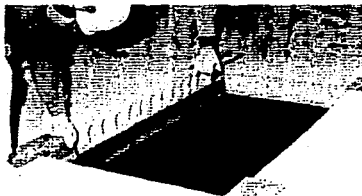
Con este sistema se pueden cubrir claros desde los 8 m hasta los 14 m con una gran capacidad de carga ( $500-2000 \text{ kg/m}^2$ ).

Los principales materiales que constituyen estos tableros prefabricados-presfuerzados son el concreto con  $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$  ó mayor, el acero de presfuerzo consistente de alambre grafilado o toron de 5 mm. y .5" de  $\emptyset$  respectivamente, alcanzando resistencias a la fluencia en el alambre de  $16'500 \text{ kg/cm}^2$  y en los torones grado 270 ksi aproximadamente de  $19'000 \text{ kg/cm}^2$ .

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Para prever la sujeción de los tableros precolados-presforzados a la estructura, ya sea de concreto o de acero; se suelen dejar preparaciones de placas de acero estructural, mismas que son incorporadas y colocadas en cada tablero en la posición requerida por el diseño de conexiones, previamente antes del colado del elemento.



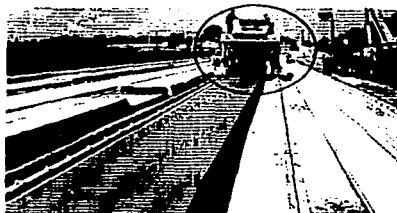
a)



b)

Fotografía 4.1.2.2. Conectores metálicos insertados previo al colado del elemento, tanto en estructuras de concreto como de acero. a) Inserto de placa metálica para recibir la tapa de la cisterna. b) Inserto de placa de acero como conexión columna-losa para dar mayor ductilidad al entrespiso.

En un principio las losas se hacían con métodos tradicionales vaciando en moldes el concreto que daban forma a la losa, formando los alvéolos (aligeramiento) con mangueras inflables y desinflables. Actualmente las losas de este tipo se procesan mediante extrusión. Esto se realiza por medio de máquinas extrusoras, cuya acción es deslizarse sobre las pistas de colado depositando el concreto, y mediante vibración y compactación que propicia la máquina extrusora, se va formando el cuerpo del tablero, dejando detrás al elemento terminado.



Máquina extrusora.

Fotografía 4.1.2.3 Colado de tableros alveolares por extrusión en las plantas prefabricadoras.

Algunas máquinas fabrican las placas alveolares en un solo peralte, de manera que se requerirá una máquina por cada peralte diferente que se desee producir. Esto se simplifica con máquinas que pueden realizar losas de diferentes peraltes únicamente requiriéndose para tal efecto el cambio de determinadas piezas, como son los corazones, los apisonadores, los costados, etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALI  
DE LA BIBLIOTECA



Existen dos procedimientos para poder formar estos sistemas de piso aligerados, los cuales se describen a continuación:

Uno de estos procedimientos consiste en que la máquina va extruyendo la losa sobre un fondo metálico, el cual sirve para dejar la parte inferior de la superficie tersa, uniforme y muy agradable; considerando que para el siguiente colado de elementos, es necesario curar la placa recién colada con agua o con vapor a presión; esperando que el concreto adquiera la resistencia necesaria para producir la transferencia del presfuerzo en el concreto, cortando los tendones y retirando las piezas del fondo metálico. De esta manera se iniciará nuevamente el ciclo de fabricación de los tableros alveolares; realizando de nueva cuenta la limpieza, la aplicación del agente desmoldante en la superficie metálica, el tendido, el tensado del acero de presfuerzo y el colado; repitiendo el proceso de extrusión hasta finalizar la producción requerida en los proyectos.

El segundo procedimiento y a diferencia del anterior, radica en lo siguiente:

Se cuele la primer losa que sirve como plantilla de nivelación la cual formará parte integral de las instalaciones permanentes. Sobre este firme se cuelean sucesivamente varias placas hacia arriba, dependiendo esto del número de placas que se vayan a producir, de la altura de los muertos de anclaje y de las posibilidades mecánicas del levantamiento vertical del equipo extrusor. Cuando la última placa colada ya haya adquirido la resistencia necesaria para la transferencia del presfuerzo, se podrán cortar cada uno de los tableros en las dimensiones requeridas y por supuesto también las que están debajo, aunque estas tengan una edad y resistencia mucho mayor que las últimas que se hayan colado.

Cuando se curan con vapor las losas alveolares, no es necesario hacer algo adicional en este proceso, pues es más que suficiente para que se alcance hasta un 80% de su resistencia a los 28 días. En cambio, cuando son curadas con agua es necesario continuar con el curado por un tiempo aproximado de siete días para evitar fisuras posteriores en las piezas.

En la mayor parte de los casos; sobre estos elementos se cuele una losa de compresión aproximadamente de 5 cm. de espesor con un  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  reforzada con mallá electro soldada que por lo general es 6\*6-8/8 ó 6\*6-6/6, las cuales cumplen con dos fines importantes:

- ∞ Logra el efecto de diafragma al darle una continuidad monolítica a la losa.
- ∞ Ayuda a evitar los problemas de filtraciones de agua al tapar las posibles fisuras en las juntas de los elementos.

Es conveniente lograr el efecto de continuidad y repartición de la carga en ambos sentidos (lado largo y lado corto) en ambos costados de los tableros, contando con un perfil que permita la unión de las piezas colindantes y puedan trabajar como una sola. Esto se obtiene colando la junta con un mortero de cemento; dándole por nombre a este tipo de junta "llave" ó "clave de cortante".



Las losas al trabajar como continuas tanto para momento negativo como para momento positivo (esfuerzos que se producen a efecto de un sismo o peso propio), se les propicia continuidad en los apoyos con algún tipo de empotramiento en los claros adyacentes, para ello los alvéolos deberán ser colineales alineando los tableros. Con esto estaremos propiciando el alineamiento de las nervaduras de cada losa que se coloque, adicionando un refuerzo en la parte superior o inferior de los alvéolos y rellenando de concreto la parte donde se colocó el refuerzo, para así asegurar la continuidad de los tableros presforzados.



Fotografía 4.1.2.4 Modulación de los tableros alveolares por proyecto para dar continuidad a la losa.

Este sistema es muy usado, pues se obtienen relaciones claro-peralte  $l/h < 35$ cm. Los peraltes comerciales que se fabrican en México son:

- Y h = 10 cm.
- Y h = 15 cm.
- Y h = 20 cm.
- Y h = 25 cm.
- Y h = 30 cm.

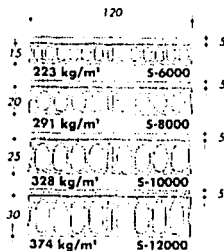


Figura 4.1.2.2 Secciones transversales típicas de losas extruidas alveolares.

Los anchos pueden ser de 100 cm y 120 cm. Estas llevan un firme de compresión mínimo de 5 cm. por lo que aumentará su peralte, para ello se recomienda considerar los niveles del firme para la nivelación final de la losa, lo cual dependerá del uso al que vayan a estar destinados los tableros, a las cargas de servicio que se presenten, los claros a cubrir, etc.

El colado de estos tableros permite hacerlo rápidamente con el equipo utilizado en las plantas (máquina extrusora), pues aproximadamente la velocidad de colado de este equipo es de 3 ml/ min. al dar ritmos de producción alrededor de los 6000 m<sup>2</sup> por semana, implicando un ahorro significativo en el tiempo de ejecución en la producción y en el desarrollo total de la obra.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

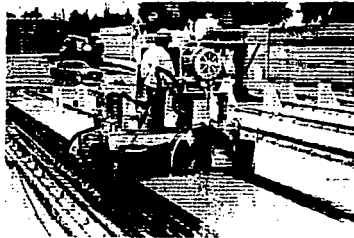


Al producir en línea estos elementos, y al hacer la entrega de los mismos la máquina extrusora, observamos que tienen la misma longitud de la mesa de colado. Como es un elemento que se puede modular a los requerimientos de cualquier proyecto, se cortan los tableros dependiendo de las necesidades del mismo, llevando a cabo esta actividad una vez que empiece a fraguar el concreto.



Fotografía 4.1.2.5 Instalaciones para la producción de las losas extruidas.

El corte de estas placas aligeradas suele hacerse con sierras circulares que cuentan con gavilanes de diamante industrial, efectuando el corte del concreto junto con el acero de presfuerzo en las dimensiones preestablecidas en el proyecto donde se vayan a montar.



Fotografía 4.1.2.6 Corte de los tableros alveolares según la definición del proyecto.

Los beneficios que se consiguen al aprovechar este tipo de tableros presforzados son<sup>4,5</sup>:

- ∞ Reducción del programa de obra hasta en 50%.
- ∞ Reducción considerada de mano de obra.
- ∞ Eliminación del 100% de cimbras de contacto y obras falsas.
- ∞ Gran capacidad de aislamiento térmico-acústico.
- ∞ Utilización de productos de alta resistencia; concretos con  $f'c \geq 300 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando revenimientos "0".

<sup>4,5</sup> Folleto comercial Spancrete. Itisa



A continuación se presenta una serie de tablas que muestran una mejor perspectiva de aplicación de este elemento, orientando oportunamente a los proyectistas para hacer la selección del tipo de losa para los proyectos; de igual forma muestra las características de los elementos extruidos, sugiriendo que sería mayormente factible sin temor a equivocaciones, asesorarse con los fabricantes para así evitar problemas posteriores en su uso.

S-6000	S-6000	S-8000	S-8000	S-10000	S-10000	S-10000	-	-	-	-	-	-
-	-	Π45	Π45	Π60	Π60	Π60	Π60	Π60	Π70	Π70	Π70	Π70
S-6000	S-6000	S-8000	S-8000	S-10000	S-10000	S-10000	-	-	-	-	-	-
-	-	Π45	Π45	Π60	Π60	Π60	Π60	Π60	Π70	Π70	-	-
S-6000	S-6000	S-8000	S-8000	S-10000	S-10000	S-12000	-	-	-	-	-	-
-	-	Π45	Π60	Π60	Π70	Π70	Π70	Π70	Π70	-	-	-
S-6000	S-8000	S-10000	S-10000	S-10000	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	Π60	Π60	Π70	Π70	Π70	Π70	Π70	-	-	-	-
S-8000	S-12000	S-12000	S-10000	S-12000	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	Π60	Π70	Π70	Π70	Π70	Π70	-	-	-	-	-
S-10000	S-12000	S-12000	S-12000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	Π60	Π70	Π70	Π70	Π70	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.1.2.1 Correlación entre capacidad de carga, longitud y sección a emplear.

Serie	LOSAS SPANCRETE											
	Claro en Metros											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
4000		■	■	■	■							
6000				■	■	■	■	■				
8000							■	■	■	■		
10000									■	■	■	■

Tabla 4.1.2.2 Serie indicativa de tableros Spancrete y los claros a cubrir con ellos.<sup>46</sup>

<sup>46</sup> Fuentes: HISA.  
PREMEX.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



#### 4.1.3. - Sistemas de Piso a base de Trabes o vigas "T", "TT", "2ATT", "TY".

Los sistemas de piso de sección "T", son elementos estructurales compuestos de concreto presfuerzo y en ocasiones reforzado; siempre y cuando el colado del elemento no se lleve acabo por extrusión. La finalidad del refuerzo adicional es para asegurar las propiedades mecánicas del elemento al mismo tiempo que se presfuerza. La sección transversal en forma de T da origen a su nombre, constituyéndose principalmente de una losa o patín sustentada por una nervadura, donde el colado y tensado del miembro se efectúa previamente. Aquí se muestra una sección transversal de una viga "T".

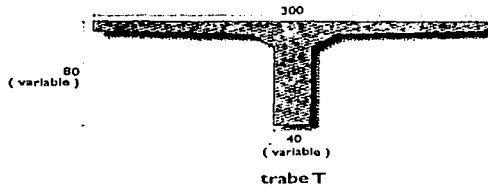
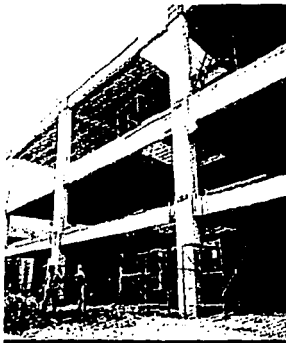


Figura 4.1.3.1 Sección transversal de una sección "T" ."

Colocadas en posición horizontal se usan como losas de entre piso o para cubiertas, complementándolas generalmente con un firme o malla electro soldada 6\*6-10/10.



a)



b)

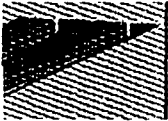
Fotografía 4.1.3.1 a) Vigas doble "T" en entrepiso. b) Vigas doble "T" para cubiertas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

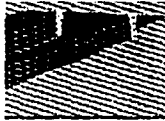


Este tipo de elementos pueden ocuparse como muros de fachada, otorgando grandes ventajas en la colocación de los mismos, pues no se requiere tanta mano de obra. Cuando son colocados como muros de fachada, el deterioro de estos elementos si es que existiese, se da desde el momento en que se esta fabricando o colocando.

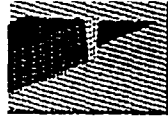
Los tableros "T, TT, ATT ó 2ATT" se fabrican de la misma forma, analizándose y diseñándose en forma semejante. Las solicitaciones que se presentan en cada caso son diversas al manifestarse en ellas diferencias mínimas en su uso que no son muy significativas en cada uno de los tipos de tableros<sup>47</sup>.



Sección "2ATT"



Sección "TT"



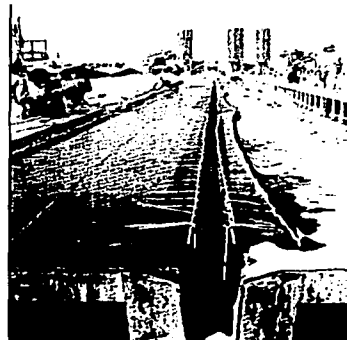
Sección "T"

Figura 4.1.3.2.. Secciones de tableros "T's".

Los sistemas "T" se fabrican de dos formas según el peralte del elemento, como a continuación se menciona:

La primera forma de fabricación de los sistemas "T", es con moldes metálicos de gran longitud, pudiendo detenerse el presfuerzo sobre viguetas y muertos independientes que utilizan separadores para obtener varios elementos de cierta longitud a la vez; o bien, empleándose moldes auto-presforzantes o auto-sustentables.

Fotografía 4.1.3.2 Prefabricación de una sección "TT"  $\geq 60\text{cm}$  con molde metálico.



<sup>47</sup> Es por eso que la descripción que se haga acerca de este tipo de elementos o sistema de piso comprenderá a las secciones antes mencionadas, obviamente enfatizando la diferencia donde se requiera hacer mención de cada sección.



El peralte mínimo comercial suele ser de 60 cm, en ocasiones si es que se requiere un peralte mayor de la sección, se diseña a modo de satisfacer la demanda solicitada reduciendo la sección, de tal forma que sea esbelta la nervadura y que cumpla con los elementos mecánicos, los recubrimientos mínimos, etc.

El otro procedimiento de fabricación de este tipo de elementos "T", es la producción de elementos con peralte  $\leq$  a 30 cm; el cual consiste en la extrusión del elemento por medio de una máquina extrusora; mismas que se deslizan sobre las pistas o mesas de colado depositando el concreto por medio de vibración y compactación, asegurando la forma y el confinamiento del concreto en el tablero, siguiendo este proceso para cualquiera de las secciones "T" siempre que el peralte este dentro del rango descrito anteriormente.

Los anchos de los patines varían según el diseño de la estructura para el cual estará destinado cada tablero. Normalmente se manejan anchos comerciales que van desde los 250 cm. hasta los 350 cm, con peraltes en los nervios de 60 cm o más; y de 100 cm. a 150 cm. para peraltes iguales a 30 cm. o 60cm, con espesores en su capa de compresión de 4 cm. a 6 cm. respectivamente.

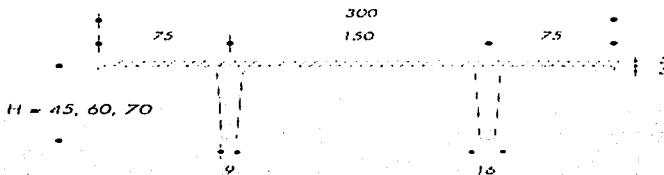


Figura 4.1.3.3 Dimensiones de una sección "T"

Como podemos observar el ancho del patín puede variar, lográndose esto al deslizar las fronteras del molde según lo requiera el diseño del elemento.

Con este tipo de secciones se pueden salvar claros del orden de los 10 m. hasta los 25 m. de longitud teniendo una gran aceptación en obras como.

- ∞ Oficinas.
- ∞ Hospitales.
- ∞ Hoteles.
- ∞ Centros comerciales.
- ∞ Puentes peatonales.
- ∞ Puentes vehiculares.
- ∞ Estacionamientos.
- ∞ Etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Las secciones "T" coladas en moldes llevan unos accesorios metálicos en las aletas y otros en los extremos de las nervaduras, con la finalidad de soldar esos accesorios con las aletas contiguas, obteniéndose así el efecto de diafragma y que puedan trabajar como un sistema monolítico. Los accesorios que llevan en las nervaduras funcionan cuando son abatidas por acciones de fuerzas horizontales (sismo), tomando estos conectores los esfuerzos rasantes horizontales distribuyéndolos en los apoyos.

Estos dispositivos se utilizan dependiendo de la magnitud de las fuerzas horizontales, del número y separación de los conectores, los cuales podrán soportar los embates propiciados por un sismo. Otra de las finalidades de estos dispositivos y conectores, es la de evitar el aplastamiento del concreto, tanto de la nervadura como de la superficie de apoyo de la trabe, ya que no se cuenta con la suficiente superficie en la nervadura para distribuir efectivamente los esfuerzos en el apoyo de la sección "T", lo que propicia que sea más dúctil el comportamiento de la losa.

Durante la operación del colado de las piezas es necesario verificar que el concreto tenga un buen vibrado cuando no sea extruído el elemento, pues los nervios son muy esbeltos y por estar constituidos de acero de presfuerzo y de refuerzo, en ocasiones cuesta trabajo que el concreto se acomode en forma correcta en la parte inferior.

A la hora del colado, es necesario dejar reposar al miembro de concreto por un periodo de dos horas a dos horas y media mientras se realiza el proceso de fraguado, pues posteriormente se desarrollará el proceso de curado de la sección mediante la aplicación de vapor a presión atmosférica, considerando convenientemente especificar dos cosas que no deberán de ocurrir en este periodo:

- 1.- No se empezará a aplicar el proceso de curado con vapor antes de las dos ó dos horas y media indicadas anteriormente.
- 2.- No enfriar bruscamente el elemento en el molde ó sobre las pistas (cuando son extruídos), debiendo hacerse paulatinamente durante el periodo preestablecido anteriormente, para no producir estallamiento en el concreto por efecto de contracción plástica<sup>4,8</sup>.

Posteriormente se realiza el descimbrado de las losas de la sección "T", maniobrándose con ellas hacia el área de almacenaje con mucha precaución.



Fotografía 4.1.3.3

"Desmolde de una sección "2ATT" del molde de prefabricación para su posterior almacenaje en la zona de estibaje"

<sup>4,8</sup> Estas consideraciones las recomienda el fabricante, con el afán de erradicar fallas en el comportamiento del elemento y de la estructura en general.



La zona de estibaje depende de la capacidad de carga que pueda soportar el terreno y de las condiciones en las que se encuentre, verificando que los apoyos de las "T" queden sobre un mismo eje vertical a una distancia corta del extremo de la nervadura ( $\frac{1}{5}$  del claro en ambos extremos), evitando esfuerzos de flexión y de momento negativos excesivos, cuidando de igual forma que estas condiciones se lleven a cabo durante el transporte de las piezas.

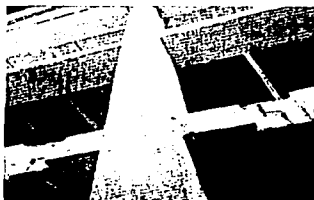
Este sistema de piso al igual que las alveolares o la vigueta y bovedilla, se componen de un firme de concreto con un  $f'c = 200$  o  $250 \text{ kg/cm}^2$  con 5 cm. de espesor, debiéndose vibrar durante el colado y posteriormente curándose, para que el concreto que da forma al miembro, alcance la edad y resistencia de proyecto. Este firme es reforzado con malla electro soldada 6\*6-10/10 para evitar el agrietamiento del mismo firme, y si el diseño del elemento requiere acero de refuerzo para momento negativo, se proporcionará el área requerida por el mismo.

Las ventajas de este tipo de secciones T's son entre otra las siguientes:

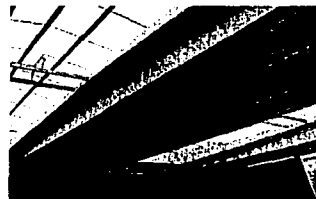
- Su eficiencia desde el punto de vista geométrico es mucho mejor que la sección rectangular por tener un mayor momento resistente, ya que para esto se requerirá una menor fuerza presforzante; ósea, una menor cantidad de acero de presfuerzo.
- Ahorro en la cantidad de concreto utilizada para la fabricación del elemento presforzado para salvar grandes claros.
- Se simplifica el montaje, pues se lleva a cabo de manera ininterrumpida efectuando conjuntamente las actividades restantes programadas en el proceso de ejecución.

Como ya habíamos mencionado anteriormente, el proceso de fabricación así como su manejo, disposición y montaje de las secciones T's (T, TT, ATT y TY) son idénticos, la diferencia influye en las diferentes características de diseño en cada una de las secciones.

Por ejemplo, las secciones T y TT se pueden emplear en entrepisos y cubiertas, mientras que las secciones 2ATT y las TY se aplican únicamente a lo que son techos y cubiertas de naves industriales, bodegas, centros comerciales, etc; optimizando aun más el uso del concreto, volviendo más ligera a la estructura y ocasionando una reducción en materia de transporte y montaje en la obra.



a)



b)

Figura 4.1.3.4 Vigas "T" en losas. a) Sección "TT" en entrepisos. b) Sección "ATT" para cubiertas.



Tanto la sección "T" y "TT" compiten arduamente en el campo de aplicación y económicamente hablando. Mientras las "T" con peraltes de 120 cms. se aplican para salvar claros del orden de los 22 m. hasta los 30 m, las TT extruidas se aprovechan para salvar claros de 5 m. a 6 m. con peraltes de 30 cm. y 100 cms; en donde la vigueta y bovedilla puede disputar de manera económica sobre las TT debajo de los 6 m.

Entre otras cosas las cualidades más relevantes de los materiales en este tipo de secciones T's son:

- ∞ Concreto con  $f'c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$  con módulos elásticos de grado estructural  $E=14000 \sqrt{f'c}$ .
- ∞ Acero de presfuerzo, toron clase 270 ksi = 19000  $\text{kg/cm}^2$ .
- ∞ Acero de refuerzo secundario y estribos de  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ .
- ∞ Malla electro soldada para el refuerzo en las aletas.
- ∞ Placas y conectores de acero estructural A-36.
- ∞ Moldes metálicos que otorgan al concreto un acabado aparente.
- ∞ Curado con vapor para asegurar el excelente fraguado, alcanzando hasta el 80% de su  $f'c$  en 10 horas después de haberse colado.
- ∞ Perfecto control en la geometría de las secciones T's.

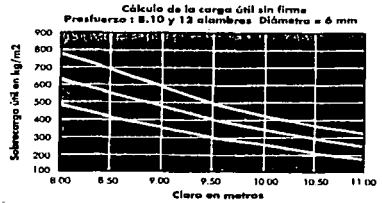
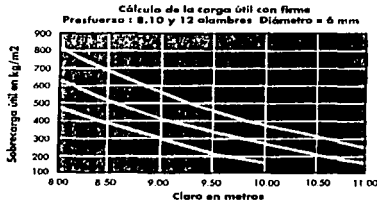
Todos estos requisitos satisfacen la solicitud en el diseño de los proyectos al permitir dar una solución adecuada a las obras de hoy y del mañana.

A continuación se presenta la siguiente tabla y las graficas que son utilizadas en el proceso de diseño, el cual podrá seguir -siempre y cuando se consulten con el fabricante- los aspectos que se deben considerar para su correcto análisis, para satisfacer las necesidades de los entrepisos o cubiertas y así hacer uso de estos sistemas de piso.

S-6000	S-6000	S-6000	S-8000	S-10000	S-10000	S-10000							
-	-	TT45	TT45	TT60	TT60	TT60	TT60	TT60	TT70	TT70	TT70	TT70	TT70
S-6000	S-6000	S-8000	S-8000	S-10000	S-10000	S-10000							
-	-	TT45	TT45	TT60	TT60	TT60	TT60	TT60	TT70	TT70			
S-6000	S-6000	S-8000	S-8000	S-10000	S-10000	S-12000							
-	-	TT45	TT60	TT60	TT70	TT70	TT70	TT70	TT70				
S-6000	S-8000	S-10000	S-10000	S-10000									
-	-	TT60	TT60	TT70	TT70	TT70	TT70	TT70					
S-8000	S-12000	S-12000	S-12000										
-	-	TT60	TT70	TT70	TT70	TT70	TT70						
S-10000	S-12000	S-12000	S-12000										
-	-	TT60	TT70	TT70	TT70	TT70							

Tabla 4.1.3.1 Tabla indicativa para el uso de tableros prefabricados según la capacidad de carga y claro a cubrir.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Gráfica 4.1.3.1. Gráficas para diseño de secciones "T" considerando el firme de compresión sobre el patín de la sección.

### 4.2. - Sistemas de Piso Postensados.

La arquitectura moderna es el fiel reflejo de la evolución económica y de nuestro estilo de vida actual. Es por eso que la simplificación económica al emplear este tipo de sistemas de piso cambia de manera radical, pues la adaptación y aceptación esencial de las losas con las necesidades de un proyecto es mera coincidencia.



Fotografía 4.2.1 Edificio construido con losas postensadas; exigencia de la arquitectura moderna.

Las necesidades con las que cuentan las amplias superficies de una estructura permiten mayor versatilidad y flexibilidad, logrando el aprovechamiento máximo de los espacios libres de los elementos que no satisfagan el agrado de los usuarios y del proyectista, al mismo tiempo que se ahorran cantidades consideradas de material, y lo más importante; "TIEMPO" de ejecución en obra, brindando la calidad necesaria en el usuario de las edificaciones.

4.9 Fuentes: Premsa. ITISA. INPRESA.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Al igual que los sistemas de piso pretensados, los postensados han ayudado a los constructores a lograr los objetivos trazados en muchos proyectos, proporcionando todo tipo de ventajas donde estos sistemas de piso presforzados se han aplicado, difundiéndose exitosamente por todo el mundo en los últimos años con una gran aceptación.

A diferencia de los pretensados, este tipo de aplicación de presfuerzo en losas, cuenta con variantes según las adaptaciones del diseño estructural y arquitectónico; como la que se da en la tipificación de secciones pretensadas y de toda obra civil.

Las necesidades de aplicación radican en las características particulares de la arquitectura desarrollada y en la simplificación de los costos del mismo proyecto, pues el requerir estructuras mas atrevidas se necesitan técnicas no muy complejas para el cumplimiento en ellas; es por eso que la aplicación de los postensados en losas es una alternativa mas para la industria de la construcción.

Las losas postensadas son coladas en el lugar y son reforzadas principalmente con torones (agrupación de alambres de presfuerzo) colocando al mismo tiempo el refuerzo de la losa, produciendo el postensionamiento de la misma a los pocos días de haberse colocado.

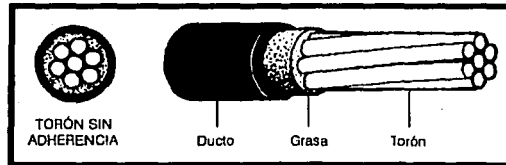


Figura 4.2.1 Forma constitutiva del acero de presfuerzo sin adherencia.

Debido a la curvatura o traza con que se colocan los tendones se ejerce una fuerza interna en la placa, opuesta al sentido de aplicación de las cargas, como lo es el peso propio y la sobre carga, reduciendo considerablemente los efectos de las solicitaciones.

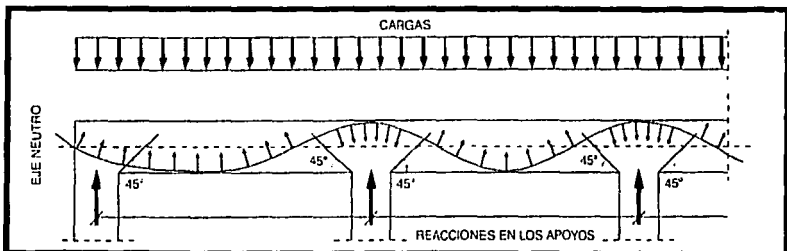


Figura 4.2.2 Traza de proyecto en una losa postensada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



El presfuerzo comprime la sección transversal de la losa en toda su longitud, reduciendo los esfuerzos de tensión en el concreto y por consiguiente la cantidad de acero necesario para reforzar el elemento y poder salvar el claro necesario. Con esta técnica es posible reducir los peraltes de las losas en relación con el claro a cubrir solicitado en el proyecto, ya que comparadas con un sistema tradicional sería este último poco competente en materia económica y racional en el consumo de materia prima. El sistema presforzado limita las fisuras hechas por la flexión que le produce el peso propio y la sobre carga, disminuyen de igual forma las deflexiones.

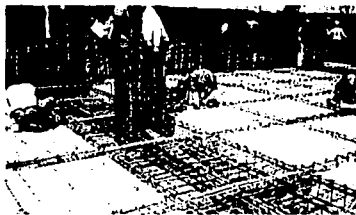
A diferencia de los pretensados, este proceso de losas postensadas requiere un mayor número de conceptos para su elaboración y fabricación en obra; esto no implica un mayor tiempo de ejecución en el programa, ni mayor cantidad de fuerza de trabajo, pues se compensan actividades por cantidades de materia prima.

Al referirnos a un mayor número de conceptos, es de que este proceso constructivo sigue la misma cronología de procedimientos que una obra tradicional, la ventaja radica en la optimización de materiales empleados en los elementos horizontales, sin olvidar la racionalización del cimbrado; pues el aligeramiento en la losa reduce el peso del elemento y con ello la cantidad de acero de presfuerzo.



Fotografía 4.2.2 Racionalización de acero de refuerzo y de concreto. Colocación del presfuerzo en las nervaduras de la losa

El aligeramiento de la losa se logra con casetones de poli-estireno, permitiendo la racionalización en el consumo del concreto con que se formaran las losas aligeradas postensadas, incrementando el rendimiento de las utilidades netas de la obra.



Fotografía 4.2.3 Colocación de caseton de poli-estireno (casetón de unisel) para el aligeramiento de la losa.





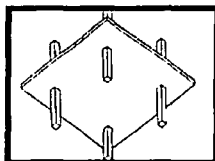
En general en este tipo de losas se manejan materiales que son ampliamente seguros y resistentes, conformando este tipo de tableros principalmente:

- ∞ Acero de presfuerzo (toron de .5" ó .6" -Ø comerciales-)  $270 \text{ ksi} = 19000 \text{ kg/cm}^2$
- ∞ Acero de refuerzo (indispensable) con un  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .
- ∞ Concreto de alta resistencia con un  $f'_c \geq 300 \text{ kg/cm}^2$
- ∞ Cimbras planas originando la superficie de apoyo para la losa.
- ∞ Placas de acero dulce A-36 para los anclajes en los extremos con altas capacidades de deformación.

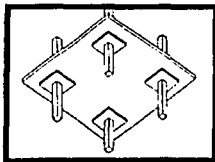
El uso de este sistema de presfuerzo en las losas se ha venido registrando desde los años 50's. La primer losa postensada que se ejecutó fue en el año de 1950 con fines de estudio y análisis. Exitosamente desde entonces en muchos de los países desarrollados y subdesarrollados ha tenido una gran aplicación el presfuerzo postensado. Gracias a estos datos obtenidos desde este periodo de aplicación, se ha arrojado una eficiente información del comportamiento en las edificaciones de todo tipo, asegurando la integridad de la estructura y con ello la seguridad de los usuarios.

La efectividad que se tiene en las estructuras donde son aplicadas este tipo de losas, ha demostrado que pueden desplazar a las estructuras convencionales de concreto y a las estructuras de acero, pues en ambos casos divergen en economía, eficiencia para salvar grandes claros, proceso constructivo, entre muchas otras. Con esto no se pretende menospreciar el uso de esas técnicas y ese tipo de materiales, sino que ha título personal considero que la técnica del presfuerzo es excelente.

Los siguientes esquemas ilustran algunos usos típicos de losas postensadas, teniendo en cuenta únicamente que son indicativos, mas no definitivos en cuanto a su uso; pues pueden acceder a cualquier capricho arquitectónico que se presente en las estructuras y en el elemento en sí.



Losa plana y lisa. Es mayormente usado en oficinas, hoteles estacionamientos, escuelas, hospitales, etc, donde los claros son similares en ambas direcciones.



Losa con capitel o ábaco. Para los casos similares a los de la losa plana y lisa, en donde los claros son más largos y/o existen problemas de cortante o penetración de las columnas.





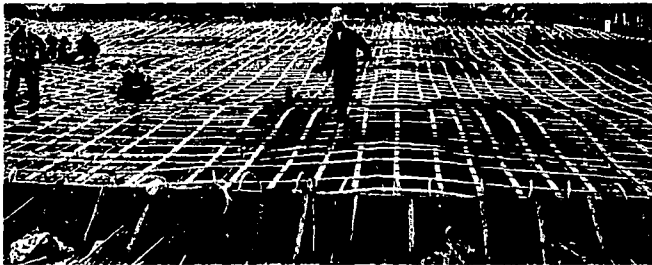
- 4.- Al haber ligereza en los sistemas de piso se pueden obtener columnas más esbeltas y menores volúmenes de cimentación ahorrando significativamente los costos directos de construcción.
- 5.- Se limitan las deflexiones producidas por las cargas.

∞ **Para el constructor.**

- 1.- Reduce significativamente las cantidades de concreto, acero y cimbra de contacto.
- 2.- Reducen la inseguridad de las fisuras, representando la estabilidad de la estructura.
- 3.- Se eliminan considerablemente las juntas constructivas y frías, ya que el elemento es colado monolíticamente, satisfaciendo la continuidad y cubriendo los embates de los momentos flexionantes del miembro.
- 4.- Difunde una mejor habilidad en sus características mecánicas, proporcionando mayor vida útil para el inmueble de manera general.

∞ **En las obras.**

- 1.- Se obtienen ahorros en el tiempo de cimbrado y armado de las losas, trabes y columnas.
- 2.- Se facilita la colocación del presfuerzo requiriendo de una cuadrilla no mayor de 6 miembros para cubrir la superficie del proyecto, abatiéndose el procedimiento de construcción en el armado, cimbrado y colado de la losa.



Fotografía 4.2.4 Desempeño de la mano de obra en la colocación del acero de presfuerzo.

- 3.- Al eliminar la complejidad de la estructura se facilita la supervisión, liberando de manera rápida la losa para su inmediato colado.
- 4.- Y por último, el volumen de almacenamiento de materiales se reduce visiblemente.

El curado de estos sistemas de piso postensados puede realizarse con membranas húmedas de polietileno, aplicando el principio del curado con vapor ó bien curando de manera tradicional, humedeciendo la superficie.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

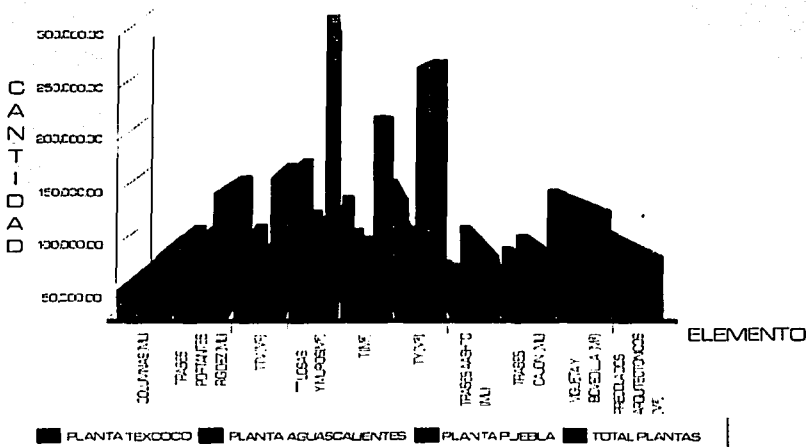


Esto último traería aleatorios estallamientos en la superficie de concreto, presentando pequeñas grietas no deseadas en el control de la obra pero que no son de cuidado.

A diferencia de los sistemas de piso pretensados; los postensados no requieren de grandes maniobras de montaje ni de fabricación, es por eso que ambos sistemas compiten tenazmente, ya que tienen representativas cualidades de uso (no menospreciando la calidad de cada sistema) para garantizar la seguridad de la estructura y de los usuarios.

Sin duda lo que rige la determinación en la elección de un sistema pretensado o postensado, y de manera global al proceso constructivo, será el aspecto económico y financiero y los costos de fabricación del proyecto donde se requiera usar este tipo de losas. Ya que estos aspectos están en función del tiempo de ejecución, flujo de inversión, tiempo de recuperación financiera, costo de las horas hombre utilizadas, etc., se resume la rentabilidad de cada uno de los sistemas aplicados al proyecto.<sup>4.10</sup>

Enseguida se muestra un gráfico de productividad de los diferentes tipos de elementos que una planta prefabricadora llega a fabricar. En ella se aprecia claramente que tan amplia es la demanda que se tiene en los sistemas de piso prefabricados que anualmente se obtienen en cada una de las plantas y en total por parte de la firma prefabricadora.



Gráfica 4.2.1 Producción anual de elementos prefabricados obtenidos en las diferentes plantas prefabricadoras<sup>4.11</sup>.

<sup>4.10</sup> Fuentes: Freyssinet México; Divalog system international. Postensa.

<sup>4.11</sup> Fuentes: Los datos de esta tabla son los señalados en el periodo de producción 1999-2000 por parte de Impresa.



### 4.3. - Alternativa financiera para Sistemas de Piso en edificios.

A continuación se presenta un ejemplo económico de los sistemas de piso prefabricados pretensados:

Analicemos tres alternativas, dos independientes y una mixta:

- 1.- Sistema Tradicional: Armado, cimbrado y colado todo en el lugar.
- 2.- Sistema Prefabricado: Montajes y colados finales en la obra.
- 3.- Sistema Mixto: Trabes y columnas son armadas, cimbradas y coladas en el sitio, las losas son prefabricadas.

#### 1ª Alternativa: Sistema Tradicional.

Este sistema es el mas convencional aunque los programas de ejecución hayan sido hechos por ruta critica, y esto se debe a: En el sitio de la obra hay que hacer todos los trabajos y en orden secuencial, por ejemplo:

- 1ra Etapa.- Limpieza del terreno, trazo, excavación, armado, cimbrado y colado de la cimentación. Pueden ejecutarse actividades simultaneas, como es el habilitar el acero e incluso armar parte o todo si es posible de la infraestructura; habilitado de madera para las cimbras, etc.
- 2da Etapa.- Armado, cimbrado y colado de columnas.
- 3ra Etapa.- Cimbra de trabes y losa, armado y colado de éstas ( si la superficie por colar es grande, se puede seccionar el colado para satisfacer el programa de obra).
- 4ta Etapa.- Se repite la segunda etapa.
- 5ta Etapa.- Se repite la tercera etapa y así sucesivamente hasta la terminación.

#### 2ª Alternativa: Sistema Prefabricado.

Por lo general, debido a que la obra ocupa todo el terreno o casi todo, la construcción se hace en dos sitios.

- 1ra Etapa.- Lugar de la obra. Se procede a construir la cimentación que es: limpieza del terreno, trazo, excavación, armado, cimbrado y colado; el tiempo es prácticamente igual que la primera alternativa. La variante es que mientras se ejecuta esta etapa, en la planta de prefabricación se están procesando todos los elementos que constituyen la estructura como son: columnas, trabes, losas de todos los niveles, las cuales son transportadas al lugar de la obra para que sean motadas y se hagan los colados finales según se requieran en el diseño y en el proceso constructivo según el programa de montaje.
- 2 da Etapa.- Colocación de columnas en su candelero, colocación de trabes portantes y de rigidez, colocación del sistema de losa, colado de la capa de compresión y detalles.



3 ra Etapa.- Si la longitud de las columnas alcanza varios niveles denominados en la 2da Etapa, se reduce el montaje solo de travesantes, rigidez y de losas y así sucesivamente hasta la terminación.

### 3<sup>ra</sup> Alternativa: Sistema Mixto.

Esta alternativa es muy similar a la primera propuesta, la diferencia estriba en que las losas son prefabricadas.

1ra Etapa.- Limpieza del terreno, trazo, excavación, armados, cimbrados y colados en cimentación. Se pueden efectuar actividades simultáneas como es el habilitar el acero, e inclusive armar parte o todo si es posible, habilitado de la cimbra, etc.

2 da Etapa.- Armado, cimbrado y colado de columnas.

3 ra Etapa.- Cimbra de travesantes, armado, colocación de la losa prefabricada, colado de travesantes y de la losa de compresión.

4 ta Etapa.- Se repite la segunda etapa.

5 ta Etapa.- Se repite la 3ra Etapa y así sucesivamente hasta la terminación final.

Las diferencias substanciales entre las alternativas son:

La 1<sup>ra</sup> alternativa es un procedimiento constructivo que todos conocen, tiene gran tecnología, es el procedimiento que más tiempo consume, se requiere de mucha cimbra para cada etapa, todo el armado es en el sitio, el volumen de concreto por colar es mayor, se requiere mayor cantidad de mano de obra, y por ende, requiere de mucha supervisión.

En la 2<sup>da</sup> alternativa la diferencia fundamental se presenta mientras se ejecuta la 1<sup>ra</sup> Etapa (cimentación), mientras que se están procesando todos los elementos de la estructura en la planta de prefabricación. El personal es calificado, las cimbras por lo general son metálicas, se cuenta con equipo para el habilitado de acero, los curados del concreto se cumplen; pues la mayoría de las plantas utilizan el curado a base de vapor de agua, el control de calidad es muy superior y la eficiencia de los procesos es alta. Se puede integrar el acabado en las travesantes y columnas si se requiere, se reduce el tiempo de construcción.

En la 3<sup>ra</sup> alternativa sólo las losas son prefabricadas y pueden ser presforzadas o reforzadas. En comparación con la alternativa uno, se ahorra toda la cimbra de contacto en la losa, reduciendo costos y tiempo de ejecución.

Para ilustrar estas alternativas nos apoyaremos en el siguiente ejemplo. Se pretende construir un edificio de tres niveles para usarse como estacionamiento en un terreno de 24\*30m. y se estructura de la siguiente manera:

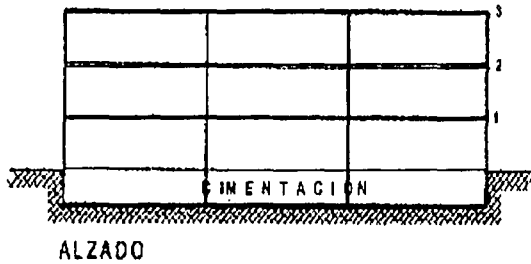


Figura 4.3.1 Alzado de la estructura en análisis.

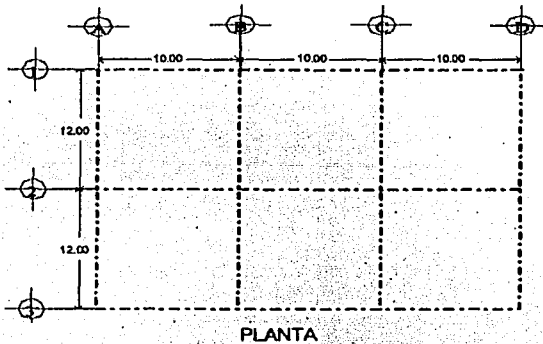


Figura 4.3.2 Planta de la estructura en análisis.

A continuación se indican los tiempos de ejecución de la obra estimados con las tres alternativas. Mientras que el sistema prefabricado se lleva 11 semanas, los sistemas mixto y tradicional se toman 13 y 19 semanas, respectivamente

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Tiempo de ejecución de las etapas en la 1ª alternativa (Sistema Tradicional).

<b>Etapas</b>	<b>Semanas</b>	<b>Actividades</b>
1	4	Cimentación, trazo, excavación, armado, colado y firme 1 <sup>er</sup> nivel.
2	1	Armados, cimbrados y colados de columnas.
3	4	Fondos y armados de trabes, cimbrado de Losa (360 m <sup>2</sup> ), armado de esta y colado.
4	5	Se repite la etapa 2 y 3 en el segundo nivel.
5	5	Se repite la etapa 2 y 3 en el tercer nivel.
<b>Total</b>	<b>19</b>	

Tabla 4.3.1 Tiempo de las etapas en la 1er Alternativa "Sistema Tradicional".

Tiempo de ejecución de las etapas en la 2<sup>da</sup> alternativa (Sistema Prefabricado).

<b>Etapas</b>	<b>Semanas</b>	<b>Actividades</b>
1	2	Cimentación, Limpieza, trazo, excavación, armado y colado.
	2	Armado, colados y firme del 1 <sup>er</sup> nivel.
2	1	Montaje de columnas de los tres niveles.
3	1	Montaje de trabes, montaje de Losa
	1	Colado del firme de compresión.
4	4	Se repite la 3 <sup>ra</sup> etapa dos veces mas.
<b>Total</b>	<b>11</b>	

Tabla 4.3.2 Tiempo de las etapas en la 2da Alternativa "Sistema Prefabricado".

Tiempo de ejecución de las etapas en la 3<sup>ra</sup> alternativa (Sistema Mixto).

<b>Etapas</b>	<b>Semanas</b>	<b>Actividades</b>
1	2	Limpieza, trazo, excavación y colados en la cimentación.
	2	Armado, colados y firme del 1 <sup>er</sup> nivel.
2	1	Armados, cimbrados y colados de columnas.
3	2	Fondos de trabes, armado y colación de vigueta y bovedilla, malla y colado de la capa de compresión.
4	3	Se repite la etapa 2 y 3 en el segundo nivel.
5	3	Se repite la etapa 2 y 3 en el tercer nivel.
<b>Total</b>	<b>13</b>	

Tabla 4.3.3 Tiempo de las etapas en la 3ra Alternativa "Sistema Mixto".

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





Al usar elementos prefabricados como las losas, los costos son menores al utilizar por ejemplo el sistema de vigueta y bovedilla, ya que se elimina la mayor parte de la cimbra (hasta en un 97%) de contacto que puede ser un tercio del costo de la losa maciza colada en obra.

Otro caso puede ser el usar losas prefabricadas completas (del tamaño del tablero crítico, cuartos, etc.). El colado con moldes metálicos minimiza el costo de fabricación, debido a la depreciación que se tiene en este insumo. Por el tipo de refuerzo es más caro, pues hay que considerar el colado de las cadenas perimetrales. Hay que supervisar el tablero en cuanto a su izaje, la transportación y colocación en su sitio, y si es que requiere un apuntalamiento provisional. El ahorro se manifiesta en los acabados aparentes pintando directamente y de inmediato, así se ahorra en limpieza de la obra y en la velocidad de montaje.

A continuación se muestra una comparativa monetaria entre un sistema convencional y un prefabricado, denotando la ventaja del prefabricado sobre el sistema tradicional. El costo de las losas prefabricadas pueden ser en ocasiones más caras que una losa normal (maciza), pero al considerar la velocidad y limpieza de la obra resulta ser más económica.

Losa maciza.

Cimbra (madera y mano de obra)	\$40.00
Armado 6 kg. (acero y mano de obra)	\$30.00
Colado 10 cm. (concreto y mano de obra)	\$70.00
Total/ m <sup>2</sup>	\$140.00

Tabla 4.3.4 Costos de una losa tradicional.

Losas con vigueta y bovedilla.<sup>4.12</sup>

Apuntalamiento	\$5.00
Vigueta y bovedilla ( material)	\$60.00
Vigueta y bovedilla (colocación)	\$10.00
Malla (material y mano de obra)	\$4.00
Concreto 5.5 cm. (colado)	\$38.50
Total/ m <sup>2</sup>	\$117.50

Tabla 4.3.5 Costos de una losa prefabricada.

<sup>4.12</sup>

Todos los datos y la información registrada en el subcapítulo 4.3. -Alternativa financiera para Sistemas de Pilo en edificios, fue obtenida del Manual de diseño de estructuras Prefabricadas y Presfuerzadas realizado por el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. Veracruz Octubre 2000.



CAPITULO V:  
DESCRIPCIÓN DE  
CONCEPTOS QUE SE  
PRESENTAN Y SURGEN  
EN LA APLICACIÓN DEL  
PRESFUERZO EN LOS  
SISTEMAS DE PISO.



## **CAPITULO V.- Descripción de los conceptos que se presentan y surgen en la aplicación del Presfuerzo en los Sistemas de Piso.**

**Objetivo Particular:** Definir cada uno de los conceptos que intervienen en la elaboración de un Sistema de Piso.

### **INTRODUCCIÓN:**

Las variables que en este capítulo se lleguen a enunciar serán objeto para dar origen a la utilización de alguno de los sistemas de piso presforzado, señalando de antemano que el hecho de no cumplir con estos requisitos el sistema que se haya seleccionado, será el motivo predominante en ocasiones para descartar la ocupación del mismo.

El buen comportamiento de estos elementos estructurales no solamente dependen de la calidad que presenten los materiales y el factor humano que supervise los trabajos realizados en la ejecución del proyecto. También dependerá del desempeño que tenga el elemento como tal, junto con la estructura.

El conocer el trabajo que realizan las losas prefabricadas-presforzadas no debe de ser tema desconocido para un constructor, ni mucho menos para un ingeniero civil o arquitecto (desafortunadamente sucede que se ignora el proceso de aplicación del presfuerzo en las diferentes etapas de construcción), pero eso no nos toca a nosotros juzgarlo, ni será tema de controversia en este trabajo de tesis, pues la finalidad es orientar a los posibles lectores ha poder entender cuales son las opciones de empleo de un sistema de piso presforzado en proyectos de determinada envergadura, así como los conceptos que intervengan en su elaboración y montaje para su óptima ocupación, significando en los procesos constructivos factibilidades incomparables con los sistemas tradicionales.

El desempeño que se tenga en el manejo, transporte, izamiento y la forma de anclar y conectar a los tableros prefabricados, brindará la correspondiente seguridad al garantizar el comportamiento del sistema de piso, como a la estructura en su totalidad.

La ocupación de tableros en óptimas condiciones de uso, compensará cada una de las etapas desarrolladas en la ejecución total del sistema aprovechado en el proyecto, obteniendo su racionalización de tiempo y dinero e incrementando la funcionalidad para el bienestar de los usuarios.

Los recursos con que cuenta la ingeniería moderna y la arquitectura extravagante se satisfacen con técnicas como la prefabricación, perfeccionándose como uno de los principales sistemas ha ejecutar; pero como toda innovación, se tiene que ajustar no solo a los aspectos de ejecución de obra, rentabilidad, acabados excelentes y controles de calidad mas estrictos; sino que también a sido necesario el incremento y progreso en su tecnología, revisando los modelos y métodos de diseño.



La fabricación de elementos horizontales prefabricados de concreto, sin duda a revolucionado el campo de aplicación de estos elementos en la construcción de obras de infraestructura, desarrollo social y economía; permitiendo con ello la transformación de proyectos carentes de ingeniería y financiamiento.

### 5.1. - Refuerzo mínimo y por temperatura.

#### 5.1.1. -Refuerzo mínimo.

Uno de los adelantos más recientes en elementos de concreto presfuerzo es el manejo de acero de refuerzo no presfuerzo, utilizado comúnmente en los patines de las losas o firmes de los tableros prefabricados. Habitualmente este refuerzo secundario se realiza con malla electro soldada o varillas de acero dulce ordinario.

Quando se conjuga la utilización de acero de presfuerzo y acero de refuerzo no presfuerzo, se obtiene un suplemento de uno con el otro; mientras el acero de presfuerzo equilibra una determinada porción de la carga ( casi el 95% de la carga de servicio) reduciendo las deflexiones y suministrando la mayor parte de la resistencia, el acero de refuerzo no presfuerzo toma el agrietamiento distribuyéndolo y aumentando la capacidad de carga del elemento a la ruptura, reforzándolo de tal manera que aquellas porciones que no han sido alcanzadas por el acero de presfuerzo sean cubiertas, suministrando al miembro estructural seguridad bajo cualquier carga inesperada.

El refuerzo no presfuerzo se puede colocar de varias formas en los sistemas de piso, sirviendo al cuerpo del tablero en cada etapa de servicio del mismo. Este conjunto de refuerzos puede servir para darle mayor capacidad al elemento de concreto, tales como el control y distribución de las grietas en las fibras donde se presenten momentos flexionantes, en los puntos de inflexión en caso de que ocurran al momento de su producción, en la etapa de izaje ó en la etapa de servicio.

Adicionalmente mejoran la ductilidad del miembro, incrementando la resistencia a la flexión propiciada por un sismo, erradicando las concentraciones de esfuerzo en el concreto que conforma al tablero presfuerzo.

En las áreas de momento positivo de losas presfuerzadas, si los esfuerzos de tensión en el concreto no exceden  $2\sqrt{f'c}$  no se requerirá el reforzamiento de esta zona; sin embargo si el refuerzo sobrepasa este valor, entonces se deberá suministrar una cantidad mínima de varillas de refuerzo adheridas ó de malla de alambre soldada igual a:

$$A_s \text{ min} = Nc / 0.5 f_y^{2.1}$$

Donde:  $Nc$  = Fuerza de tensión en el concreto bajo la carga total de servicio.

$f_y$  = Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo.

5.1 Reglamento para las construcciones de concreto estructural y cementarios. ACT 318-95 y 318-R99. México 1997, IMCYC.



Tal acero debe encontrarse debidamente distribuido a través de la zona comprimida en tensión, y colocarse tan cerca de la fibra de tensión como sea posible. Su longitud debe de ser aproximadamente un tercio de la longitud del claro y debe de localizarse centrado en el área de momento negativo, procurando que el concreto este colocado perfectamente, logrando los recubrimientos mínimos para losas.

De acuerdo al código del ACI siempre se debe de proporcionar refuerzo adherido en las áreas de momento negativo en las losas presforzadas en dos direcciones, tal refuerzo puede manifestarse de la forma antes descrita, misma que no debe tener un área **MENOR** que:

$$A_s = 0.00075 l h^{1.5}$$

Siendo  $l$  = La longitud mayor del claro de la losa en la dirección del refuerzo.  
 $h$  = Peralte total del sistema de piso.

Este acero debe de presentarse cerca de los apoyos de los tableros limitado por las líneas de influencia localizadas a  $1.5 h$  de cada lado de las caras de los apoyos.

Otra de las finalidades de colocar el acero de refuerzo ordinario en el patín de compresión, (firme o losa de compresión) es para reforzar a los elementos contra las altas compresiones, esto es generalmente antieconómico pero se puede requerir en determinadas ocasiones.

El uso de refuerzos **no** presforzados no se limita únicamente a claros simples, sino también en los casos de voladizos y continuidad en los tableros presforzados donde existan momentos máximos. Es económico reforzar tales porciones con acero **no** presforzado, demostrando de nueva cuenta que el empleo de cierta longitud de acero, puede ahorrar considerablemente acero de presfuerzo y por ende economizar en el costo de los tableros presforzados.

La mayor parte del acero **no** presforzado no actuará efectivamente hasta que se presenten esfuerzos que propicien el agrietamiento. Su efecto en el inicio del agrietamiento capilar y en la flexión elástica del elemento será mínimo; sino que nulo, ya que el acero evitará la formación de grietas mayores y las distribuirá de tal forma que se eliminen.

La resistencia a la ruptura de los tableros presforzados bajo cargas estáticas y repetidas, se puede incrementar materialmente por la utilización de acero **no** presforzado. De manera adicional y de manera obligada, el refuerzo en los extremos en los anclajes de los postensados, debe de realizarse con la finalidad de impedir el aplastamiento del concreto cuando se lleguen a exceder las tensiones en esa zona, impidiendo de manera tajante el estallamiento del mismo.

El mejor momento para poder demostrar el buen funcionamiento de estas combinaciones de acero, sería en el caso de una excesiva relación de carga viva a carga muerta, ó cuando el presfuerzo produzca una excesiva contraflecha.

5.1 Reglamento para las construcciones de concreto estructural y complementarios. ACI 318-95 y 318-R99. México 1997. IMCYC.



Otro de los casos sería una gran sobre carga o un incremento en el peso propio, agregando que el presfuerzo se realice por etapas, pudiendo ser muy complicada su colocación. Y una tercera razón se presentaría en el caso específico de una fuerza accidental ( como es el caso de una explosión) pues de esta forma satisficaría la resistencia a las altas fuerzas de impacto.

### 5.1.2. - Refuerzo por temperatura.

La suposición de colocar acero por temperatura, es con la finalidad de minimizar el agrietamiento y ligar firmemente el panel o tablero a la estructura, definiendo que de esta forma actuará conforme al diseño.

El refuerzo por temperatura está ligado por los esfuerzos producidos por la dilatación y contracción del concreto. Esto se debe a que el concreto se contrae cuando este pierde humedad por la evaporación del agua que se tiene en la hidratación con el cemento, siendo estas deformaciones independientes a las que se obtienen en la etapa de servicio.

Si **no** se limitan las deformaciones por contracción, se puede llegar a presentar el agrietamiento pronunciado en el concreto, produciendo un aumento en las deflexiones de los elementos estructurales con el tiempo.

Al liberarse agua por efecto de evaporación, trae como consecuencia una variación de volumen, ocurriendo este cambio con mayor velocidad al principio de la hidratación del concreto. En gran medida la contracción es un fenómeno reversible. Esto es propiciado con la saturación de agua en el concreto después de haberse contraído.

El área de acero que se utiliza por contracción y temperatura según el ACI debe de proporcionar por lo menos las siguientes relaciones de área de acero de refuerzo al área de la sección total de concreto, pero **NO MENOR** que:

#### 0.0014

- |    |  |                         |
|----|--|-------------------------|
| a) | En losas donde se emplea varilla corrugada grado 28 ó 35   | 0.0020                  |
| b) | En losas donde se emplea varilla corrugada o malla electro soldada de alambre (corrugado o liso) grado 42  | 0.0018                  |
| c) | En losas donde se utilice acero de refuerzo de una resistencia a la fluencia mayor que $4200 \text{ kg/cm}^2$ , medida a una deformación unitaria por fluencia del 0.35% | $0.0018 + (4200 / f_y)$ |

En ninguno de estos casos se deberá colocar el acero de refuerzo por contracción y temperatura con una separación mayor a 5 veces el espesor de la losa ni de 45 cm.



Las deformaciones finales por contracción varían considerablemente. Por lo común varían entre 0.0002 a 0.0006, aunque en ocasiones se puede llegar hasta 0.0010 con valores promedio comprendidos desde 0.0008 en concretos curados con humedad y hasta 0.0073 en concretos curados con vapor, suponiendo que estos valores únicamente se utilizan cuando se desconozca la existencia de datos más exactos.

La cantidad de acero de refuerzo por temperatura con varillas corrugadas ó malla de alambre electro soldado son empíricas, pero se han utilizado satisfactoriamente durante muchos años, pues habitualmente se diseñan para la total resistencia del elemento.

## 5.2. -Transportación de los Sistemas de Piso Presforzados.

La selección del proceso constructivo a utilizar en un proyecto es sumamente importante, ya que la correcta evaluación del transporte es en gran medida la decisión predominante si los elementos serán fabricados en planta fija, planta móvil o a pie de obra.

La transportación de los sistemas de piso prefabricados-presforzados, se identifica para los sistemas pretensados (losas alveolares, secciones "T", vigueta y bovedilla), no descartando la posibilidad de que se puedan trasladar piezas prefabricadas postensadas

La incidencia del costo del transporte en el costo total de la obra es directamente proporcional a la distancia por recorrer y a la complejidad del flete. En condiciones normales, es aceptable que una obra que este a menos de 350 Km tenga un costo por transporte del 110 al 120% del total de los prefabricados.

Existen dos tipos de fletes:

- ∞ Los que por sus características de peso y dimensiones se ejecutan con equipos de transporte ordinario.
- ∞ Y los que exceden en peso y dimensiones restringidos por las normas y reglamentos locales y/o federales.

Los primeros se realizan con camiones o tractocamiones con plataformas, y los segundos con equipos de transporte especializado. Por los riesgos que implican en ocasiones los excesos de peso y dimensiones, estas maniobras las ejecutan empresas que cuentan con los registros que otorga la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para los traslados efectuados por vías federales.

Las losas prefabricadas solo resultan económicas cuando son transportadas y montadas con gastos que unidos al costo de fabricación, quede muy por debajo de las construcciones realizadas con procesos ordinarios. Una vez demostrado cual económico es el transporte de los tableros prefabricados, será posible utilizarlos gracias a los enormes progresos que la industria mecánica ha tenido; y por la disposición de medios con los que se puedan montar.



Anteriormente los fletes se efectuaban por medio de ferrocarril, sin embargo, hoy en día esta opción para transportar elementos prefabricados esta descartada, ya que la utilización del ferrocarril esta destinada actualmente para otros fines, descartándose la posibilidad de transportarse por este medio los elementos prefabricados.

Cuando la producción de los tableros prefabricados-presforzados se lleva a cabo en la planta fija, se tiene que efectuar por ende la transportación de ellos por carretera. Al transporte por carretera hay que concederle la mayor importancia, ya que la diversidad de las obras a donde son trasladados los sistemas de piso-presforzados solo pueden trasladarse por este medio.

La transportación por carretera esta regulada por reglamentos legales de tráfico que determinan la altura y los anchos máximos permitidos de los elementos a trasladar. Para ello se considera la longitud, el peso y el número de piezas por acarrear. En la planta fija solamente deben producirse aquellas piezas que sean posibles llevar al sitio de la obra.

El transporte se ha economizado gracias a las enormes virtudes y progresos que la industria mecánica ha desarrollado. Para realizar los fletes se utilizan **combinaciones vehiculares** de tractocamiones acoplados a remolques como a continuación se presenta:

- ∞ **Tractocamiión**.- Vehículo automotor destinado para soportar y arrastrar semi-remolques y remolques; con potencias de 300 a 450 HP. y motores a diesel.
- ∞ **Semi- remolque**.- Vehículo o plataforma sin eje delantero unido a un tractocamiión, de manera que es jalado por este y parte de ese peso sea también soportado por el mismo tractocamiión.
- ∞ **Remolque**.- Vehículo o plataforma con eje delantero y trasero no dotado de medios de propulsión destinado ha ser arrastrado por un vehículo automotor, o bien, acoplado a un semi-remolque.
- ∞ **Módulos**.- Plataformas acoplables longitudinal y lateralmente con ejes direccionales y suspensión hidráulica o neumática.
- ∞ **Patines**.- Los patines son bastidores de uno ó más ejes con llantas para transferir la carga. Son conocidos como dolly's, los cuales tienen dirección propia para facilitar la maniobra, estos pueden ser delanteros o traseros.

Las combinaciones vehiculares descritas para solucionar los fletes de los elementos prefabricados-presforzados, deberán confirmar la autenticidad de efectuar los traslados, corroborando la licencia con los permisos que otorgan las dependencias oficiales federales, que en este caso pueden ser:

- ∞ La Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- ∞ La Dirección General de Transito Federal.
- ∞ Y todo aquel organismo oficial que se destaque en dicha materia, si es que son locales o estatales.





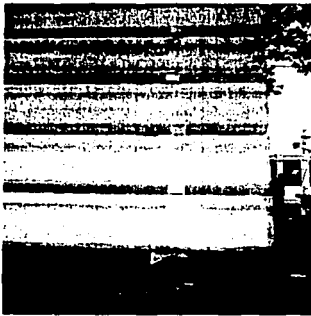
Dependiendo de la ruta por la que se haya decidido transitar el transportista, respetará las normas que se encuentren en vigor en cada una de las entidades por las que pasará la combinación vehicular; de tal modo que si la ruta es por zona federal, se obligará a cumplir con la norma NOM-040-SCT-2-1995, correspondiente al transporte de objetos de gran peso y volumen.

Siempre es conveniente que la combinación de vehículos sea escoltada por alguna unidad piloto, pues de esta forma se garantizaría la seguridad del flete y de los demás conductores para no correr ningún tipo de riesgo. Es importante observar las señalizaciones y abanderamientos que estén colocados sobre la ruta establecida previamente.

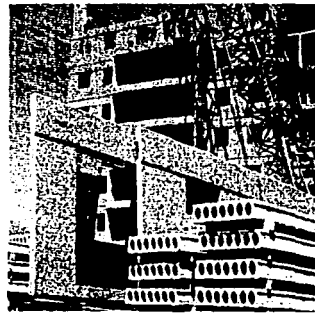
También es importante que durante el transporte las piezas no estén sujetas a fuerzas y esfuerzos mayores que las previstas en los cálculos estructurales del elemento prefabricado-presforzado, pues al hacer el traslado de las piezas se deben calzar exclusivamente en los puntos de apoyo considerados desde el diseño del miembro, de lo contrario pueden originarse daños de consideración en los tableros.

Para evitar que se produzcan esfuerzos extraordinarios en las piezas prefabricadas durante el flete, es importante tener un buen apoyo de las piezas, por lo que se debe maniobrar al tablero de manera tal para no producirle grietas y evitar el excesivo pandeo del miembro para no provocar su colapso.

Al colocar las unidades prefabricadas sobre la plataforma se apoyaran sobre polines de madera y/o elementos especiales destinados para ello, pues se deben proteger los puntos de apoyo con topes blandos para no propiciar marcas de deterioro.



a)



b)

Fotografía 5.2.1. - a) Estibaje de tableros prefabricados-presforzados en la transportación a la obra. b) Estibaje de tableros presforzados y algunos otros elementos como los muros de fachada a pie de obra.

Cuando las condiciones climáticas sean adversas, las combinaciones vehiculares tendrán que desistir de su avance por la ruta del flete, deteniéndose en algún sitio seguro hasta que estas sean favorables para continuar con el envío.

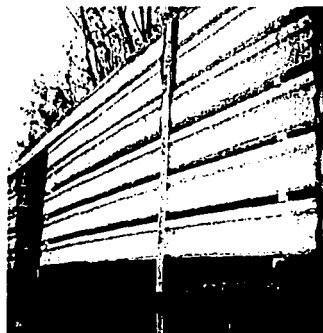
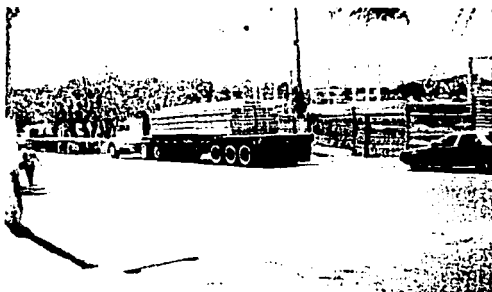
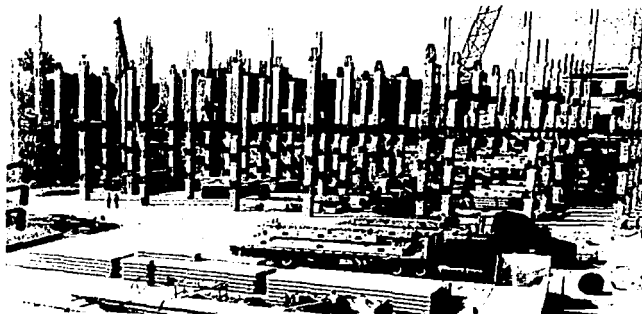
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Dependiendo de la combinación vehicular y del tipo de camino que se haya destinado en la ruta de traslado, se especificaran las velocidades máximas y cargas máximas por llanta y por eje.

En caso de que se desconozca la ruta por la que se transitara, es conveniente hacer un recorrido previo, observando cuales son las condiciones de traslado de los elementos, ayudándose el contratista del flete, a decidir que tipo de combinación vehicular se aplicara para tal efecto, siempre y cuando se tenga disposición del transporte.

La sujeción de los elementos al equipo de transporte es muy elemental, porque de ello dependerá que no se dañen los elementos al ser transportados, de no ser así, los daños que alcanzan a tener es: desde una simple despostilladura hasta la ruptura.



Fotografía 5.2.2. - Transportación de elementos prefabricados por medio de vehiculos especializados.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



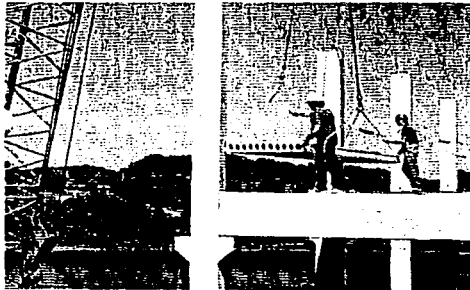
### 5.3. - Montaje (izaje).

El montaje de los elementos prefabricados como los sistemas de piso, así como cualquier otro elemento, es la actividad que obedece a la elevación y sujeción vertical del elemento para ser colocado en su posición final.

En las obras prefabricadas el montaje representa entre el 10 y el 30% del costo total de la obra. En términos generales, mientras mayor sea el volumen de la obra, menor será el costo relativo al montaje de cualquier tipo de sección de sistema de piso mencionados anteriormente.

Sin embargo se tienen que contemplar los equipos de montaje, pues por ser especializados y generalmente de gran capacidad, tienen costos horarios muy elevados, resultando fundamental desarrollar una buena planeación de todas las etapas y actividades del montaje.

Cualquiera de los sistemas de piso antes mencionadas, son los elementos que más fácilmente se montan, ya que generalmente se colocan simplemente apoyados tal y como se muestra en la Fotografía 5.2.3.



Fotografía 5.2.3. -Montaje de losas extruidas simplemente apoyadas.

Solo hay que revisar que las piezas estén bien centradas e inspeccionar que el apoyo de los tableros sea el adecuado. En ocasiones estos apoyos son de neopreno para evitar el aplastamiento directo del concreto; de tal forma que se distribuyan sobre toda su longitud de apoyo los esfuerzos producidos a la hora de hacer el montaje de los tableros.

Los equipos de montaje para los elementos prefabricados los podemos clasificar en dos grupos:

- ∞ Los de pequeña capacidad.
- ∞ Los de mediana y gran capacidad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



En general los elementos como las losas alveolares o aligeradas, el sistema vigueta y bovedilla, y algunos de los elementos de fachada, intervienen en la clasificación de capacidad pequeña aunque en ocasiones el montaje es realizado con grúas torre ó grúas telescópicas, las cuales se utilizan en maniobras de gran altura. En obras de menor envergadura se utilizan malacates o gatos mecánicos.

En la elección adecuada del equipo hay que tener presente entre otras cosas, la capacidad nominal con la que se le denomina comercialmente a una grúa, analizando previamente las cualidades técnicas del equipo de montaje; entre las cuales se encuentran:

- ∞ La carga máxima de soporte.
- ∞ El radio mínimo de giro.
- ∞ Capacidad de elevación, peso y distancia de colocación.
- ∞ Altura máxima alcanzable.
- ∞ Rendimiento y velocidad del trabajo.
- ∞ Precisión de colocación sin maltrato de la pieza.
- ∞ Movilidad según las necesidades de las obras.

Es obvio que la capacidad nominal de la grúa deberá siempre de ser mayor que la carga o peso más grande a desplazar, la cual estará restringida por la distancia a lanzar el elemento a partir del centro de giro de la grúa y de la elevación del elemento.

En términos simples podemos calcular la capacidad requerida de una grúa según la siguiente expresión:

$$C = 0.37 \cdot Wd$$

Donde : C = Capacidad requerida por la grúa.

W = Peso del elemento en Toneladas.

d = Distancia desde el punto de rotación de la pluma hasta el centro del claro de la pieza a montar en metros.

Cualquier grúa ó mecanismo para llevar a cabo el montaje de las piezas prefabricadas, tiene que encontrarse en buenas condiciones; que no manifiesten daños que propicien algún tipo de accidente para el personal que se encuentre laborando dentro de la obra cuando se este efectuando el montaje de los elementos.

Se tiene que considerar que el equipo que generé el montaje, tendrá que sostenerse sobre un firme nivelado, asegurando la estabilidad del mismo equipo; a su vez, las condiciones de viento y visibilidad deben encontrarse en calma para no propiciar un excesivo balanceo en los tableros, de tal manera que garantice la colocación del sistema a montar conforme al diseño y plan de montaje.

Para poder seleccionar el equipo que se pretenda aprovechar en el montaje de los sistemas de piso prefabricados-presforzados, es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:



- ∞ El número de elementos a montar.
- ∞ Características de los equipos.
- ∞ Dimensiones, peso y tipo de elemento a montar.
- ∞ Altura de la construcción.
- ∞ Condiciones del montaje.

Antes de izar cualquier pieza, el responsable de la obra deberá revisar que el equipo de montaje se encuentre asegurado y que las características en las cuales se encuentre la zona de trabajo sean las favorables para realzarlo, pues de otro modo estaríamos poniendo en peligro la integridad del personal y de la obra en sí.

Las grúas que son seleccionadas para efectuar el montaje y los movimientos de izado de los tableros pueden ser del tipo:

- ∞ Grúas torre.
- ∞ Auto grúas.
- ∞ Grúas pórtico.
- ∞ Grúas mástil.
- ∞ Grúas de celosía o estructurales.

Estos diferentes tipos de equipo de montaje, tienen dos componentes básicos comunes entre sí, las cuales son: la pluma como miembro principal de soporte, los cables y herramientas que sirven para levantar los elementos<sup>5.2</sup>.

El montaje de las piezas se ejecuta conforme a los planos de montaje previamente diseñados por la contratista prefabricadora, realizándose de modo secuencial conforme al programa de obra trazado por la contratista de la obra civil, procurando que se realice de manera rápida y eficiente.

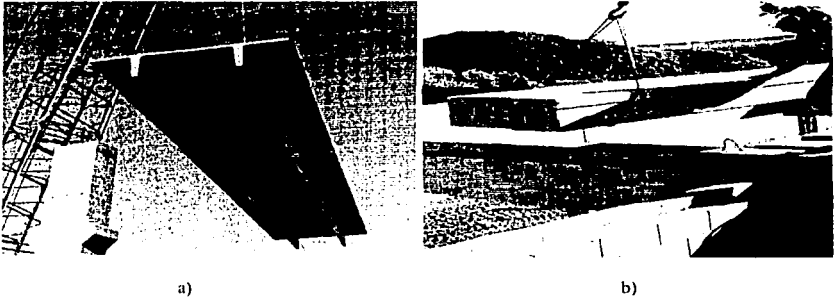
En la mayoría de los casos la maquinaria de elevación debe apoyarse para las maniobras relacionadas con el montaje de los siguientes dispositivos o accesorios, con el afán de manejar el prefabricado mejor, siendo estos algunos de ellos:

- ∞ Perno de izaje.- Perno metálico que atraviesa al prefabricado donde se requiera para que la sujeción sea articulada.
- ∞ Balancín.- Elemento generalmente metálico colocado en forma horizontal de donde se sujetan los estobos que permiten tomar la pieza de varios puntos, de tal forma que no le cause flexiones excesivas a la misma.
- ∞ Tiford.- Malacate mecánico-manual para jalar la carga desde el punto deseado.
- ∞ Grilletes.- Anillos que sujetan los cables de izaje (estobos) de las orejas o insertos de los prefabricados.

<sup>5.2</sup> El caso de las cualidades de los equipos para realizar el montaje no es tema de desarrollar el trabajo de tesis, pero como futuro ingeniero civil, considero que es de suma importancia para la producción misma de la obra a realizar conocerlas.



∞ Estrobos.- Cables de acero que sujetan al elemento ya sea del accesorio instalado previamente desde la fabricación del elemento, o bien, sujetándolo directamente con estos como se muestra en la Fotografía 5.2.4.

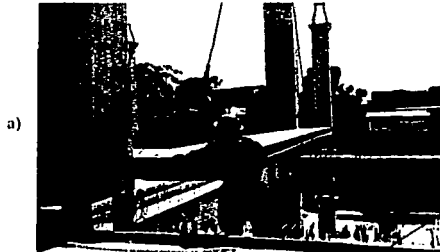


Fotografía 5.2.4 Izaje de sistemas de piso prefabricados. a)Montaje de una trabe "TT". b) Montaje de una losa extruida.

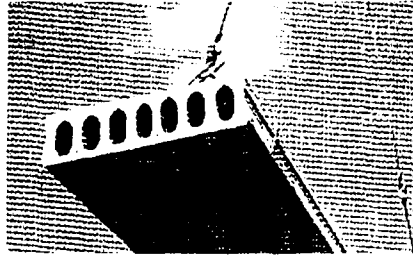
Las características de cada uno de estos accesorios estarán en función de las características de las piezas; dimensiones, peso, etc. y de las características de montaje de la misma, como es la altura, el espacio de maniobra, etc. Los puntos de suspensión de los elementos, se eligen de tal manera que las solicitaciones que se produzcan mientras se realiza el izamiento de las piezas sean aceptables, brindando la seguridad conforme se elevan dependiendo del diseño.

El izado y manejo de los miembros, deben considerarse como solicitaciones dinámicas. Los estrobos para izar y manipular las piezas se diseñan con factores de seguridad muy altos (aproximadamente =6), por el balanceo y los giros que puede dar la pieza, mismos que pueden propiciar esfuerzos de flexión y aplastamiento en el concreto excesivo en el elemento.

Para facilitar el viraje es conveniente recurrir a dos cuerdas (estrobos) o cables guía ya sean en la pieza o sobre las eslingas.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



b)

Fotografía 5.2.5 Izaje de losas extruidas. Sujeción de las losas por medio de estrobos.

#### 5.4. – Conexiones y Anclajes.

##### 5.4.1 - Conexiones.

Cada obra con características muy particulares, origina un sistema constructivo especial donde se presentan actividades específicas, cuyas soluciones implican muchas veces el desarrollar métodos poco conocidos. El tema de las conexiones al que se hace mención en este trabajo, es las que se presentan en los sistemas de piso prefabricados.

Las conexiones a las que nos referimos son donde se unen dos piezas prefabricadas, estas ocurren muy raramente cuando se trata de estructuras coladas en sitio; sin embargo para la prefabricación es uno de los retos a cubrir día con día. Las construcciones prefabricadas se asemejan a las de acero, pues la estructura final consiste en el ensamble de un gran número de elementos prefabricados que son conectados en el lugar de la obra.

En el caso particular de los tableros prefabricados, el diseño de las juntas y/o conexiones con los demás elementos, como son las travesantes o de rigidez de las estructuras prefabricadas-presforzadas tienen gran importancia, porque a este tipo de estructuras se les debe procurar dar continuidad para que su comportamiento sea íntegro.

Las conexiones en los elementos prefabricados constituyen uno de los problemas más imperantes en este tipo de procesos constructivos, enfatizando el cuidado que se debe procurar a los elementos, pues estas deben brindar a la estructura la ductilidad que requiere. Estas se pueden detallar de tal forma que transmitan y distribuyan las fuerzas de gravedad, una combinación de estas últimas con fuerzas horizontales, así como los momentos adicionales a estas acciones.

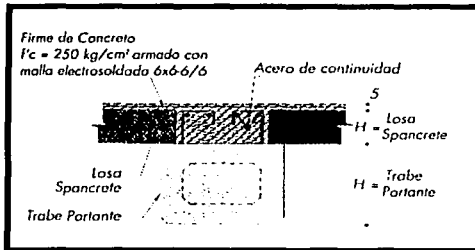


En última instancia se obtiene una estructura continua similar a la de las construcciones coladas in situ gracias a las conexiones precisas, logrando la continuidad mediante el empleo apropiado de dispositivos metálicos especiales, refuerzo de continuidad y concreto, para transmitir los esfuerzos de tensión, compresión y cortante en la estructura.

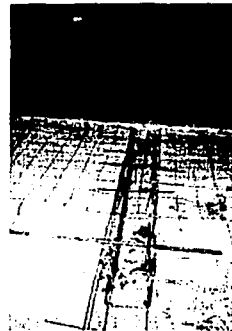
Las estructuras se diseñan para resistir las acciones a las que estará sometida, de no ser así, estas pueden estar sujetas a elementos mecánicos no previstos y por ende su comportamiento no será del todo deseable. Generalmente en las conexiones se tiene la incertidumbre de su comportamiento real, porque además de los esfuerzos que se transmiten de un elemento a otro, existen otros esfuerzos locales producidos por cambios volumétricos, producidos por la variación de la temperatura o flujo plástico en el concreto; que en ocasiones suele ser el más problemático.

Es necesario diseñar las conexiones con factores de carga adicionales a los ocupados en los diseños de las piezas; dependiendo directamente esa constante de la carga de diseño, del tipo de conexión y la experiencia del proyectista. Normalmente los factores de carga varían de 1.1 a 1.33 para el diseño elástico del miembro y de 1.5 para cargas accidentales en un diseño plástico. Mas sin embargo, hay quienes también para proyectar una conexión, utilizan los factores de diseño elástico para una estructura (1.4 para carga muerta y 1.7 para carga viva).

Cuando se fabrica el elemento que soportará al sistema de piso, se dejan preparaciones de acero insertadas en la pieza antes de hacer el montaje del elemento. Enseguida de haber efectuado el montaje se prepara la junta para la conexión (junta fría) donde posteriormente se refuerza y se cuela con un concreto de alta resistencia, debiendo ser excelente su relación agua-cemento, obligando a que sea mayor su  $f'c$  que la del concreto del elemento.



a)



b)

Figura 5.4.1.1 Conexión de trabe una portante prefabricada con losas extruídas. a) Descripción de la conexión. b) Aplicación en obra de la conexión.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





Lo que se trata de conseguir con este tipo de conexiones, es dar una unión completa entre los elementos estructurales, necesitando para ello una serie de cuidados importantes y habilidades que estos mandan a la hora de estar manufacturando las losas.<sup>5.3</sup>

En muchas construcciones precoladas, se usan placas de asiento ancladas adecuadamente dentro de los miembros, sirviendo para conectar y asegurar la distribución y uniformidad razonable de las presiones de apoyo. Si estas placas de asiento son de acero, las placas a las que se conectan se soldaran, obteniendo como resultado una conexión bastante dúctil transmitiendo los esfuerzos ocasionados por las fuerzas horizontales y gravitatorias.

Las conexiones que sean diseñadas (rigidez o articuladas) para los fines de continuidad deben cubrir cierto requisitos, entre los cuales se pueden identificar los siguientes:

- ∞ Ductilidad<sup>5.4</sup>.
- ∞ Seguridad.
- ∞ Rigidez.
- ∞ Estabilidad ante el montaje.
- ∞ Resistencia al intemperismo y al fuego.
- ∞ Precisión geométrica.
- ∞ Sencillez de elaboración y economía.

El diseño adecuado y económico de las conexiones de concreto prefabricado-presfuerzo requiere de:

- ∞ Un análisis óptimo en la producción del concreto prefabricado.
- ∞ Erección eficiente en los elementos.
- ∞ Procedimientos generales de diseño bien establecidos.
- ∞ Tolerancias geométricas del miembro controladas.
- ∞ Adaptaciones de los sistemas posibles de carga.

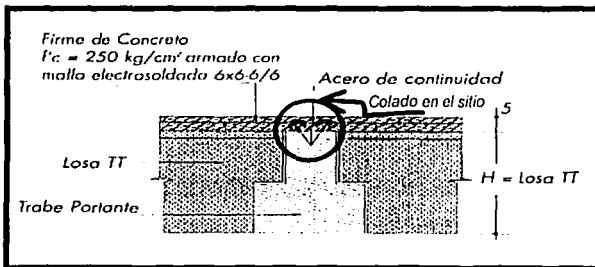


Figura 5.4.1.2. - Conexión de trabe portante "TT" invertida con sistemas de piso basado en travesaños "TT".

5.3 En ocasiones el uso de los tableros prefabricados y de manera general la prefabricación, como proceso constructivo crea incertidumbre en el comportamiento dúctil y resistente de la estructura, produciendo desventajas en comparación con los sistemas convencionales. La incredulidad de los diseñadores propicia no usar este tipo de elementos, haciendo que en los usuarios se produzca desconfianza en el uso de los mismos.

5.4 Memorias del 1er Encuentro Latinoamericano de la Prefabricación y el Presfuerzo. Comportamiento de tres tipos de conexiones viga-columna de elementos prefabricados. Dr. Sergio Alcocer, M en I. Rene Carrazza y D. Pérez Nazarete. Veracruz. Ver. 2001.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Al reglamentar las conexiones en su diseño, se mejora el control de calidad de los sistemas de piso prefabricados-presforzados, pues de ello depende el aseguramiento y la credibilidad de la utilización de elementos prefabricados, al propiciar capacidades de deformación adecuadas en las conexiones.

Las formas mas comunes de efectuar las conexiones en los elementos horizontales estructurales son:

- ∞ Por gravedad.
- ∞ Soldadas.
- ∞ Con pernos y placas de acero estructural.
- ∞ Colados en sitio.

Siendo esta última la mas simple y económica para obtener un comportamiento monolítico favorable de la estructura prefabricada, diseñándose para condiciones de carga viva de distribución uniforme, para cargas muertas y vivas sobre puestas y para cargas repetidas como son los sismos.

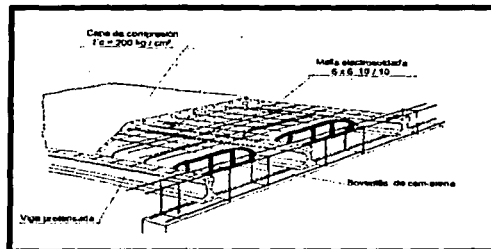


Figura 5.4.1.3 Conexión colada en sitio en un sistema vigueta y bovedilla.

Se ha llevado a cabo una cantidad substancial de trabajos por grupos de orientación industrial con relación a la formulación de recomendaciones de diseño, al establecimiento de detalles y conexiones estandarizados por el código del ACI, PCI y el Reglamento de Construcciones de Distrito Federal, en sus Normas Técnicas Complementarias. Actualmente en el instituto de ingeniería de la UNAM se ensayan especímenes que han dado buenos resultados en relación ha este tema que es vital en las estructuras prefabricadas.

#### 5.4.2. - Anclajes.

En los elementos horizontales de concreto presfuerzo, la fuerza pretensora se incluye como una carga concentrada que actúa a menudo sobre una relativamente pequeña parte del peralte total del miembro, introduciéndose de manera gradual a través de la longitud efectiva de transferencia. En tanto que en las losas postensadas con anclajes mecánicos, la carga se aplica en la cara extrema.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

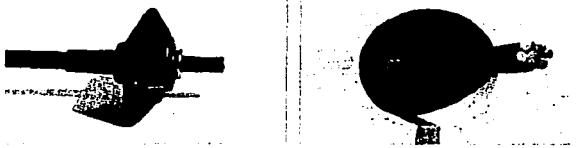


En ambos casos, la distribución del esfuerzo de compresión en el concreto se manifiesta de forma lineal, adecuándose a la requerida por la excentricidad total de las cargas aplicadas después de una distancia a partir del extremo de la placa, aproximadamente igual a su peralte.

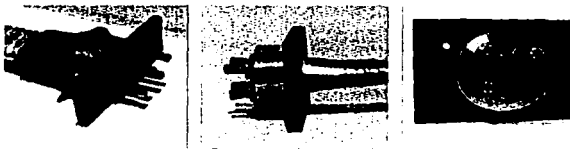
La transición del esfuerzo longitudinal de compresión, de su estado concentrado linealmente distribuido, produce esfuerzos de tensión transversales y verticales que pueden conducir al agrietamiento longitudinal del elemento, pero esto no sucede gracias al balance de acero que se tiene en el elemento.

En losas con tendones postensados se utilizan bloques extremos a fin de distribuir las fuerzas concentradas producidas por el acero de presfuerzo en el anclaje. En los tableros pretensados se pueden omitir los bloques extremos. Estos bloques extremos (placas de anclaje) deben tener suficiente resistencia para soportar los embates a las fuerzas de las que están expuestas, así como del suficiente espacio para permitir la colocación del acero de presfuerzo para alojar los dispositivos de anclaje

A continuación en las siguientes Fotografías 5.2.6 y 5.2.7 se muestran los dispositivos de anclaje que se utilizan en los postensados.



Fotografía 5.2.6 Dispositivos de anclaje mono-toron para el sistema de postensado sin adherencia.



Fotografía 5.2.7 Dispositivos de anclaje multi-toron para el sistema de postensado con adherencia.

A estos dispositivos se les proporciona un refuerzo adicional en la ubicación de la placa para poder desafiar los esfuerzos a la ruptura y estallamiento, colocando para este fin, una parrilla transversal formada por barras verticales y horizontales con la separación y cantidades recomendadas por el proyectista y/o fabricante de las placas de anclaje.



Los esfuerzos que propician el aplastamiento en las zonas de anclajes, no deben exceder los límites de falla de agrietamiento del concreto o de la resistencia a la compresión del mismo. En el caso de los tendones pretensados, deben ejercer su adherencia mas allá de la sección crítica para no dañar la sección del tablero en los extremos.

Los sistemas de anclajes empleados con cables no adheridos, deben satisfacer los requerimientos de las pruebas estáticas y dinámicas, e incluso muy por encima de las cargas que se pueden presentar durante un sismo de gran intensidad, cumpliendo con los requisitos de soporte de fallas manifestado a los 500'000 ciclos, es decir, entre el 60 y 66 % del especificado en la resistencia a la ruptura mínima del cable.

Los anclajes necesitan estar arreglados de forma que la rapidez en su colocación se demuestre al momento de ejecutar el proyecto. Los anclajes al igual que las conexiones son importantes en la elaboración de obras donde se soliciten sistemas de piso presforzados-prefabricados.

#### **5.5. - Comportamiento ante cargas cíclicas y/o accidentales de las estructuras de Concreto Prefabricado-Presforzado.**

Estos elementos ofrecen mejoras al ser elaboradas en plantas con alto grado de control de calidad, donde posteriormente son transportados y montados en obra unidos con elementos mecánicos resistentes capaces de deformarse; como son la soldadura o colados en sitio. Sin embargo existen factores que hacen que este tipo de obras pueda tener un riesgo mayor que las estructuras tradicionales de concreto colado en sitio y de acero.

Uno de los grandes obstáculos que el concreto prefabricado enfrenta es la creencia, no siempre justificada, del desempeño de sus conexiones y el comportamiento en general de las estructuras, pues se cree que no son adecuadas ante cargas cíclicas como las que se presentan en un sismo. Hay que reconocer que estas estructuras han sufrido proporcionalmente los mismos daños que otros sistemas estructurales, y no por ende son intrínsecamente mas vulnerables.

Por otro lado, la gran densidad poblacional que existe en la ciudad de México, así como los intensos sismos que ocurren en el país, han propiciado que la industria de la construcción sea mas cautelosa para abatir estos inconvenientes. Esto se ha reflejado en la creación de estructuras de concreto prefabricado razonablemente mas seguras y de buena calidad.

La estructuración de edificios de varios niveles y naves industriales donde las losas o travesaños están simplemente apoyadas sobre las columnas o sobre las ménsulas de estas, solo están diseñadas para resistir la flexión positiva provocada por las cargas verticales, por ello es imperante proporcionar la suficiente resistencia, rigidez y ductilidad a las conexiones en el diseño de las estructuras prefabricadas.

En comparación con una estructura de concreto reforzado la de concreto prefabricado posee poca capacidad de disipación de energía al comportarse elásticamente.



Para ello se debe cuidar que el sistema no sea muy flexible y que los apoyos tengan dimensiones generosas, pues los desplazamientos en la parte superior de las columnas serán muy grandes y podrían perder sustento los elementos ahí apoyados.

En los elementos como losas o cubiertas prefabricadas que son simplemente apoyadas, se deben procurar las concentraciones de esfuerzos en los soportes causadas por irregularidades en el acabado del apoyo. Esto se logra produciendo superficies de contacto planas; ya sea con un adecuado control de calidad, con elementos metálicos embebidos en las superficies de apoyo, con placas de neopreno, con materiales semejantes entre los elementos, o bien dejando una superficie rugosa en el apoyo para su consecuente conexión.

Otro mecanismo para cuidar las estructuras prefabricadas son los diafragmas, los cuales son los responsables de repartir la fuerza sísmica entre los distintos elementos verticales. Los diafragmas deben ser prácticamente indeformables y estar perfectamente ligados al sistema sísmo resistente. El efecto de diafragma rígido en estructuras prefabricadas se logra con la capa de compresión coladas en el sitio, cuyo espesor mínimo y recomendado por el fabricante es de 5 cm.

En el caso específico de los postensados, el desempeño que tienen las estructuras por ser coladas en el lugar y monolíticas, acreditan más aún la utilización de este tipo de sistema ante los embates de un sismo, enfatizando que el acero de presfuerzo posee poca capacidad de disipación de energía. La curva histerética de deformación ante carga repetida adquiere forma de S (figura 5.5.1) mostrando que es pequeña dicha deformación.

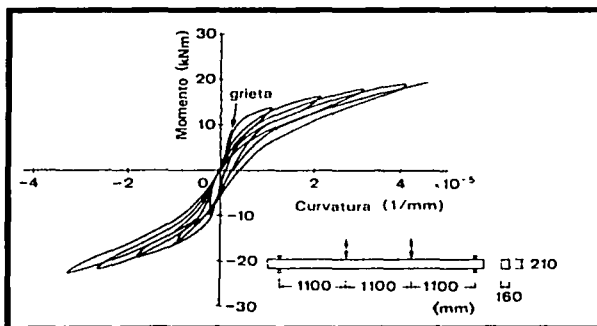


Figura 5.5.1 Relación de momento-curvatura en una viga de concreto presfuerzoado.

El esfuerzo que se presenta en un cable no adherido de presfuerzo, se distribuye uniformemente a lo largo de su longitud, por lo que el cable disipa muy poca energía, siendo no deseable para la resistencia sísmica.

Al concebirse una estructura prefabricada se deben diseñar conexiones más económicas que sean capaces de soportar y transferir las combinaciones de carga entre los elementos estructurales que la conforman.



El correcto diseño de los elementos será indispensable para que la estructura trabaje y se comporte de acuerdo al modelo matemático y físico, con el cual se desarrollo el análisis estructural.

En el comportamiento de las estructuras de concreto presforzado, siempre que las deformaciones a la compresión de concreto no hayan sido demasiado grandes durante el proceso de carga, las grietas desarrolladas en este tipo de miembros, se cerraran de nueva cuenta y las deformaciones regresarán a casi cero cuando se retire la carga.

Desde este punto de vista, las estructuras de concreto presforzado se deben diseñar para cargas amplificadas, dotándose de una gran capacidad suficiente de deformación, aun para miembros no estructurales, permitiéndoles lograr deformaciones considerables y de mayor capacidad y resistencia.

El uso de varillas de refuerzo ordinario junto con el acero de presfuerzo en las estructuras prefabricadas, hace que el comportamiento estructural sea similar al de una estructura monolítica de concreto reforzado, mejorando la capacidad de resistencia sísmica.

La ductilidad de los miembros de concreto presforzado varia con la cantidad y la posición del acero presforzado. Algunas veces, la ductilidad se puede mejorar añadiendo acero de refuerzo en ambas caras de una sección presforzada.

#### **5.6. - Mantenimiento y control de las deflexiones y grietas en la aplicación del Presfuerzo en los Sistemas de Piso.**

Los miembros de concreto presforzado como los sistemas de piso, típicamente son mas esbeltos que los de concreto reforzado, debido al uso de materiales mas resistentes y técnicas mas refinadas de diseño y construcción. Para las relaciones que se utilizan de carga muerta-viva que se emplean en claros grandes, el tópicos de las deflexiones son de gran importancia.

Las condiciones de interés principal se enfocan en las deflexiones debidas a los efectos combinados del presfuerzo, de la totalidad de la carga de servicio y de la carga que le trasmite la carga viva.

Para muchos miembros, particularmente para aquellos diseñados para la totalidad del presfuerzo; las dificultades que se presentan en estos casos es una excesiva deflexión hacia arriba (contraflecha) o combeo, la cual se incrementa con el tiempo debido al flujo plástico del concreto. El combeo excesivo en los tableros para cubiertas pueden interferir con el drenaje pluvial apropiado.

En el caso de los entrepisos, los desplazamientos excesivos hacia arriba o hacia abajo, pueden producir el agrietamiento de muros divisorios u otros elementos no estructurales; uniones defectuosas en ventanas o puertas o posibles movimientos inesperados en maquinaria sensible. En algunos casos el desplazamiento vertical diferencial como el que existe entre las unidades de piso precoladas adyacentes, es producido por la variación no intencional de las propiedades de los materiales, por la fuerza pretensora y la excentricidad, pues pueden conducir a problemas de consideración.



Esto puede ser causa de la máxima deflexión al centro de un panel de losa, propiciado normalmente, cuando la carga viva actúa en dicho panel y no en los paneles adyacentes. La estimación de las deflexiones se debe basar en los momentos positivos calculados junto con los momentos negativos en los apoyos que son estáticamente consistentes.

Mediante el presfuerzo es posible controlar las deflexiones de manera significativa. Una vez que la sección transversal de cualquiera de los tableros presforzados pueda concebirse de manera mas rígida, si fuese presforzada que si solo fuese simplemente reforzada. Con estos antecedentes se conjuga la reducción del agrietamiento, lo cual significa que toda o casi toda la sección transversal sea efectiva para la contribución al momento flexionante.

Las deflexiones netas en los elementos presforzados durante el servicio del mismo, puede minimizarse, o mas aun, eliminarse totalmente mediante el balanceo de los momentos inducidos por las cargas aplicadas y por los momentos del presfuerzo actuando en sentido opuesto.

Sin embargo, la predicción de la deflexión en miembros presforzados se complica con la reducción gradual de la fuerza presforzante, debido a las pérdidas y a los cambios en la curvatura del elemento causado por el flujo plástico al que se ve sometido el concreto.

Al considerar el efecto que tienen las deflexiones, se puede notar que la existencia de las cargas de equilibrio, se obtienen combinando la acción del presfuerzo y las cargas transversales de larga duración, de manera que esta latente la presencia de una compresión uniforme en todas las secciones del concreto. Para esta derivación se anularían los efectos del flujo plástico en las deflexiones y estas pueden mantenerse casi nulas. Este dato del balanceo de cargas constituye información muy útil para el diseño de los elementos presforzados y en nuestro caso para las losas presforzadas.

Ahora, los elementos de concreto presforzado en los cuales pueden aparecer grietas bajo cargas de trabajo, se usan con mucha frecuencia. Las grietas se, forman en este tipo de elementos cuando el esfuerzo de tensión excede el módulo de ruptura del concreto ( $6\sqrt{f_c}$  a  $9\sqrt{f_c}$ ), en condiciones a corto plazo. El control de las grietas es necesario mas que nada por razones estéticas. El ancho de una grieta residual, después de suprimir la mayor parte de la carga viva es pequeña comparada con la de un elemento de concreto reforzado (aproximadamente 0.03 a 0.08 mm.), por lo que no sería necesario si la carga viva es transitoria.

Las grietas longitudinales se presentan con frecuencia en las zonas de los anclajes en los elementos de concreto presforzado, debido a los esfuerzos por tensión transversal formados por la concentración de fuerzas. Tales grietas pueden conducir al miembro a la falla, siendo necesario para este fin el refuerzo transversal a fin de restringir el agrietamiento presentado.

El control de la flexión en el diseño y la predicción de las deflexiones, se puede lograr con grados de precisión muy exactos, pues dependen de la naturaleza e importancia de la obra. Enseguida se muestran algunos perfiles de las posibles deflexiones originadas en los elementos presforzados.

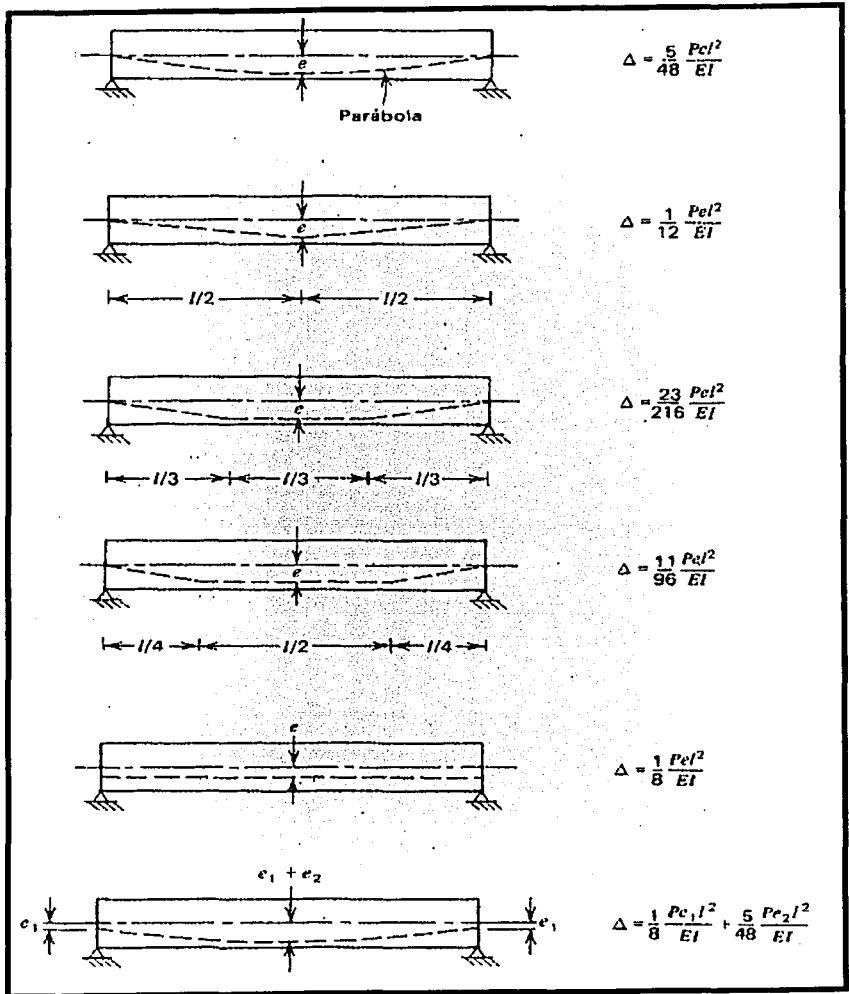


Figura 5.6.1. Perfiles de vigas presfuerzadas mostrando su deflexión estimada.





CAPITULO VI: EJEMPLO  
APLICATIVO DEL  
PROCESO CONSTRUCTIVO  
DE UNO DE LOS SISTEMAS  
DE PISO.

-POSTENSADO-

OBRA:

“EL MIRADOR”.



## **CAPITULO VI.- Ejemplo aplicativo: Proceso constructivo de uno de los Sistemas de Piso (Postensado – Obra “ El MIRADOR”– Utilización de monotorones en losas aligeradas).**

**Objetivo Particular:** Mostrar la aplicación del Presfuerzo en los Sistemas de Piso en una obra realizada, así como el desarrollo y ejecución de la misma.

### **INTRODUCCIÓN:**

La utilización del presfuerzo en los sistemas de piso ha demostrado en sus diferentes aplicaciones, una gran diversidad que se puede tener en estos elementos estructurales.

En este capítulo se tratará de dar una mejor perspectiva en su utilización, abocándonos para ello de una manera simple y didáctica para que el material de tesis aquí presentado, sirva no únicamente a la gente interesada en materia de estructuración de los sistemas de piso presforzados-prefabricados; sino también a toda aquella que este íntegramente relacionada con el ámbito de la construcción, enfatizando de ante mano que el contenido de este trabajo puede ser ahondado en todos los sentidos que le competan, permitiendo de igual forma que aquellos interesados puedan valerse del mismo trabajo para poder decidir que tipo de sistema de piso emplear en sus obras a construir, significando para nosotros, que bien a valido la pena realizar este trabajo; lo cual nos daría mucho gusto.

La utilización de este material –acero de presfuerzo- se ha creado con la única finalidad de cubrir las demandas de productividad y eficiencia en la industria de la construcción, siempre con el propósito de superar las expectativas que los usuarios exigen en cuestión de calidad, competitividad optimización en costos y tiempo de ejecución de obra, demostrándolo a través de alta ingeniería, tecnología de punta y calidad en los servicios que se ofrecen al utilizar los sistemas de piso presforzados.

La utilización del presfuerzo aunada a la prefabricación en las losas, ha manifestado haber superado claramente a las de concreto reforzado por los sorprendentes beneficios que los sistemas (pretensado ó postensado) otorgan al emplearlos en obras donde los volúmenes de obra son considerables, logrando eficazmente la conjunción de aceros y concretos de alta resistencia y mucho más calidad, permitiendo obtener esfuerzos cinco veces mayores a los aceros y concretos normales, resultando con ello menores pérdidas económicas y en la ejecución misma de la obra.

Es un hecho que todos los métodos constructivos en un futuro no muy lejano, estarán basados en la prefabricación como es el caso de los campos de construcción que se han mencionado anteriormente, en donde únicamente son los recomendables a manipular en cierto tipo de obra.

Hay que estar muy conscientes de que nos falta mucho camino por recorrer en México en materia de prefabricación y de presfuerzo, reconociendo que la investigación en cuanto a este tipo de materia es muy escasa para las condiciones específicas de nuestro país, enunciando que la información que nos llega del extranjero es la única aplicable para estos fines.



## **CAPITULO VI.- Ejemplo aplicativo: Proceso constructivo de uno de los Sistemas de Piso (Postensado - Obra " EL MIRADOR"- Utilización de monotorones en losas aligeradas).**

**Objetivo Particular:** Mostrar la aplicación del Presfuerzo en los Sistemas de Piso en una obra realizada, así como el desarrollo y ejecución de la misma.

### **INTRODUCCIÓN:**

La utilización del presfuerzo en los sistemas de piso ha demostrado en sus diferentes aplicaciones, una gran diversidad que se puede tener en estos elementos estructurales.

En este capítulo se tratará de dar una mejor perspectiva en su utilización, abocándonos para ello de una manera simple y didáctica para que el material de tesis aquí presentado, sirva no únicamente a la gente interesada en materia de estructuración de los sistemas de piso presforzados-prefabricados; sino también a toda aquella que este íntegramente relacionada con el ámbito de la construcción, enfatizando de ante mano que el contenido de este trabajo puede ser ahondado en todos los sentidos que le competan, permitiendo de igual forma que aquellos interesados puedan valerse del mismo trabajo para poder decidir que tipo de sistema de piso emplear en sus obras a construir, significando para nosotros, que bien a valido la pena realizar este trabajo; lo cual nos daría mucho gusto.

La utilización de este material -acero de presfuerzo- se ha creado con la única finalidad de cubrir las demandas de productividad y eficiencia en la industria de la construcción, siempre con el propósito de superar las expectativas que los usuarios exigen en cuestión de calidad, competitividad optimización en costos y tiempo de ejecución de obra, demostrándolo a través de alta ingeniería, tecnología de punta y calidad en los servicios que se ofrecen al utilizar los sistemas de piso presforzados.

La utilización del presfuerzo aunada a la prefabricación en las losas, ha manifestado haber superado claramente a las de concreto reforzado por los sorprendentes beneficios que los sistemas (pretensado ó postensado) otorgan al emplearlos en obras donde los volúmenes de obra son considerables, logrando eficazmente la conjunción de aceros y concretos de alta resistencia y mucho más calidad, permitiendo obtener esfuerzos cinco veces mayores a los aceros y concretos normales, resultando con ello menores pérdidas económicas y en la ejecución misma de la obra.

Es un hecho que todos los métodos constructivos en un futuro no muy lejano, estarán basados en la prefabricación como es el caso de los campos de construcción que se han mencionado anteriormente, en donde únicamente son los recomendables a manipular en cierto tipo de obra.

Hay que estar muy conscientes de que nos falta mucho camino por recorrer en México en materia de prefabricación y de presfuerzo, reconociendo que la investigación en cuanto a este tipo de materia es muy escasa para las condiciones específicas de nuestro país, enunciando que la información que nos llega del extranjero es la única aplicable para estos fines.



En edificación, el sistema mixto el cual consta de crujeas basado en columnas y muros con traves coladas en el sitio y losas prefabricadas ha tenido un gran éxito. La industria del concreto prefabricado-presfuerzo en México, ha logrado un crecimiento espectacular en pocos años, dando nuevas dimensiones a la industria de la construcción.

Con plena confianza en el futuro del país, con estos sistemas se puede brindar la tecnología para la fabricación de estructuras de concreto mas económicas, manteniendo un alto nivel competitivo al compararlo con las tecnologías importadas del extranjero, satisfaciendo las prioridades exigidas por las condiciones de zonificación de nuestro país.

### 6.1. - ¿Por qué se tomo la decisión de emplear este Sistema de Piso para la realización de esta obra?

Esta obra data de un proyecto de un condominio vertical residencial, el cual consta de una estructura de dos niveles de estacionamiento, lobby, 17 niveles de departamentos de 230 m<sup>2</sup> y 350 m<sup>2</sup> cada uno y de un helipuerto, constituyéndose de esta forma de 20 losas postensadas la estructura del edificio. Se encuentra ubicada en Av. Bernardo Quintana, polígono 1, colonia la Loma Santa Fe, Del. Álvaro Obregón

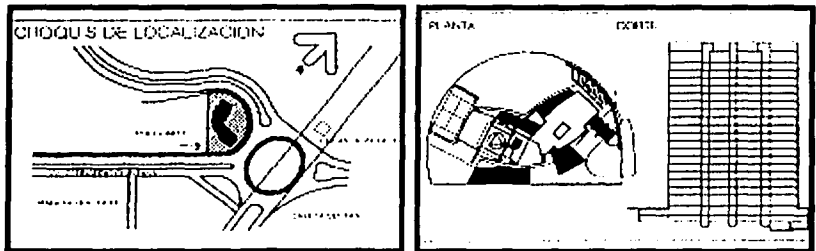


Figura 6.1 Croquis de localización, planta y corte esquemático del ejemplo aplicativo: "El Mirador"

A ciencia cierta desconozco la verdadera razón por la que la empresa contratista haya requerido este tipo de sistemas de piso en esta obra que constituirá un edificio multifamiliar residencial, pero debido a las características de la misma estructura hago la siguiente suposición del porqué decidieron emplear el postensado en las losas.

Una de ellas pudo haber sido el abatir recursos materiales y económicos en el desarrollo mismo del proceso constructivo de las losas postensadas-aligeradas, pues definitivamente se economiza el costo tanto del acero de refuerzo como del concreto, repercutiendo significativamente



en el presupuesto de quien lo realiza y del costo mismo de la obra, obteniendo así el contrato para la construcción de la misma estructura por parte de la contratista.

Otra posible razón por la cual se haya decidido realizar la construcción de este edificio pudo haber sido la cobertura de los claros que se tenían que salvar en la estructura, de modo que se aprovecharan de manera óptima los espacios que se tienen, ofreciendo a los posibles consumidores confort y comodidad en su estancia en cada uno de los departamentos.

Quizás otra y no menos importante pudo haber sido el comportamiento estructural en conjunto de toda la estructura, enfatizando que en el caso de los sismos, las fuerzas laterales se concentran en los entrepisos, los tableros reaccionan adecuadamente, tratando de absorber los esfuerzos ocasionados; de tal manera que al descargar la fuerza producida por el sismo hacia el suelo, disipando adecuadamente los embates del mismo.

La verdad es que pudieron ser muchas las razones que influyeron en la decisión de uso de este tipo de losas, pero la proeza esta decidida y es un hecho que estos sistemas de piso son rentables en todos los aspectos de la ingeniería moderna y de la arquitectura cambiante.

## 6.2. - Programa de ejecución de los Sistemas de Piso.

Originalmente cada una de las losas estaba programada para colarse cada nueve días, desafortunadamente en los procesos constructivos siempre se tienen demoras por razones que muchas veces son banales o simplemente es el negocio de la industria y eso repercutió en cierta medida para el progreso de la obra -condominio residencial multifamiliar- que se llevo a cabo. Sin embargo fuera de los contratamientos, se retomo un ritmo de construcción aceptable, a tal grado que la construcción en cuanto a la estructura, se entrego con cinco días de anticipación antes de la fecha establecida en el contrato, no causando sanciones ni multas a los constructores.

## 6.3. - Proceso constructivo.

### 6.3.1. - Preliminares.

Los trabajos preliminares que se realizaron en esta obra, son los mismos que se hacen en toda edificación tradicional, tal y como es la limpieza, despalme, desmonte, trazo y nivelación en el terreno para realizar las excavaciones del proyecto y poder hacer el desplante de la súper estructura. Como la finalidad de esta tesis es demostrar los trabajos que se efectúan en los sistemas de piso presforzados, también consideraremos dentro de los trabajos preliminares todos los conceptos que se desarrollan en la obra civil; tales como:

- ☛ Afine en cepas y taludes.
- ☛ Plantillas.
- ☛ Armado de zapatas corridas y preparaciones para muros y columnas.
- ☛ Cimbrado en cimentación.
- ☛ Colado de cimentación.



Este procedimiento constructivo repite las operaciones de armado, cimbrado y colado de muros y columnas esperando únicamente la recepción de la losa, lo cual se describe a continuación.

### 6.3.2. - Cimbrado.

El cimbrado de las losas que se produjeron en esta obra fue con cimbra metálica, conformada por tableros de diferentes tamaños para poder moldear adecuadamente la superficie que se necesitaba cubrir, aunándole cimbra común para satisfacer el cimbrado de la estructura de las losas y de andamios (torres), obteniendo una recuperación del mismo material cada vez que se efectuaba la tensión de los torones de cada miembro que conformaba el tablero postensado. Absolutamente toda la cimbra era curada con agentes desmoldantes para evitar la adherencia y absorción de agua con el concreto, evitando de esta manera el deterioro de la cimbra y la posible fisuración del concreto al momento de realizar el descimbrado de las losas.

### 6.3.3. - Trazo.

El trazo se refiere a la delimitación topográfica del armado de la losa, consistiendo en su totalidad y a grosso modo de traveses sismicas, traveses postensados y nervaduras en las dos direcciones del tablero. Esto era llevado a cabo por la brigada de topografía compuesta por el ingeniero topógrafo y dos cadeneros. Sobre la cimbra marcaban con la ayuda de un choclav los anchos de las traveses postensados y de las nervaduras en ambos sentidos, ayudando de esta manera al personal (fierros) a realizar las actividades de armado de las traveses postensados y de las nervaduras; igualmente a los carpinteros para poder nivelar el fondo de las losas adecuadamente.

### 6.3.4. - Colocación de tela de gallinero.

La colocación de la tela de gallinero únicamente se realizó en las losas correspondientes a los estacionamientos, con el fin de dar un acabado aparente y confinar la mezcla del fluidocreto sin que se evitaran contracciones plásticas en esta mezcla, creando un plafón permanente en la parte inferior de la losa. La tela era colocada por los oficiales albañiles y por una cuadrilla de cuatro ayudantes.

### 6.3.5. - Armado.

Una vez debidamente cimbrada y ubicada la posición de cada elemento que formaría al sistema de piso, los fierros entraban en acción para formar el esqueleto de la losa postensada, reforzando cada uno de los elementos cuyo diseño estaba preestablecido por el proyectista de los sistemas de piso, cuyos elementos estructurales eran traveses sismicas, traveses postensados y nervaduras, produciéndose de este modo el aligeramiento de la losa y la rigidez del tablero.



### 6.3.6. - Colocación del Presfuerzo.

La colocación del presfuerzo consistió en colocar dentro del elemento estructural, el acero de presfuerzo, en cuyo caso se especificó los diámetros de toron que se utilizaron para este caso fue de .5" y .6".

La cuadrilla que estaba al frente de la colocación del presfuerzo, se encargaba de abrir y cerrar los trabajos que los fierros realizaban, colocando debidamente el toron conforme a la traza de proyecto, fijando el cable de presfuerzo con alambre recocido en los puntos de apoyo de las coordenadas obtenidas en el calculo del proyectista, previamente instaladas por esta misma cuadrilla.

Fijando por un extremo el muerto de anclaje (pasivo) sobre el eje neutro, continúan con la traza del acero de presfuerzo, fijando posteriormente la placa de anclaje (activo) donde se produciría el tensado del cable, reforzando ambos anclajes con un gato de refuerzo o algún arreglo especial, para que en esta zona donde se origina la fuerza pretensora, no se propicien grietas que puedan perjudicar el miembro durante su vida útil.

### 6.3.7. - Capa de fluidocreto.

La capa de fluidocreto es una mezcla de concreto cuya diferencia con el concreto normal es el agregado grueso. Este agregado en vez de ser de  $\frac{3}{4}$ " es aproximadamente de  $\frac{1}{4}$ " a  $\frac{1}{2}$ ", con revenimientos altos de  $\pm 18$  cm y con un f'c alrededor de 200 a 250 kg/cm<sup>2</sup>. Esta capa fue aplicada en los dos niveles de estacionamiento, propiciando en la parte inferior de la losa un acabado aparente, reduciéndole en el proceso a la contratista en los falsos plafones que en ocasiones se utilizan en este tipo de losas, y mas aún en losas de estacionamientos.

### 6.3.8. - Colocación de Poli-estireno (casetón).

El poli-estireno funge para aligerar considerablemente la carga muerta de las losas, a la vez que modulan el elemento que se pretende formar en el sistema de piso postensado, reduciendo con todo esto la cantidad de concreto que se utilizaría para moldear las losas. Así pues, la utilización del casetón de poli-estireno permite junto con el presfuerzo una reducción de los insumos en los elementos horizontales como es el caso de los sistemas postensados.

### 6.3.9. - Tendido de malla electro soldada.

El tendido de la malla electro soldada es colocada sobre la superficie de la losa postensada, creando de esta manera el refuerzo mínimo que se solicita en la capa de compresión, formando el efecto de diafragma que se necesita para que la losa interactúe íntegramente con el presfuerzo y refuerzo, manteniendo las características idóneas de respuesta estructural y sobre todo los requisitos



y especificaciones de proyecto, solucionando de manera rápida y sencilla esta tarea de refuerzo con este tipo de material. El tipo de malla que se utilizó en el firme de compresión en esta losa postensada fue 6\*6-10/10 D. La ejecución de este trabajo la realizaban la mayoría de las veces los fierros; pero no descartamos que este trabajo también lo puedan realizar los albañiles; incluso puede ocuparse a la cuadrilla de ayudantes con que se cuente.

### 6.3.10. - Colado de concreto.

El colado del concreto se llevo a cabo como se produce cualquier colado, la diferencia es que en este tipo de tareas a ejecutar, se requirió de mas personal que el acostumbrado para el colado de otros elementos, ya que las superficies eran considerablemente grandes.

Para tal efecto se utilizaban bombas estacionarias, estas eran desplazadas según el avance del mismo colado. Se atacaba el colado de la superficie por dos frentes cerrando por las partes externas de la misma superficie, permitiendo que la zona donde se presentaba el fraguado del mismo concreto, una cuadrilla de oficiales allanaran esa superficie.

En los dos primero niveles de losa destinados para los estacionamientos, se realizaron trabajos de pulido integral; esto fue ejecutado por el subcontratista de los pisos especializado, mostrando con ello la tecnología que se emplea en el acabado aparente de un piso. En toda la estructura incluyendo cimentación, muros y columnas, se utilizó concreto estructural con un  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  de fraguado rápido, ratificando el rápido descimbrado y recuperar la cimbra lo antes posible, con el propósito de dar el avance esperado por la empresa contratista, pues al obtener estos resultados urgentes garantizaban el tiempo óptimo para llevar a cabo el tensado del presfuerzo.

### 6.3.11. - Curado de la Losa.

En los niveles de estacionamiento del inmueble, al ser aparentes se utilizó el curado con vapor, el propósito fue dar el acabado perfecto desde ese mismo momento sin tener que reparar posteriormente el pulido del piso, y para que no aparecieran grietas superficiales por la hidratación del concreto. En las siguientes losas no se tuvo el mismo curado, pues no se requería del pulido del firme de compresión; sin embargo, también fueron curadas las losas con baños de agua cada dos horas, de tal manera que se cubriera la totalidad de la superficie y poder re-hidratar el concreto.

### 6.3.12. - Tensado del Presfuerzo en los elementos que constituyen la losa.

El tensado del acero de presfuerzo se realiza tan pronto el concreto alcanza la resistencia de diseño, esta correspondió al 70 % del  $f'c$ , aproximadamente dos horas después del colado de la losa empezó a dar reacción de fraguado el concreto.





Por disposición del reglamento del ACI y el reglamento de construcciones en sus normas técnicas complementarias establecen desarrollar el 100 % de la fuerza presforzante a esta edad del concreto sin que se propicie algún indicio de flexión o contraflecha pronunciada en la losa.

Posteriormente después de haberse realizado la transferencia del presfuerzo en la losa, a los tres días se descimbraba y apuntalaba en los tercios del claro en los elementos primarios (trabes) y se amadrinaba a los cuartos en el centro de los tableros, permitiéndole a la superficie de la losa alcanzar la totalidad de la resistencia de diseño; consiguiendo la optimización de la cimbra y aprovechando la misma para los futuros colados de los siguientes niveles de losa.

### **6.3.13. - Corte del acero de Presfuerzo a ras de paño.**

El corte del acero de presfuerzo se ejecuta una vez que se haya liberado la zona de la losa por la supervisión que lleva cabo, esta labor revisada previamente por topografía, el laboratorio encargado del control de la mezcla y el corresponsable en seguridad estructural; ya que no se debe por ningún motivo proceder a cortar la saliente del tendón mientras no se autorice este trabajo por la supervisión, pues debemos resaltar que pueden presentarse errores de carácter humano y en ocasiones de proceso constructivo o en los materiales, representando para la empresa contratista una total desacreditación por el trabajo realizado en sus futuros labores que se efectuaran dentro del mismo proyecto.

### **6.3.14. - Protección contra la corrosión e intemperie.**

La protección a la que se refiere este sub-capítulo es a la protección que se le da al acero de presfuerzo contra cualquier agente de intemperismo, evitando que el tendón principal de la losa no se vea afectado por ninguno de estos agentes. Para esto se inyecta un mortero compuesto arena-cemento (1:4) con aditivo estabilizador de volumen no ferroso, el cual certificará que no se afecte al tendón de presfuerzo. En caso de que se especifique, se ocupará resina epóxica no dañina para acero de presfuerzo, o bien solucionar esta actividad con taponés de polietileno o neopreno que impidan la corrosión del tendón.

### **6.3.15. - Acabado del Sistema de Piso.**

El acabado del sistema de piso, consta del terminado que se le dará al mismo, previamente habiendo realizado los conceptos del proyecto en cuanto a instalaciones hidro-sanitarias y eléctricas, que en cuyo caso se requieren hacer estas tareas antes de finalizar la obra. Según los acabados que se le vayan a dar a las losas y el avance obtenido, se procederá a efectuar el ciclo en las diferentes etapas de los acabados del condominio. De esta manera entrará en servicio el condominio, constatando la oportuna eficiencia que imparten estos **Sistemas de Piso**.



#### **6.4. - Supervisión del Proceso constructivo.**

##### **6.4.1. - Interna.**

La supervisión interna efectuada en cada uno de los conceptos del catalogo, se realizó por los residentes, el superintendente, el gerente y el director de construcción de la obra, resaltando que el subcontratista en la aplicación del presfuerzo, esta obligada a inspeccionar junto con su personal el desarrollo de la misma colocación de los tendones de presfuerzo conforme a lo preestablecido por el proyectista de los sistemas de piso ó por el proyectista general, que en este caso fue realizada con apego al proyecto.

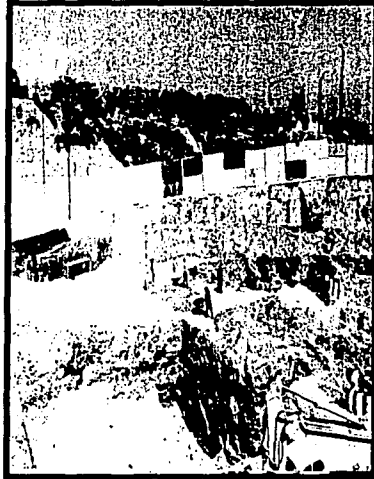
##### **6.4.2. - Externa.**

En esta obra se contó con la supervisión de un corresponsable en seguridad estructural para los trabajos comprendidos de la obra negra y por personal técnico de la delegación, asumiendo la responsiva de los trabajos por medio de notas de bitácora de obra, una vez que se consideraban las observaciones que estos hacían al personal técnico; a su vez a los subcontratistas involucrados en las labores del proyecto, se les otorgaba el visto bueno de conformidad expresamente por medio de bitácora, recibiendo de entendido por los dirigentes de la obra su correspondiente copia de nota de bitácora, satisfaciendo la exigencia de calidad que denota un proyecto tan importante como lo fue esta obra.

A continuación se muestra parte del progreso de esta obra en la cual se muestran los trabajos que se ejecutaron en la misma, de modo que sea ilustrado el proceso constructivo. A decir verdad no hay lugar para las indisposiciones que se presentan en el desarrollo y ejecución de un proyecto de esta naturaleza; es por ello que la simplificación de estos quehaceres siempre dependen del control que se tenga a nivel gerencial.

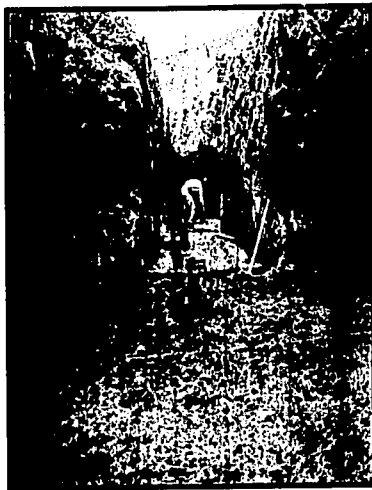


Proceso Constructivo.



Fotografías 6.3.1. - Preliminares. Nivelación, corte y excavación, de cepas para cimentación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



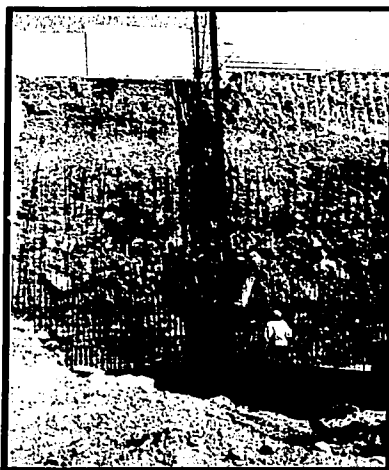
Fotografías 6.3.2 Afine de taludes, elaboración de plantillas y armado de cimentación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fotografías 6.3.3 Armado, cimbrado y colado de cimentación. Relleno de cepas y cimbra en muros de contención.

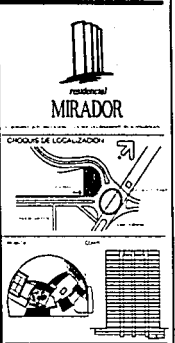
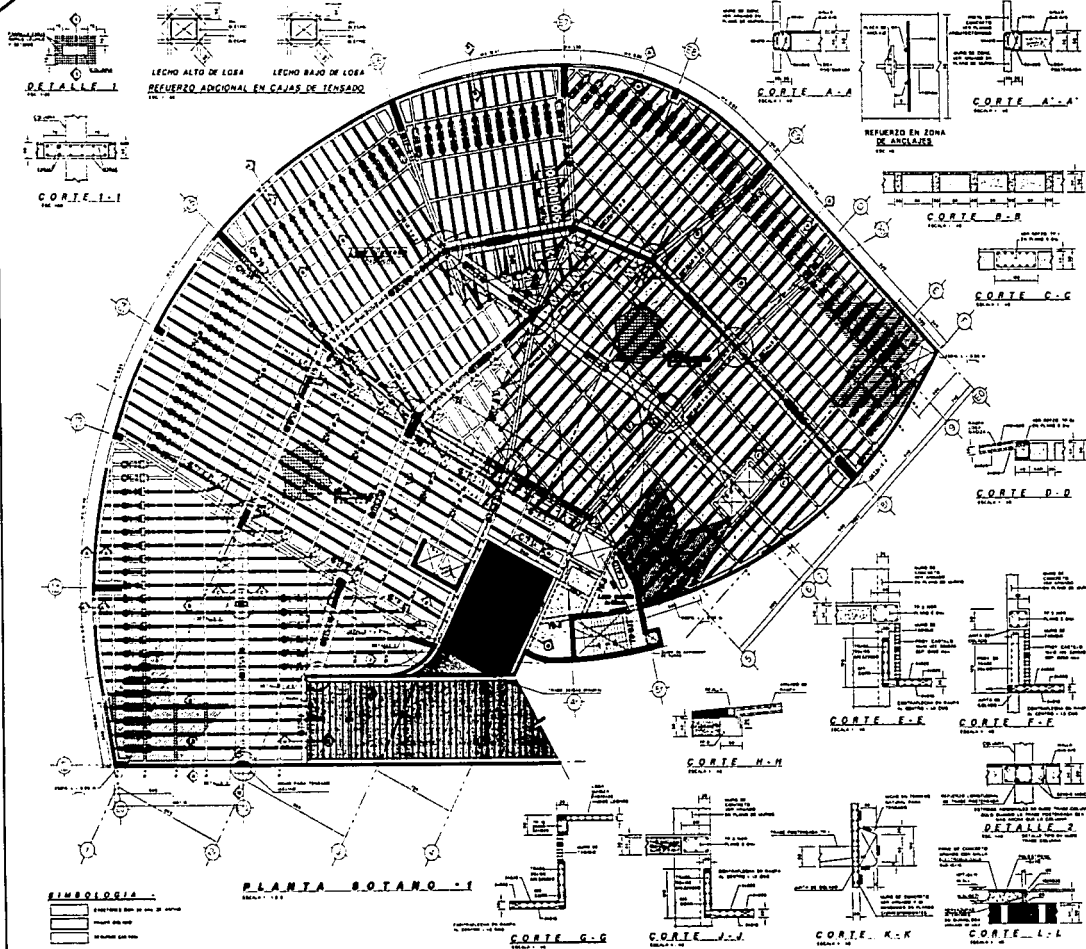
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fotografías 6.3.4 Armado de muros de contención y soldadura en acero de refuerzo en  $\emptyset \geq \text{No } 8=1''=2.54 \text{ cm.}$  en zapatas, columnas, contrarabes y muros.

A continuación se mostraran los planos de cada una de las losas y unos cortes para describir aún mas a la estructura que conformaron el condominio multifamiliar "El Mirador"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



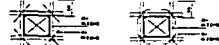
**PRELIMINARI**  
 USAR ESTE PLANO SOLO  
 PARA DIRECTOS DE  
 CUANTIFICACION

NO.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1.	ACERO GENERAL	KGS	
2.	ACERO PARA	KGS	
3.	REINFORZO ESPECIAL	KGS	
4.	CONCRETO PARA LAS PAREDES	M <sup>3</sup>	
5.	CONCRETO PARA EL FONDO	M <sup>3</sup>	
6.	CONCRETO PARA EL TUBO	M <sup>3</sup>	
7.	CONCRETO PARA EL TUBO	M <sup>3</sup>	
8.	CONCRETO PARA EL TUBO	M <sup>3</sup>	
9.	CONCRETO PARA EL TUBO	M <sup>3</sup>	
10.	CONCRETO PARA EL TUBO	M <sup>3</sup>	

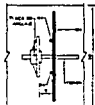
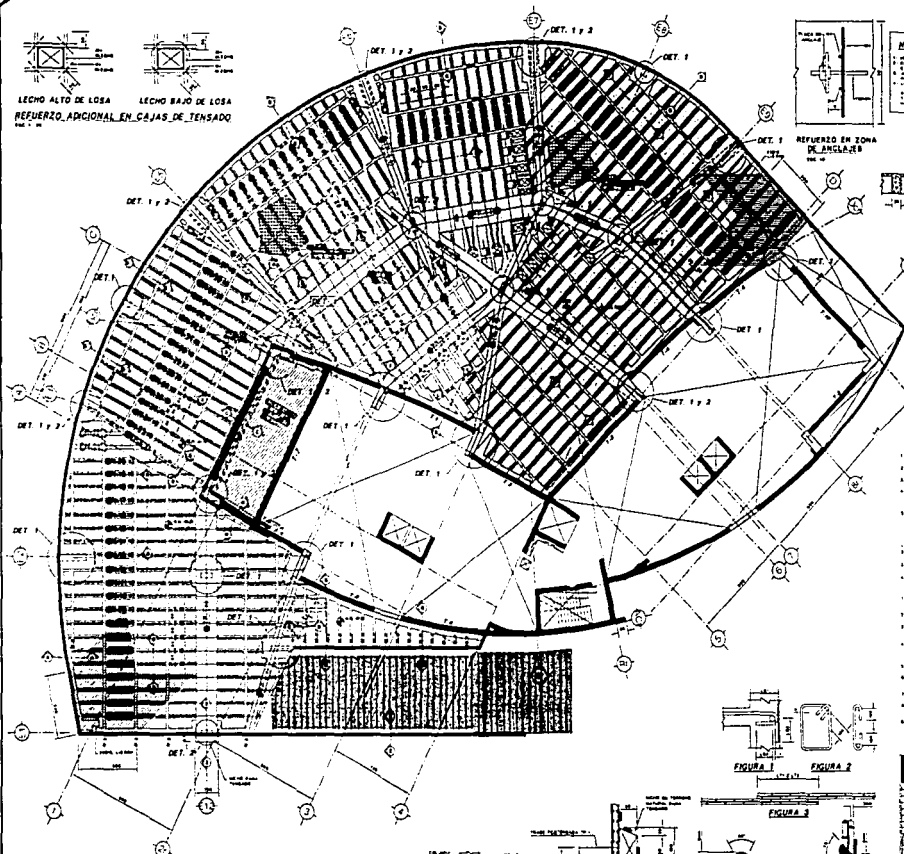
CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD
ACERO GENERAL	KGS	
ACERO PARA	KGS	
REINFORZO ESPECIAL	KGS	
CONCRETO PARA LAS PAREDES	M <sup>3</sup>	
CONCRETO PARA EL FONDO	M <sup>3</sup>	
CONCRETO PARA EL TUBO	M <sup>3</sup>	
CONCRETO PARA EL TUBO	M <sup>3</sup>	
CONCRETO PARA EL TUBO	M <sup>3</sup>	
CONCRETO PARA EL TUBO	M <sup>3</sup>	
CONCRETO PARA EL TUBO	M <sup>3</sup>	

PLANTAS ESTACIONARIAS REALIZADAS  
 PLANTA, CORTES Y DETALLES

E-01



LECHO ALTO DE LOSA  
LECHO BAJO DE LOSA  
REFUERZO ADICIONAL EN CAJAS DE TENSADO



**NOTAS**  
 1. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.  
 2. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.  
 3. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.  
 4. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.  
 5. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.  
 6. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.



**CORTE 2-2**

**NOTAS**

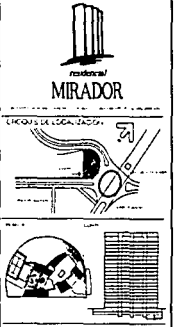
- NOTAS GENERALES**
1. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.
  2. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.
  3. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.
  4. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.
  5. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.
  6. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.

**MATERIALES**

1. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.
2. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.
3. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.
4. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.
5. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.
6. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.

**REFUERZO**

1. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.
2. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.
3. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.
4. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.
5. Este plano es preliminar de un proyecto de obra.
6. Se debe verificar la existencia de los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones.



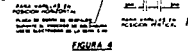
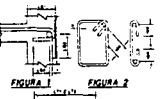
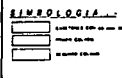
**PRELIMINARI**  
 PARA ESTE PLANO SOLO  
 PARA EFECTOS DE  
 CUANTIFICACION

NO.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	REFUERZO	kg	
2	REFUERZO	kg	
3	REFUERZO	kg	
4	REFUERZO	kg	
5	REFUERZO	kg	
6	REFUERZO	kg	

COMPONENTES	CANTIDAD	UNIDAD
REFUERZO	kg	
REFUERZO	kg	
REFUERZO	kg	
REFUERZO	kg	
REFUERZO	kg	
REFUERZO	kg	

PLANTA LOMO, ZONA JARDIN Y CACHA FAMILIA TIPO  
 PLANTA  
 E-02

**PRELIMINAR**  
 PARA REVISION Y/O COMENTARIOS  
 POR ARQUITECTURA





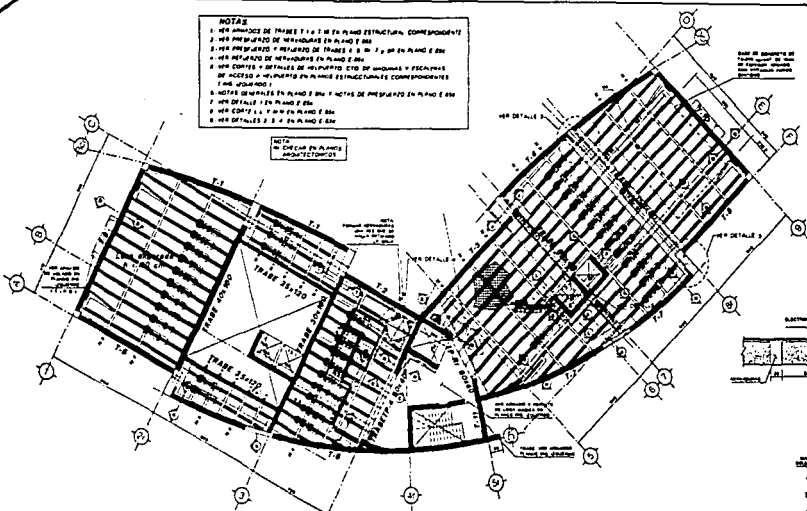




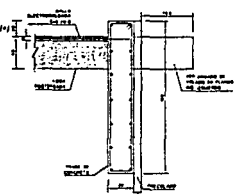
**NOTAS**

- 1- VER ANEXOS DE TRABES F 1 a 7 EN PLANO ESTRUCTURAL CORRESPONDIENTE
- 2- VER PRELIMINAR DE RELEVANDO EN PLANO 2 800
- 3- VER PRELIMINAR Y PRELIMINAR DE TRABES 2 800 Y 2 900 EN PLANO E 800
- 4- VER PRELIMINAR DE RELEVANDO EN PLANO 2 800
- 5- VER CORTES Y DETALLES DE RELEVANDO CUBO DE ANUNCIOS Y ESCALERAS DE ACCESO A RELEVANDO EN PLANO ESTRUCTURAL CORRESPONDIENTE Y VER ANEXOS 1001
- 6- NOTAS DETALLADAS EN PLANO 2 800 Y NOTAS DE PRELIMINAR EN PLANO E 800
- 7- VER DETALLE 1 EN PLANO 2 800
- 8- VER CORTES A, L Y M EN PLANO F 800
- 9- VER DETALLE 2 Y 3 EN PLANO F 800

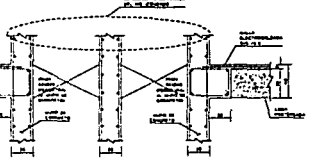
VER CORTES EN PLANOS CORRESPONDIENTES



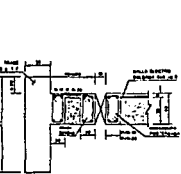
**PLANTA AZOTEA**



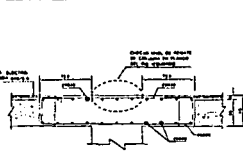
**CORTE D-D**



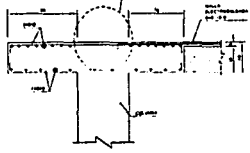
**CORTE F-F**



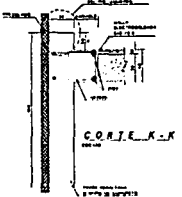
**CORTE M-M**



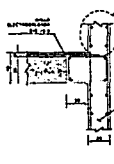
**CORTE L-L**



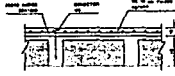
**CORTE J-J**



**CORTE K-K**



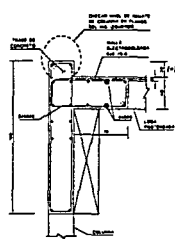
**CORTE N-N**



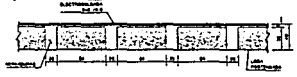
**CORTE P-P**



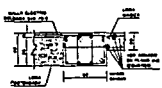
**MERYADURA H-S**



**CORTE A-A**



**CORTE B-B**



**CORTE C-C**

**MIRADOR**

OPORTUNIDAD DE LOCALIZACION

PLAN DE OBRAS

SYMBOLS

NO.	DESCRIPCION	TIPO
1	TRABES 2800	CONCRETO
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

COMPROMISORIAL: MANSOUR

RECIBIDO: MANSOUR

ING: ING

GR: ING

CA: ING

PL: ING

PROY: ING

TIPO: VERTICAL

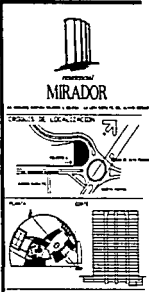
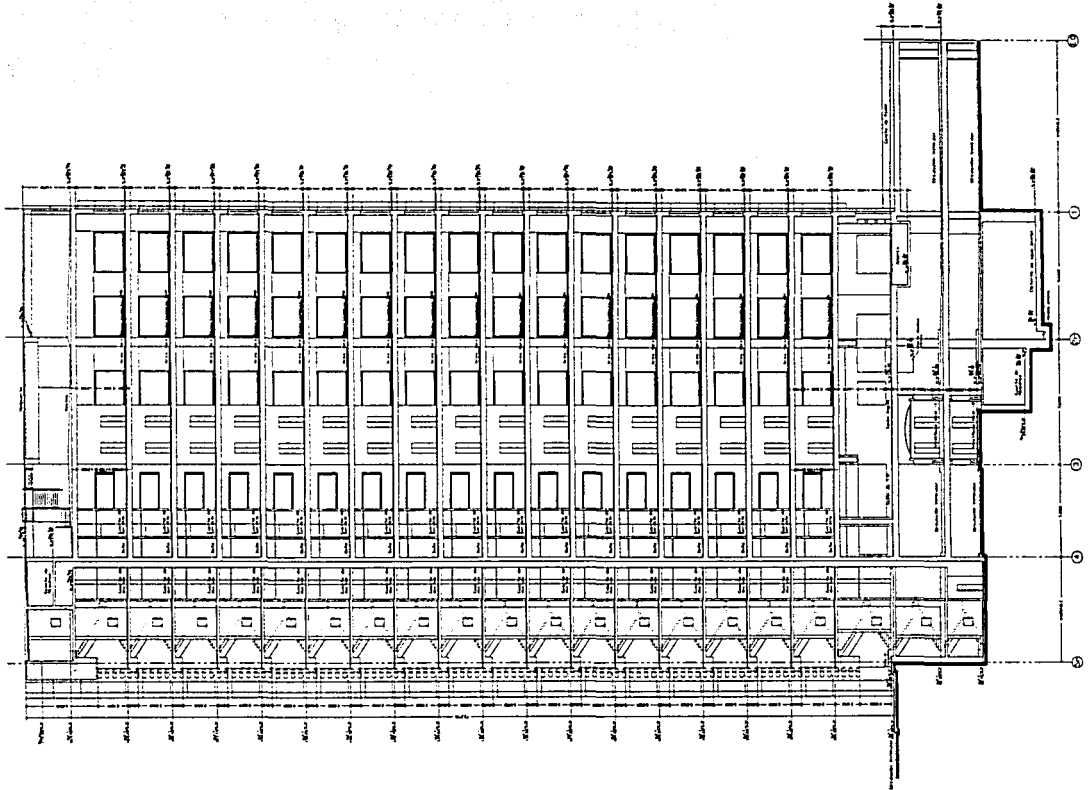
PLANTA AZOTEA

PLANTA AZOTEA

ESCALA: 1:25

PROYECTA: CIVIS

**E-05**



- ESTRUCTURA
- 1. Estructura de concreto armado
  - 2. Estructura de acero
  - 3. Estructura de acero y concreto
  - 4. Estructura de acero y aluminio
  - 5. Estructura de aluminio
  - 6. Estructura de aluminio y concreto
  - 7. Estructura de aluminio y acero
  - 8. Estructura de aluminio y acero y concreto
  - 9. Estructura de aluminio y acero y aluminio
  - 10. Estructura de aluminio y acero y aluminio y concreto
  - 11. Estructura de aluminio y acero y aluminio y aluminio
  - 12. Estructura de aluminio y acero y aluminio y aluminio y concreto
  - 13. Estructura de aluminio y acero y aluminio y aluminio y aluminio
  - 14. Estructura de aluminio y acero y aluminio y aluminio y aluminio y concreto
  - 15. Estructura de aluminio y acero y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio
  - 16. Estructura de aluminio y acero y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio y concreto
  - 17. Estructura de aluminio y acero y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio
  - 18. Estructura de aluminio y acero y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio y concreto
  - 19. Estructura de aluminio y acero y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio
  - 20. Estructura de aluminio y acero y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio y aluminio y concreto

CONDICIONALES	
RECIPIENTE	INDICE
AREA	100
VOLUMEN	100
GRUPO	100
PROYECTO	100
TITULO: VIVIENDA SUBSIDIADA SOCIAL: VIVIENTAL	
FORMA: CORTE LONGITUDINAL A-A	
FECHA: 22 MAY 1993	MAQUETA
ESCALA: 1:100	A-19
PROYECTO: 115	
DISEÑO: A-19	BRUNO REYES
PROYECTO: 115	1993 REG. 1993 C.V.M.
<b>ROLDAN</b> *ARQUITECTOS*	

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

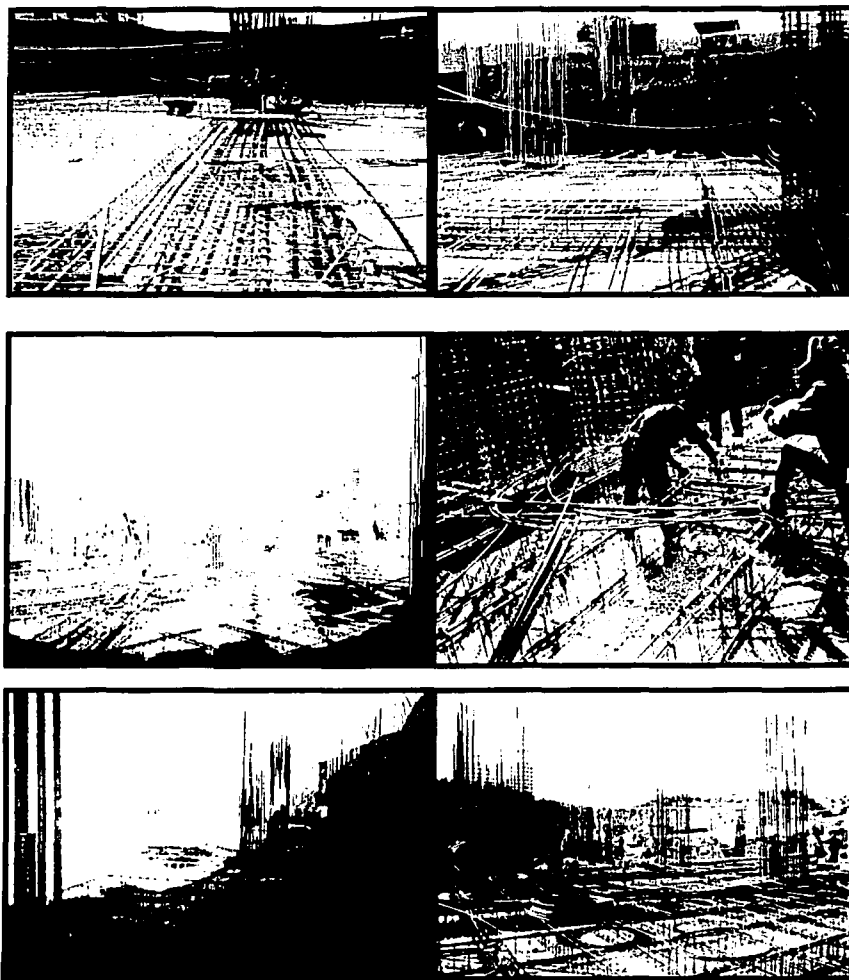






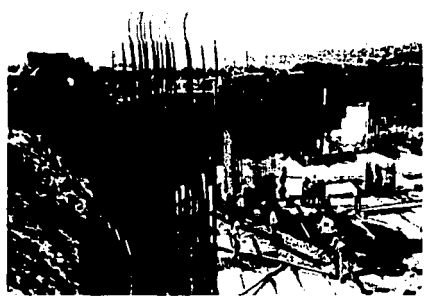
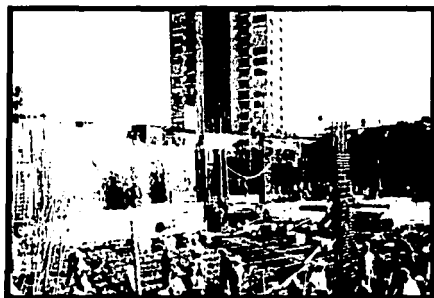
Fotografías 6.3.5 Desarrollo de varios frentes a la misma vez. Armado, cimbrado y colado de cimentación, armado cimbrado y colado de muros de contención y columnas, fondeo de losa aligerada postensada (principio del proceso constructivo).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

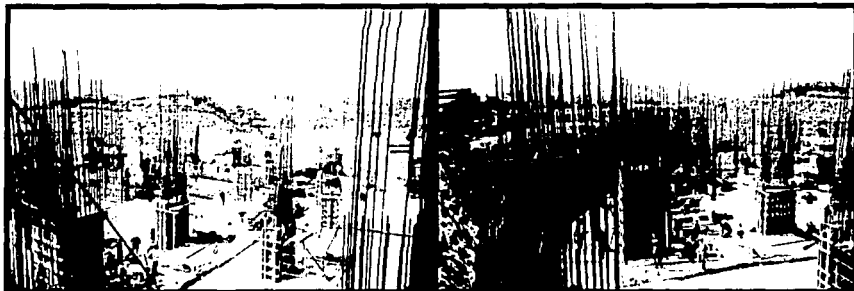


Fotografías 6.3.6 Armado de traves y nervaduras, colocación de monotorrones de .5" y .6" en traves y nervaduras.

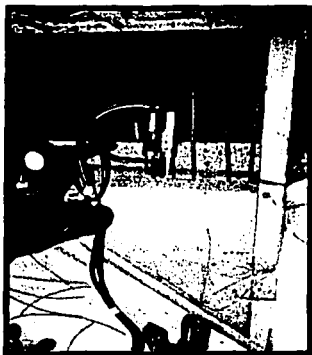




Fotografías 6.3.7 Colocación del fluidoconcreto y del caseton de poli-estireno (aligeramiento) sobre la superficie a colar.  
Colado de la losa



Fotografías 6.3.8 Superficie de losa colada y protegida con policetileno para su curado óptimo. Cimbrado de columnas y muros para su colado.



Fotografías 6.3.9 Ejecución del tensado del acero de presfuerzo de las traves y nervaduras en la losa postensada.

Como pudimos apreciar en las exposiciones del progreso del proyecto, nos damos cuenta que tan rentable puede ser este tipo de sistemas de piso, pues al tener en su momento la disposición de los materiales y la buena conducción del personal técnico, dará como resultado la progresiva e inmediata ejecución de los programas de obra en el tiempo establecido, incrementando la utilidad de cada uno de los conceptos desarrollados por los contratistas que intervienen en la realización del proyecto.



# CONCLUSIONES.



## Conclusiones

Desde la época del renacimiento surge el concepto de la prefabricación seguido por el presfuerzo. A principios del siglo XIX los investigadores observan un comportamiento mejor en las piedras artificiales como lo es el concreto, resultando en primer plano el refuerzo del mismo.

Desde 1837 hasta 1945 se ensayo con barras de acero, las cuales eran sometidas a esfuerzos y deformación antes de que se utilizaran los elementos que eran ensayados, construyéndose con ello materiales como cuñas cónicas, gatos de doble tracción, etc; con los que conjuntamente actúan para satisfacer las necesidades de los elementos presforzados.

En 1929 Eugene Freyssinet publica su primer trabajo denominado "Una revolución en el arte de la construcción", misma que fue la derivación de algunos años de investigación. Después de esto se le consideró como el padre del presfuerzo.

Al haber ensayado los estados del concreto y del acero de alta resistencia conjuntamente, se observó que al ser tensado el acero de presfuerzo en el concreto se precomprimía acortando al elemento, obteniendo aptitudes mayores a las que el concreto simplemente reforzado ofrecía. Al observar la respuesta que se tuvo al realizar este tipo de pruebas de una fuerza presforzante y las cargas actuantes (carga viva + carga muerta) se concluyó con la optimización de los materiales, equilibrando al elemento en su etapa de servicio con las cargas reactivas, reduciendo la geometría al mismo tiempo que era aprovechada la minimización de los materiales que se utilizaban.

El concreto presforzado al clasificarse como postensado ó pretensado, marca una notoria diferencia entre esta técnica y las convencionales, ampliando aun mas la forma de decidir que tipo de sistema de piso o estructuración utilizar, beneficiando únicamente a los usuarios de estos servicios.

En cada una de las formas de presfuerzo se manifiesta el principio básico del acortamiento de un elemento; apoyado por los cables al ser estos tensados y donde posteriormente una vez que se hallan propiciado las perdidas en el acero y el fraguado en el concreto, se podrá poner en servicio al mismo; corroborando en ambos casos la efectividad inmediata que implica utilizar al presfuerzo como técnica en la estructuración de un proceso constructivo.

En la diversidad del manejo del presfuerzo existen diferencias entre un sistema y otro. Esto hace que la perspectiva que se tenga al utilizar un sistema de estructuración no quede solamente en la propuesta alternativa del proceso constructivo; sino en hacer crecer la utilización de los sistemas presforzados para acrecentar su uso en las construcciones. Sé de antemano que no siempre será la forma de construir, ya que otro tipo de factores podrán ser los que determinen si es el modelo a realizar.

Las diferencias de producción entre un sistema pretensado y un postensado, son muy varias y extensas, lo cual implican una gran competitividad para aquellos que se dedican a la construcción de estos elementos, no olvidando las características que se necesitan cumplir para que la estructura sea trabajable.



Al ser controladas por los códigos y especificaciones, siempre se espera ante todo la funcionalidad de dicho elemento y del conjunto de elementos que integran al inmueble.

Una losa se conoce más comúnmente como piso, techo ó azotea. Sin embargo la terminología técnica es **Sistema de Piso ó Losa**, las cuales se pueden presentar de muchas formas, siendo esto los elementos horizontales en toda edificación que este destinada al uso común y al servicio de ciertos trabajos.

El presfuerzo junto con la prefabricación hacen acto de presencia en los **Sistemas de Piso ó Losas** obteniendo de ellos resultados no imaginados hace tiempo. A diferencia de los sistemas tradicionales de estructuración de concreto estas tienen una ventaja, su relación claro-peralte es menor, reducen los insumos como los es el concreto, la cimbra y la fuerza de trabajo, obteniendo la eficiencia necesaria en conjunto con la estructura, derivando respuestas de trabajo deseadas por la relación que existe entre el presfuerzo y en concreto.

Las características de cada elemento que integran a los presforzados son factibles desde el punto de vista de calidad, pues al emplear materiales con características mayores que las tradicionales, se deduce que serán mayores las cualidades de los materiales a utilizar en cada uno de los tipos de tableros.

Conocer la composición de los materiales utilizados en la producción de sistemas de piso presforzados, es y será; conocer la sanidad con que se elaboran, dando una excelente respuesta en el trabajo que desempeñen de manera independiente cada uno de los materiales; así como en conjunto cuando interactúan todos los materiales que conforman los tableros presforzados.

En la producción de cada inmueble se representa el crecimiento económico de la construcción, reduciendo los tiempos de ejecución al ser liberada rápidamente la continuación del programa de obra, ahondando en que la aplicación de esta técnica en nuestras obras puede ser ventajoso.

El control de calidad nos hace tener siempre en cuenta que tan valiosa es la producción de un servio del cual hacemos uso todos, mostrando la importancia del compromiso y responsabilidad de lo que estamos ofreciendo como fabricantes de un servicio.

La calidad denota por sí sola las características que se exigen en los miembros prefabricados como en las losas, manifestando un buen comportamiento estructural al ser incorporadas a la estructura. Se cree que la inducción del presfuerzo en la industria de la prefabricación señala el oportuno control de calidad, exponiendo la certificación alcanzada por la eficiencia de todos las partes involucradas en la fabricación de los sistemas de piso prefabricados-presforzados.

La prefabricación al tener a la calidad como uno de sus principales compromisos, desarrolla las mejores técnicas para su manejo en la obra, propiciando el abatimiento y aprovechamiento de los recursos con los que se cuenta, llevando acabo obras con tecnología de punta difundidas con infraestructura por encima de cualquier tipo de obra convencional.



El control que se obtiene en la productividad de los materiales, y la cual es demostrada con el ensaye de los mismos para que los elementos trabajen en óptimas condiciones, es sin duda la respuesta que el proceso productivo en los sistemas de piso se espera, pues la reputación de una estructura es sin duda su respuesta mecánica como la económica.

Las pruebas que se realizan en los materiales comprueban la credibilidad del material; quienes no están relacionados con la serie de ensayos en los materiales, inmediatamente lo relacionaría con la falta de ética que se emplea en los materiales de dudosa calidad. El caso es que los productores y proveedores de la materia prima deben concientizarse para que los ejecutores de las obras civiles, demuestren que la ingeniería que se produce en México es de excelente CALIDAD.

Por ello es que el demostrar el comportamiento de los materiales que utilizamos al producir un sistema de piso presforzado-prefabricado constata el compromiso que se tiene con el usuario garantizando su seguridad y su economía al utilizar un tablero de este tipo.

Los productores de los equipos y maquinaria que se emplean, deben confirmar la utilización de los mismos, instruyendo a los solicitantes en su manejo; saciando de calidad la aplicación y el desarrollo del equipo en los tableros presforzados.

Tanto en las plantas prefabricadoras como en el sitio, quienes se encargan de realizar los trabajos de presforzamiento en las losas, deben confirmar el buen funcionamiento de los equipos herramientas y maquinarias que se utilizan, pues de ello depende el estar en el umbral de las futuras construcciones que se desarrollen en la infraestructura mexicana, confirmando la calidad que los contratistas que se dedican a la aplicación de presfuerzo, brindando a sus clientes que requieran de sus servicios manufactura de primera calidad. El no tener presente esto en la productividad de un proyecto sería trascendental en la responsiva que le confiere la patente que maneja la contratista en la aplicación del presfuerzo en losas.

Así mismo el personal en la ejecución de la obra debe de comprometerse, adoptando un sentido amplio de lo que se esta haciendo, llevando a cabo los trabajos bajo el sentido de ética profesional. De ello depende íntegramente la productividad misma de las obras en todos sus conceptos involucrados, erradicando de ese modo falsas expectativas de lucro al mostrar únicamente con ello la responsabilidad a la que estamos expuestos todos los que estamos en el ámbito de la construcción.

Es un tiempo de cambio en el cual se debe de comprometer tenazmente el técnico con lo que esta desempeñando; de modo que toda irrupción de irregularidades las debemos de erradicar para satisfacer primero que nada el bienestar de los proyectos que se están ejecutando. Cumpliendo y siguiendo las recomendaciones de los expertos demostraremos que la mano de obra en México es de la más alta calidad y que es aprovechada en cualquier tipo de construcción.

Cada uno de los sistemas descritos en este trabajo representan opciones diferentes que demarcan la comprobación de su demanda en el mercado, descubriendo lo servicial puede ser cada sistema en las diferentes obras; desde interés social hasta los complejos residenciales e industriales.



La respuesta que contiene cada uno de ellos estructuralmente es factible para los requerimientos que actualmente se exigen en la construcción moderna, haciendo rentable el producto terminado en cuestión de estructuración, brindando seguridad y minimización de tiempos al ser empleados.

La trabajabilidad que se obtiene al producir rápidamente prefabricados de excelente calidad es representativa en la construcción del inmueble que se este por realizar, ya que el objetivo de toda obra es realizarla lo más rápido posible; encontrando para ello resultados eficientes y representativos.

El hablar mas de un sistema que otro es como desacreditar la importancia en el desarrollo que estos sistemas de piso mantienen en las construcciones que se llevan a cabo actualmente y en el desarrollo económico de la infraestructura del país, pues representan utilidades tipificadas que hacen acreditar su uso.

La simplificación en la producción que se tiene al desarrollar técnicas como lo es la extrusión y curado a alto vapor, permite la estabilidad de los productores para con los clientes, satisfaciendo la demanda de las obras con estas características.

La industria prefabricadora al igual que la presforzante acuden siempre al llamado que se les hace cuando se requiere una obra de este orden, persiguiendo el control de calidad, la limpieza de la obra, oportunidad de maniobra, entre muchos otros aspectos de los cuales la prefabricación y el presfuerzo se valen para poder otorgar eficiencia, seguridad y beneficio en donde son aplicados.

Aquí se deja abierta la opción de los sistemas de piso prefabricados-presforzados para quienes se interesen por el empleo de ellos en sus obras futuras, con la única interrogante que se hacen los proyectistas, constructores e inversionistas.....¿ Obtendré verdaderamente beneficios al utilizar estos elementos estructurales?.

En los prefabricados se comparte un número mayor de operaciones y maniobras, pues estos dependen íntegramente del montaje, colocación final, de una efectiva transportación y un efectivo izamiento, los cuales están sujetos a las características y movimientos en cada uno de los equipos, maquinas y operaciones que se presenten en su momento, significando la opción más rentable en la construcción de una obra de edificación en ciertas ocasiones.

Sin lugar a duda el trabajo que realizan los anclajes y las conexiones en los sistemas de piso presforzados-prefabricados se contempla el desempeño integral de los tableros con la estructura. En la mayoría de los casos los proyectistas que determinan el uso de tableros presforzados les aqueja cierta incertidumbre en su comportamiento general; esto es lógico cuando no se está familiarizado con estos elementos. Normalmente las prefabricadoras junto con su departamento de soporte técnico dan salida a licitaciones donde el volumen es considerable, y solo en el caso de volúmenes pequeños se maneja desde el punto minorista, garantizando de igual forma la calidad de los sistemas.

El controlar de manera oportuna las flexiones excesivas y el agrietamiento pronunciado se cumple con los principios fundamentales de la aplicación del presfuerzo, simplificando de manera ideal los resultados que queremos obtener en los elementos; sin deterioro alguno.



En consecuencia no es solo por la mejoría del comportamiento bajo la carga de servicio, por el control del agrietamiento y la deflexión por lo que el concreto presforzado es conveniente; sino también, porque permite la utilización de materiales de alta resistencia, mismos que pueden usarse en miembros dimensionalmente más ligeros al reducir la relación de carga muerta-carga viva, aumentando y ampliando considerablemente la gama de aplicaciones en el concreto estructural

Hay que tener en cuenta que se necesita tiempo para mejorar los servicios de estas estructuras de concreto, así como para familiarizar a los ingenieros y constructores con los nuevos métodos de diseño y construcción que se llegan a implantar en nuestro país en el empleo del presfuerzo.

El tiempo a otorgado la garantía y el respaldo que los tableros prefabricados han demostrado durante décadas en las que se han ocupado, lo que significa que generación tras generación ha corroborado el compromiso que la industria de la prefabricación y del presfuerzo ha tenido hasta hoy, formando el compromiso individual de cada una de las patentes para la satisfacción del cliente y de los usuarios principalmente.

Es cierto que el presfuerzo conjuntamente con la prefabricación o individualmente, representan una factible opción de uso, pero también es cierto que no siempre serán las opciones a ejecutar en el proyecto que se desarrollará.

Es por eso que en México se necesita hoy mas que nunca líderes en la producción, ejecución, coordinación, y desarrollo en los proyectos de prefabricación; el reto es generar calidad en el proceso productivo y mano de obra, obteniendo gerencias competitivas en el ámbito nacional e internacional, garantizando una cultura en cuestión de calidad humana para así poder garantizar la calidad gerencial en la prefabricación y el presfuerzo, satisfaciendo no solo las necesidades físicas de seguridad y económicas; sino también las psicológicas de estética, comodidad y de prestigio

Se necesita impulsar la ocupación de estos tableros, las razones son benévolas en toda la extensión de la palabra al ser integrados en las estructuras que desarrollamos en la vida económica. Por eso es que hoy por hoy, la utilización del presfuerzo en estructuras de concreto representa ahorros y beneficios que anteriormente reflejaban ser muy ambiguas, permitiendo una vez mas a la ingeniería civil, saciarse de logros incommensurables por los beneficios que prevalecen al utilizar estos elementos, dando a los constructores y aquellos que hacen uso de estos servicios satisfacciones útiles que tienden a mejorar la calidad de vida de los inmuebles y de sus ocupantes.

Una vez obteniendo las regalías que otorgan los procesos constructivos que hoy en día son empleados para el desarrollo de la infraestructura nacional, nos permitimos decir que el empleo de materiales como el acero y el concreto de alta resistencia, satisfacen las condiciones óptimas de uso para las construcciones del hoy y del mañana.





➤ BIBLIOGRAFÍA DE LIBROS.

- ❖ Estructuras de concreto  
Gaylord Jr, Gaylord, Robinsonn.  
1ra Edición.  
México, 1983.  
Mc Graw Hill.
- ❖ Diseño de Estructuras de Concreto Presforzado.  
Althur H. Nilson.  
2da Edición.  
México, 1990.  
Limusa.
- ❖ Reglamento para las Construcciones de Concreto Estructural y Comentarios.  
ACI 318-95 y ACI 318 R-99.  
México, 1997. Reglamento  
IMCYC.
- ❖ Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.  
Departamento del Distrito Federal.  
3ra Edición.  
México, 1994.  
Trillas.
- ❖ Especificaciones para el Concreto Estructural.  
ACI 301- 96  
México, 1998.  
IMCYC.
- ❖ Especificaciones para el Concreto Estructural en Edificios.  
ACI 301- 89.  
México 1994.  
IMCYC.
- ❖ Construcción de Estructuras de concreto Presforzado.  
Ben C. Gervik Jr.  
1,ª Edición.  
México, 1978.  
Limusa.
- ❖ Diseño de Losas Postensadas.  
IMCYC.  
3,ª Edición.  
México, 1989.  
Noriega Editores.



➤ BIBLIOGRAFÍA DE MANUALES.

- ❖ Manual de Diseño de Estructuras Prefabricadas y Presforzadas.  
ANIPPAC.  
1<sup>a</sup> Edición.  
México, 2000.  
Instituto de Ingeniería, UNAM.
- ❖ Manual para la Colocación de Monotorones.  
Postensa  
México, 1994.  
Postensa.
- ❖ Propuesta Técnica de Supervisión en Losas.  
Diwydag Sistem Internacional México.  
México, 1994.  
Diwydag Sistem Internacional México.
- ❖ Memorias del Primer Encuentro Latinoamericano de la Prefabricación y del Presfuerzo.  
ANIPPAC.  
1<sup>a</sup> Edición.  
México, 2000.  
Facultad de Ingeniería en Veracruz, Universidad Veracruzana.

➤ BIBLIOGRAFÍA DE TESIS.

- Losas.  
Felipe A. Espinosa Martínez.
- La Prefabricación y Presfuerzo como alternativa para salvar grandes claros.  
Jaime E. Cortes Sánchez.  
Pedro Cruz Bautista.
- Sistema de Losas vigueta y bovedilla.  
Silvano Yáñez Córdova.
- La Prefabricación y el Presfuerzo en la industria de la construcción.  
Norma Núñez González.
- Sistema Prefabricado Siporex y su aplicación en la construcción.  
Salvador García Vázquez.
- Control de calidad y proceso constructivo en la edificación.  
Gabriel Humberto Núñez Gómez.



-Sistema de Postensado.  
Antonio Salis Bernal.

-Estudio comparativo de losas.  
Gerardo Cortes Bautista.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN