

29 201-

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE INGENIERIA

EL USO DE PREFABRICADOS EN  
LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

**FALLA DE CRISIS**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
**P R E S E N T A N :**

**CARLOS MARINO CASTILLO ARMENDARIZ**  
**ROCIO HERNANDEZ RUVALCABA**  
**SERGIO ALFREDO HUCHIM GAMBOA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## INDICE

# INDICE

INTRODUCCION.....	4
I.- GENERALIDADES.....	9
1.- Definición.....	10
2.- Clasificación.....	13
3.- Panorama y Usos.....	18
II.- PRETENSADOS.....	34
1.- Especificaciones generales.....	35
2.- Procesos de fabricación.....	44
3.- Transporte y Montaje.....	52
4.- Selección comercial de pretensados.....	71
III.- POSTENSADOS.....	99
1.- Especificaciones generales.....	100
2.- Procesos de fabricación.....	105
3.- Montaje y Conexiones.....	124
4.- Criterios de aplicación.....	132
IV.- PREFABRICADOS COMO ACABADOS.....	140
1.- Fachadas precoladas.....	141
2.- Varios.....	158
V.- PREFABRICADOS DIVERSOS.....	179
1.- Estructurales.....	180
2.- No estructurales.....	205
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	216
ANEXO 1.- NORMAS.....	222
ANEXO 2.- DETALLES DE CONEXIONES TIPICAS.....	226
ANEXO 3.- AYUDAS DE DISEÑO.....	248
BIBLIOGRAFIA.....	287

## INTRODUCCION

## INTRODUCCION

En la actualidad, debido a la explosión demográfica se requiere construir obras de infraestructura y de edificación con gran rapidez y calidad. Las necesidades de vivienda, vías de comunicación, energía, etc, se incrementan rápidamente, por lo que cada vez debemos construir con métodos más eficientes, que nos permitan acortar el tiempo de ejecución y a la vez conservar una calidad de obra adecuada.

Los métodos tradicionales no permiten cumplir con estas características, por lo que la solución está en el desarrollo de nuevas técnicas constructivas.

En las últimas décadas se ha introducido en nuestro país una tecnología que en otros países ha tenido un desarrollo satisfactorio dando solución a estos requerimientos, nos estamos refiriendo a los Prefabricados.

Esta técnica nos permite llevar a cabo las actividades iniciales del proyecto y paralelamente fabricar los elementos que forman parte de la estructura, obteniendo de esta manera importantes ahorros de tiempo, además de que la prefabricación permite también la reducción de éste.

debido a las técnicas que se utilizan en su fabricación.

La prefabricación permite mejorar la calidad gracias a la estandarización de los productos y los procesos de fabricación.

En nuestro país, esta técnica se desarrolla paulatinamente, sin embargo, para fomentar su adelanto es necesario que se difunda a través de información y bibliográfica especializada, seminarios de actualización y en general mediante estrategias de capacitación. Actualmente existe información escasa, en su mayoría de tipo comercial y la bibliografía disponible es de procedencia extranjera, principalmente de países europeos.

Con este panorama surge la inquietud de estudiar y dar a conocer las principales características, ventajas, limitaciones y usos de esta técnica con un enfoque netamente constructivo, comentando de manera breve la teoría y las revisiones estructurales, incluyendo las normas que rigen a la prefabricación en nuestro país.

Por lo anterior, en el presente trabajo de tesis desarrollamos los siguientes capítulos que consideramos pueden hacer alguna aportación, ya que es una recopilación de la información disponible.

En el primer capítulo estudiamos de manera muy general a la prefabricación, elaborando una breve reseña hialórica del desarrollo de ésta, teniendo como fin dar una introducción al tema y definir los términos que se emplean en ella.

En el segundo capítulo desarrollamos la técnica del pretensado, estudiando la teoría, los elementos más comunes, sus principales etapas, la forma de seleccionarios y las revisiones estructurales que se deben llevar a cabo. Todo ello con la intención de saber como se hace la selección de un producto comercial.

En el tercer capítulo describimos la técnica del postensado aplicado a la prefabricación, en el cual tratamos la teoría, los proceso de fabricación, su manejo y algunas pautas para decidir cuando es conveniente esta técnica, agrupando toda esta información en cuatro subcapítulos.

En el cuarto capítulo describimos las principales características de los elementos prefabricados que se utilizan como acabados, agrupándolos de acuerdo a su tipo, debido a que un mismo elemento puede tener varios usos, desarrollándolos en dos subcapítulos: Fachadas precoladas y Varios. Aclarando que en este último los elementos considerados se fabrican con materiales diversos.

En el último capítulo presentamos elementos que no



fueron comentados en los capítulos anteriores, ya que por su índole no pudieron incluirse en ellos.

Presentamos también una serie de conclusiones y recomendaciones cuyo contenido es producto del trabajo desarrollado, y de la experiencia de los profesionistas a los que acudimos en busca de asesoría.

Aunado a lo anterior, toda aquella información que consideramos necesaria para complementar el tema la incluimos en los anexos, los cuales contienen básicamente las normas mexicanas para prefabricados, las conexiones de ellos y ayudas de diseño.

Finalmente, con la intención de fomentar el conocimiento y uso de los elementos prefabricados, elaboramos un pequeño audiovisual en el que describimos un panorama general de éstos.

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

## I.- GENERALIDADES

Como es sabido, el uso de los prefabricados en la construcción se ha intensificado en nuestro país a partir de la década de los 80's y a la vez éstos se han diversificado de tal modo que actualmente existe una extensa gama de ellos. Sin embargo consideramos que hay un gran vacío en la definición de éstos, ya que son pocos los profesionistas que definen atinadamente el término prefabricado a pesar de que se considera un concepto que "por sí mismo habla", generando desde aquí problemas de interpretación de lo que es actualmente, problemas que se acentúan por las imprecisiones de una clasificación que difícilmente podrá ser proporcionada por estos profesionistas. En todo ello influye bastante el hecho de que, en México se haya escrito poco al respecto y que la escasa bibliografía que existe sea extranjera, básicamente de procedencia española, que al utilizar una terminología diferente a la de América Latina provoca impresiones y problemas de interpretación.

Concientes de esta problemática, de lo incoherente que resulta tener una gran industria que se dedica a los prefabricados y por otro lado muy poca información académica respecto a ellos, iniciamos el presente trabajo con el

planteamiento de los aspectos fundamentales más generales que se deben conocer sobre los prefabricados.

### 1.1.- DEFINICION.

En la actualidad suele confundirse con frecuencia a los materiales con procesos industriales en su fabricación (como pueden ser losetas para recubrimiento de pisos y muros, tabiques, etc.), con los prefabricados propiamente dicho, y es por ello que hemos considerado importante la necesidad de enfatizar la diferencia que existe entre ambos.

Los primeros son prácticamente todos los materiales que se utilizan en las obras y que requieren de un proceso industrial de fabricación en mayor o menor escala, y que no alcanzan a ser elementos que serán montados posteriormente en obra, mientras que los segundos se refieren a algo más elaborado y que se ajusta a la siguiente definición estricta de lo que es un prefabricado:

"Se entiende por éstos a los elementos que se fabrican en un lugar diferente al de su ubicación dentro de la obra, que en la mayoría de los casos se transportan, se montan, pueden estar constituidos por materiales diversos y ser utilizados para múltiples usos constructivos"; se entiende que es un concepto muy amplio que involucra diferentes procesos constructivos y abarca diversos campos de

aplicación. Algunos ejemplos de estos son: las trabes " TT " de uso común en las estructuras, los sistemas de piso de vigueta y bovedilla, las fosas septicas, los durmientes de ferrocarril, etc.

Adicionalmente sabemos que los prefabricados van modificándose según el avance de la tecnología y con ello su concepto mismo, como es el caso del tabique que en su inicio fue considerado como tal, ya que se fabrica en planta, se transporta y coloca en obra, en la actualidad es un material industrializado de uso común; entendiéndose por industrialización al empleo en forma racional y mecanizada de materiales, medios de transporte y técnicas de construcción.

Para efectos del presente trabajo de tesis, consideraremos a los prefabricados de acuerdo a la anterior definición, sin dejar de indicar que existen otras que se refieren a la prefabricación más que al prefabricado y que complementa la nuestra.

La Unión Sindical Francesa de la prefabricación de edificios define:

" Una construcción prefabricada es aquella cuyas partes constitutivas son, en su mayoría, ejecutadas en serie, en taller, con la precisión de los métodos industrializados modernos, para formar un sistema constructivo coherente que satisfaga las condiciones normales de resistencia, aspecto,

habitabilidad, confort y duración, con el mínimo gasto. Esta construcción por una serie de montajes precisos y detallados, debe poder ser edificada por una mano de obra corriente, rápidamente, sin retrasos, retoques, ni modificaciones, siendo reducidos al mínimo los trabajos de terminación".

Por su parte, el ilustre ingeniero francés Freyssinet definió de la siguiente manera a la prefabricación:

"Es un método constructivo caracterizado por el montaje de elementos iguales fabricados en grandes series con medios mecánicos. El montaje ha de realizarse rápidamente con poca mano de obra".

El ingeniero francés Baretz definió la prefabricación como sigue:

"La prefabricación es la resultante de la fabricación previa de los elementos o piezas en serie organizada y cíclica para que, con su montaje y ensamble en forma ordenada y continua, se obtengan unas estructuras completas o unas unidades funcionales o modulares previamente concebidas, satisfaciendo primordialmente una finalidad económica, de trabajo y de rapidez, así como de la necesaria calidad y control estricto de la misma, teniéndose con ello, también en esta rama industrial a la resolución de la ecuación general planteada: Máxima rapidez, calidad necesaria y economía

integral"

## 1.2.- CLASIFICACION.

Aún en la actualidad cuando ya se han desarrollado enormemente los prefabricados, se ha comprobado su funcionalidad y por lo tanto se ha intensificado su uso. No existe una clasificación estricta de estos, por lo que para efectos de la presente tesis hemos clasificado a los prefabricados como se muestra en la figura 1.2.1.

Aunque existen otras clasificaciones, que agrupan a los prefabricados ya sea por su función estructural, dividiéndolos en:

- Horizontales (vigas, losas, etc.).
- Verticales (columnas, pilas, etc.).

como por el tipo de estructuras, dividiéndolos a su vez en:

- Naves industriales.
- Edificaciones escolares, administrativas y de pisos.
- Construcciones singulares como son: Puentes e iglesias.

La más general que existe y que se promovió mucho en Europa, y particularmente en España, es la que se muestra en la figura 1.2.2.

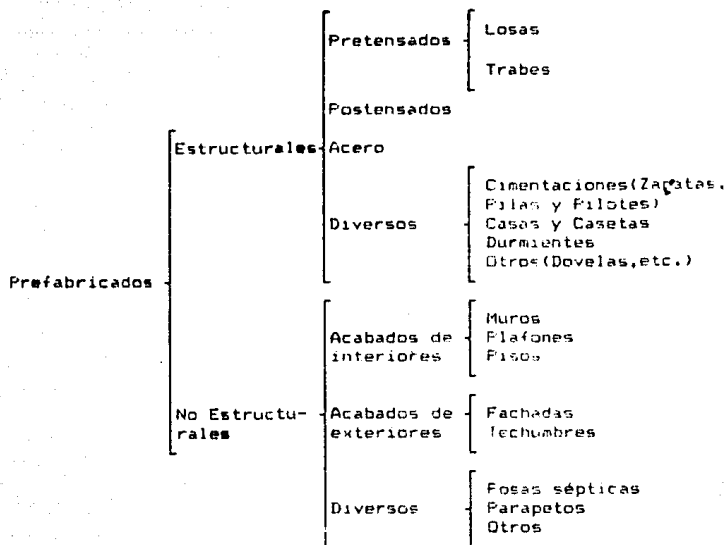


Figura 1.2.1. Clasificación de prefabricados.

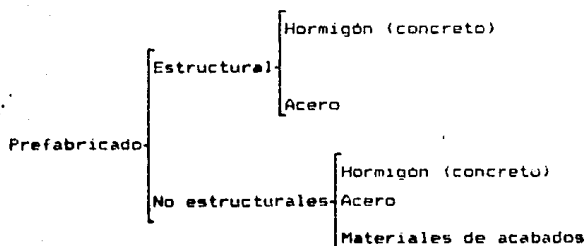


Fig. 1.2.2. Clasificación europea.



Como podemos apreciar, las clasificaciones anteriores se refieren básicamente a los prefabricados como elementos independientes, sin embargo se tienen otras clasificaciones que involucran sistemas estructurales, métodos para construir con piezas prefabricadas y a los elementos producidos.

La construcción industrializada se puede dividir en: Sistema abierto y Sistema cerrado.

El sistema abierto es aquel que utiliza componentes fabricados en serie de distinta procedencia, que dentro del montaje presentan combinaciones muy variables y por consiguiente, intercambiables en alto grado.

El sistema cerrado es aquel que utiliza componentes fabricados en serie, no provistos para la posibilidad de intercambiarlos con otros de procedencia ajena al propio sistema, y que exigen coordinación estricta en las fases del proyecto, fabricación, transporte y montaje de los componentes. También puede entenderse como una selección específica y unívoca de componentes y subsistemas hecha a partir de la gama total de componentes que constituyen un sistema cerrado.

Según el sistema estructural las construcciones prefabricadas se clasifican de la siguiente manera:

1.- Construcciones a base de muros de carga (muros completos o en paneles). En ocasiones se agregan traveses de tal manera que se reduce el peso de la losa. Dependiendo de la dirección de los muros en relación con el eje longitudinal del edificio, se clasifican en longitudinales, transversales y cruzados (ambas direcciones).

2.- Construcción con un esqueleto o armazón resistente.

- a) Con columnas y vigas prefabricadas, formando marcos espaciales. Las juntas presentan mayor problema y generalmente se resuelven a base de colados en sitio.
- b) Con losas y sin traveses. Las losas descansan directamente sobre las columnas y van fuertemente reforzadas. Hay dos sistemas básicos: El polaco y el americano.
- c) Con marcos prefabricados. Hay numerosas variantes dependiendo de la geometría del marco: En "H", en "V" invertida, en doble cruz "++", etc.
- d) Con columnas y losas prefabricadas, y traveses colados "in situ". El refuerzo vertical de las columnas se dobla en ángulo recto y se deja sobresaliente al nivel de la trabe correspondiente. El refuerzo prefabricado para las traveses, se coloca sobre una cimbra longitudinal y se suelda con el armado sobresaliente de las columnas antes de procederse al colado en sitio. Esta proposición es apropiada para zonas sísmicas, en virtud de su rigidez bidireccional.

3.- Construcciones a base de elementos espaciales de grandes dimensiones.

Por su parte Meyer-bohe distingue entre cuatro métodos básicos para construir con piezas prefabricadas.

- a) Construcción con un armazón de madera, relleno con losas o bien fachadas de elementos suspendidos.
- b) Construcción ligera con elementos en forma de bastidores y tableros o paneles que se conocen con el nombre de construcciones sandwich.
- c) Construcción de grandes placas de concreto (prefabricación pesada).
- d) Construcción con elementos de volumen o espaciales (Box o cajón).

Se puede clasificar la prefabricación según el tipo de elementos producidos en:

- a) Prefabricación cerrada. Es aquella en donde se producen en una fábrica todos los elementos de un conjunto, con objeto de construir lo fundamental de una obra, dejándola prácticamente acabada en el lugar.
- b) Prefabricación abierta. Es la acción de producir en la fábrica elementos capaces de constituir partes de una obra, la cual puede ser complementada con elementos de otra procedencia.
- c) Prefabricación de catálogo. Es producir en una fábrica

los elementos que se ajusten a las características indicadas en un catálogo, los cuales pueden ser:

- Catálogo de empresa. Como su nombre lo indica es la producción de elementos que una empresa ofrece, es un catálogo naturalmente restringido.
- Catálogo nacional. Es la producción de elementos con lo especificado en un catálogo nacional de elementos prefabricados.

- d) Prefabricación de subsistemas. Tipo de prefabricación abierta que produce elementos completos, constituidos por elementos simples de distintas procedencias, combinados para satisfacer diversas funciones: Cocina, baño, etc.
- e) Prefabricación por encargo. Es producir de acuerdo con las características solicitadas por un cliente, por una obra específica.

### 1.3.- PANORAMA Y USOS.

Los prefabricados surgen como una alternativa en la construcción moderna a fines del siglo XIX, desarrollándose muy lentamente hasta la primera guerra mundial. Debido a que en ese tiempo se requerían estructuras resistentes, los prefabricados se estancaron en su desarrollo, ya que una estructura construida con este sistema no era lo suficientemente segura, prefiriéndose la construcción de estructuras por el método tradicional.

Por ello fue necesario que transcurriera el tiempo para mejorar los sistemas, elementos y conexiones. que involucran este método constructivo, logrando un desarrollo extraordinario y un gran auge en las últimas décadas; gracias a los avances tecnológicos y a la difusión que existe en la actualidad, prefiriéndose este método en las grandes estructuras de todo el mundo.

En México, son utilizados hasta la década de los sesentas, con la ampliación de la Unidad San Juan de Aragón, en el D.F., en donde un grupo de casas fueron construidas con un sistema de concreto prefabricado. En este caso en particular, el trabajo se realizó en planta vaciando el concreto en moldes especiales de madera para prefabricar los muros y losas de techo. El concreto se compactó con un vibrador de regla, dejando instalaciones eléctricas, hidráulicas y la herrería ahogadas en el concreto. Al concluir el vibrado, se extrajo el sobrante de agua por vacío. En el curado se empleó un método a base de vapor. Posteriormente los tableros se transportaron a la obra y se fijaron mediante soldadura. Los resultados en rapidez de ejecución, apariencia y calidad que se obtuvieron en esta experiencia, fueron muy alentadores.

Por otro lado, en la década de los setentas el Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas, en el medio rural, relaciono la edificación de la

escuela con la casa del maestro, construida a base de prefabricados.

Ya en la década de los ochentas los proyectos realizados con prefabricados son de mayor importancia y magnitud, como por ejemplo: El Sistema de Drenaje Profundo, el Hotel Paraiso Radison, ubicado frente al centro comercial Perisur, y el edificio del Palacio de Hierro ubicado en Rio Churubusco y av. Universidad, en la Ciudad de México; el puente Coatzacoalcos II, en el Estado de Veracruz; el puente San Juan del ferrocarril Guadalajara-Monterrey y el paramento de la presa Trigo Mil, sobre el rio ayuquila, en el Estado de Jalisco.

En el caso particular del déficit de vivienda que padecemos, aunado a la crisis económica que azota al país, la autoconstrucción es una solución para determinadas necesidades, sin embargo es viable que los métodos tradicionales sean sustituidos por la utilización de elementos prefabricados, principalmente por la ventaja que representa eliminar la capacitación y asesoría técnica que se requiere para llevar a cabo correctamente, por el montaje de los segundos que no requiere de muchos conocimientos para realizarlo en forma eficiente.

Cuando hablamos de obras de mayor envergadura, el proceso no es tan sencillo, se requiere esencialmente de tres

etapas, estas son:

- Producción: en una fábrica o bien fabricación en serie en algún lugar de la obra, diferente del que ocupará al final de la misma.
- Transporte: en el primer caso, producción en una fábrica, es necesario llevar el elemento producido al sitio de la obra.
- Montajes: como etapa final del proceso, en la que se llevará al elemento del lugar de almacenamiento o medio de transporte, a su sitio en la estructura y se fijará a esta.

La producción involucra procesos como lo son la elaboración de moldes, la selección de materiales y la fabricación misma; que por ejemplo, en el caso del concreto, será el presforzado, el colado, el vibrado y curado del elemento.

Todo esto debe efectuarse en un sitio próximo al de la obra con el fin de minimizar los costos de transporte; en el caso de la fabricación dentro de la construcción, se eliminan completamente, consiguiendo mayor economía; sin embargo no es posible llevarlo a cabo en la mayor parte de las edificaciones urbanas por falta de espacio, quedando su aplicación restringida casi en su totalidad a las obras foráneas, aunque tiene en su contra que el trabajo se lleva a cabo en condiciones menos favorables que en una fábrica fija,

debido al caracter provisional de las instalaciones que serán de tipo somero, mientras que en las fábricas tienden a ser perfeccionadas debido a su permanencia y durabilidad.

El transporte es una limitante dentro de los procesos de prefabricación, debido a que los elementos tienden a adquirir mayores dimensiones con el objeto de reducir el numero de uniones y el de movimientos que deben efectuarse con las piezas.

Las restricciones en esta etapa provienen de los reglamentos de tránsito del país en cuanto al ancho y longitud de los medios de transporte que en un momento dado pueden ser resueltos mediante la obtención de permisos, pero los problemas insolubles provienen de la altura de los elementos que si representan una restricción física debido a que en el trayecto existirán casi con seguridad puentes o pasos a desnivel o bien instalaciones aéreas, que suele haber en las calles de las ciudades y en las carreteras del país.

Otra limitante del proceso constructivo es el montaje de los elementos, hincado en el caso de pilotes y tablaestacas, tendido de tuberías, etc; debido al peso y dimensiones de los mismos, así como por la altura de la obra y la distribución en la planta de edificación, por lo que puede constituirse en un serio problema si no se escoje el equipo adecuado para llevar a cabo el trabajo.



Los factores que intervienen en una buena selección de la maquinaria son:

- Capacidad de elevación: Medida en pesos, distancias de colocación y altura máxima alcanzable.
- Rendimiento: Refiriéndose a su velocidad de trabajo.
- Precisión: Para permitir colocar fácilmente a los elementos en el punto exacto sin golpearlos.
- Movilidad sobre el terreno: Se necesitará o no según el trabajo específico que deba desarrollarse.

Como ya mencionamos, los elementos prefabricados requieren de transporte que en ocasiones resulta costoso si la obra se encuentra lejos de la planta prefabricadora, durante esta actividad el movimiento mismo de los elementos, provocado por traslado o maniobra inadecuados, puede producir agrietamientos, fallas u otro daño al prefabricado.

El montaje representa otra desventaja si no se cuenta con el personal adecuado para llevar a cabo las conexiones y uniones en forma correcta, y estas además requerirán de la supervisión estricta para conseguir el correcto funcionamiento de las estructuras.

Sin embargo existen adicionalmente otros inconvenientes en el uso de los prefabricados como lo son:

- Utilización incompleta de las propiedades de resistencia del concreto a flexión y cortante.
- Dificultad de aplicación en vigas continuas y en empotramientos.
- Acoplamiento delicado de los elementos entre si y con el resto de la construcción.
- Colocación costosa.
- Necesidad de instalaciones especiales.
- Imposibilidad de admitir para la construcción sobrecargas no previstas o impactos.
- Trabajo de gabinete y preparación más importante y necesidad de planear con precisión el tiempo de montaje.
- Disminución del coeficiente de seguridad con relación a las construcciones metálicas.
- Restricción en la libertad de concepción de proyectos.

En contraste, el uso de prefabricados tiene como ventajas:

- Rapidez de construcción: Bien planeada la obra, se realiza en mucho menos tiempo que fabricada in-situ.
- Alta calidad: Al prefabricar los elementos en plantas especializadas se obtiene un gran control de calidad.
- Economía: Al ponerse a funcionar en menor tiempo las obras, producen más rápido.
- Recuperación de piezas: En muchos casos esto es posible con el fin de utilizarlas en otras obras.

- Menor costo de supervisión: Por venir los elementos garantizados por la planta prefabricadora.

Los principales materiales usados en la prefabricación pueden ser agrupados en: Metálicos, de madera, de concreto y de plástico.

Cada material tiene sus características de resistencia, costo, durabilidad, peso propio, aislamiento térmico, acústico, etc. que se analizan para que su uso sea aconsejable en una estructura de soporte, relleno, acabados o instalaciones.

Si el material seleccionado fuera el concreto, se deben conocer los productos de línea existentes en el mercado con el fin de obtener los más bajos precios, por tratarse de un elemento industrializado de alta eficiencia y fabricación en serie.

El siguiente paso es el análisis de factibilidad de transporte y montaje de los elementos y su interconexión. Es muy importante que estos prefabricados sean modulares para que las piezas en el mercado puedan ser interconectadas entre sí, sin grandes problemas.

En general las plantas prefabricadoras de elementos

de concreto, dan asistencia técnica gratuita al proyectista para lograr la más eficiente utilización de los productos, con lo que se logra desde su concepción, que el proyecto y la obra resulten de gran calidad.

Los prefabricados de concreto, más si son presforzados, tienen una gran capacidad estructural, pudiendo salvar grandes claros y soportar cargas mayores que las logradas con concreto colado in-situ reforzado.

Se puede afirmar que es aconsejable utilizar elementos estructurales prefabricados de concreto cuando:

- Se requiere hacer la obra con gran rapidez y limpieza.
- Sea necesario salvar claros grandes y cargas elevadas utilizando menor cantidad de material por metro cuadrado de superficie construida.
- Se necesite de materiales resistentes a torsión, intemperismo, resistencia al fuego, etc., y que en general casi no requieran mantenimiento y tenga larga vida.
- Se lleva a cabo el transporte y montaje de los elementos en forma sencilla y económica (accesos adecuados en la obra y distancia no muy larga a la planta de prefabricación).
- Es posible eliminar casi totalmente los andamios y

cimbras.

- Se consigue aprovechar mejor le tipo de secciones resistentes.
- Poder evitar las suspensiones de colado.

Análogamente es recomendable el uso de estructuras de acero cuando:

- Se requiere que el elemento tenga una resistencia constante a lo largo de su longitud.
- Tenga los tratamientos adecuados contra intemperismo, fuego y que a su vez sea económico.
- El transporte y montaje de los elementos sea sencillo y económico.
- Las conexiones sean lo suficientemente resistentes, ya sean tornillos, pernos, soldadura, grapa, pegado, etc.

Debido a que en la actualidad estos elementos son producidos con una alta tecnología, algunas personas lo consideran como una materia prima. Siendo que en este último caso, solo se deba seleccionar el perfil más adecuado a las necesidades de la obra (según las cargas actuantes) e indicar el tipo de unión, tratamiento, transporte y montaje.

Por esto último, no consideramos necesario desarrollar un capítulo de estructuras de acero en el presente trabajo de tesis, y solo mencionaremos que existen

algunos productos que se pueden considerar como prefabricados:

Mallarmex.

Armex.

Vigarmex.

que a continuación se comentan.

MALLARMEX.- Parrilla soldada de acero de alta resistencia, utilizada en losas de cimentación, entepiso y techos. Reduce el tiempo de armado en un 70% y los costos en un 16%.

Características:

Límite de fluencia ( $f_y$ ):  $5,000 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia a la tensión:  $5,700 \text{ kg/cm}^2$

Alargamiento a la ruptura: 8 %

Resistencia de la soldadura a la fuerza cortante:

$2,500 \text{ kg/cm}^2 \times A_s$

El tipo de malla indica que son cuadros de (6"x6") 15.24 x 15.24 cm, con alambres de un calibre cuyo diámetro se marca en la tabla con los dos dígitos siguientes (2/2).

Se suministra en:

H = hojas de 2.50 x 6 m con  $15 \text{ m}^2$ .

R1 = rollos de 2.50 x 40 m con  $100 \text{ m}^2$ .

R2= rollos de 2.50 x 80 m con 200 m<sup>2</sup>.

R3= rollos de 2.50 x 120 m con 300 m<sup>2</sup>.

Tipo	Diámetro del alambre mm	Area de acero. cm <sup>2</sup> /m	Peso kg/m <sup>2</sup>	Presentación	Peso kg/rollo
6x6-1/1	7.19	2.66	4.23	H	--
6x6-2/2	6.67	2.28	3.64	H	--
6x6-3/3	6.19	1.97	3.14	H	--
6x6-4/4	5.72	1.68	2.68	H-R1	268
6x6-6/6	4.88	1.22	1.95	H-R1	195
6x6-8/8	4.11	0.87	1.39	H-R2	139
6x6-10/10	3.43	0.60	0.96	R2	192
6x10-10/10	3.43	0.60	0.78	R2	155

Tipo	Peso kg/rollo	Diámetro del rollo cm
6x6-1/1	63.45	----
6x6-2/2	54.60	----
6x6-3/3	47.10	----
6x6-4/4	40.20	80
6x6-6/6	29.25	70
6x6-8/8	20.85	65
6x6-10/10	---	60
6x10-10/10	---	60

Tabla I.3.1. Características de malla MALLARMEY.

ARMEY.-

Armadura soldada de alta resistencia, especificada para castillos y dadas de muros de mampostería. Elimina el proceso de habilitación y armado, reduce el tiempo en un 70% y los costos en un 25%.

**Características ArmeX:**

**Refuerzo longitudinal:** Varillas corrugadas No. 2 de (1/4") 6.35 mm TEC-50, con la separación adecuada para obtener un recubrimiento mínimo de 1 cm.

**Refuerzo transversal:** Alambre del No. 8 (4.11 mm) a cada 15.8 cm.

**Límite de fluencia ( $f_y$ ):** 5,000 kg/cm<sup>2</sup>, mínimo garantizado en varillas y estribos, aun medido a través de los puntos de soldadura.

ARME X	Tipo	Sección del concreto cm	Sección de la armadura cm	Peso por tramo kg
Para muros de 15 cm de espesor	15x15-4	15x15	10x10	7.70
	15x20-4	15x20	10x16	8.17
	15x25-4	15x25	10x21	8.57
	15x30-4	15x30	10x26	8.96
Para muros de 12 cm de espesor	12x12-3	12x12	8x8	5.69
	12x20-3	12x20	8x16	6.29
	12x12-4	12x12	10x10	7.70
	12x20-4	12x20	10x16	8.17
	12x25-4	12x25	10x21	8.57
	12x30-4	12x30	10x26	8.96
Varios usos	15x10-4	15x10	10x6	7.38
	15x15-3	15x15	10x10	5.89
	10x10-3	10x10	6x6	5.46
	15-2	15xvar.	10x2	3.85
	12-2	12xvar.	10x2	3.85

**Tabla I.3.2. Características de la armadura ARME X.**



**Características Armex II:**

Refuerzo longitudinal: 4 varillas corrugadas No. 2.5 de (5/16") 7.94 mm, TEC-50.

Refuerzo transversal: Alambre No.6 (4.88 mm) a cada 20 cm.

Límite de fluencia ( $f_y$ ): 5,000 kg/cm<sup>2</sup>, mínimo garantizado en varillas y estribos, aun medido a través de los puntos de soldadura.

Se fabrica sobre pedido:

ARMEX II	Tipo	Sección del concreto cm	Sección de la armadura cm	Peso por tramo kg
Usos varios	15x15-4	15x15	11x11	11.41
	15x20-4	15x20	11x16	11.85
	20x20-4	20x20	16x16	12.29

Tabla 1.3.3. Características de la armadura ARMEX II.

**VIGARMEI.**— Armadura soldada de acero de alta resistencia para refuerzo de losas, refuerzo principal en viguetas para losas de concreto con bovedilla, en donde se elimina la cimbra de contacto.

Características: Se muestran en la tabla 1.3.4.

	Varilla superior	Estribos zig-zag	Varillas inferiores
TIPO	TEC-50	alambre	corrugado
Acabado	corrugado	liso	corrugado
Límite de fluencia kg/cm <sup>2</sup> (garantizado min.)	5000	5000	6000
Resistencia a la tensión kg/cm <sup>2</sup>	5700	5700	7000
Alargamiento a la ruptura (en 10 diámetros)	8%	8%	8%
Diámetros (min)	4.76mm(3/16")	4.11mm(cal)	4.76mm(3/16")
	6.35mm(1/4")		6.35mm(1/4")
(máx)	7.94mm(5/16")	4.88mm(cal)	7.94mm(5/16")

Tabla I.3.4. Características de la armadura VIGARMEX.

## CAPITULO II

## PRETENSADOS

## II.- PRETENSADOS

El presfuerzo es un método muy utilizado debido a que se aprovecha toda la sección de concreto mediante una precompresión, la cual puede realizarse con los siguientes procedimientos:

- Pretensado.
- Postensado.
- Compresión del concreto.
- Cemento expansivo.

En este capítulo desarrollaremos el procedimiento de pretensado, que consiste en crear en forma artificial un estado de esfuerzo de compresión inicial en el concreto mediante la aplicación de tensión en el acero antes de que la pieza se ponga en uso. Esto permite al proyectista cambiar la totalidad de las distribuciones de las tensiones iniciales de modo tal que, cuando la estructura se ponga en uso, se comportará según el propósito de éste.

Las estructuras diseñadas con este procedimiento utilizan mejor las secciones, por lo que emplean menos materiales, disminuyendo el peso muerto y el costo.

El alcance del presente capítulo abarca losas y traves

pretensadas, agrupando su desarrollo en:

- Especificaciones generales.
- Procesos de fabricación.
- Transporte y montaje.
- Selección comercial de pretensados.

Existen además otros elementos estructurales importantes, que serán tratados en capítulos posteriores.

## II.1.- ESPECIFICACIONES GENERALES.

El concreto pretensado es una técnica constructiva que consiste en someter un elemento de concreto a una fuerza de compresión previa, en la que deberá de resistir los esfuerzos de tensión al someterla a una carga. En el concreto armado el acero resiste directamente los esfuerzos de tensión, mientras que en el concreto pretensado el acero transmite compresión al concreto, la cual será anulada total o parcialmente bajo cargas de servicio.

Estas piezas presentan mayor resistencia a las cargas instantáneas, dinámicas y vibraciones.

Se llama pretensado porque el acero se tensa antes de que se cuele el concreto, para lo cual se fijan los extremos en un banco de colado, mediante bloques de anclaje y cuando el concreto ha fraguado, los esfuerzos del tensor se

transmiten al concreto por adherencia.

Como sabemos, los materiales involucrados en este proceso básicamente son: el concreto y el acero, los cuales deben de cumplir con las siguientes características.

#### 1.- Acero.

Para este proceso se puede utilizar cualquier clase de acero siempre que se tome en cuenta la relajación; definida como la pérdida de la tensión con el paso del tiempo, alargamiento y temperatura constante. La relajación está en función del esfuerzo inicial y duración del mismo, tendiendo a disminuir a largo plazo, por lo que el valor máximo de pérdidas se considera a las 1000 hrs. tomándose como un porcentaje de ésta respecto a la carga inicial.

Al tratar el acero de alta resistencia por estiramiento en frío, se obtienen alambres y barras. Los alambres pueden utilizarse individualmente, en trenzas de 2 ó 3 hilos, o cordones, o cables más complejos.

Los alambres son elementos de sección llena que se pueden suministrar en rollos, pudiendo tener un tratamiento térmico que los convierte en autoenderezantes: su diámetro oscila entre 2 y 8 mm, que son los diámetros aptos para su colocación en dispositivos de alimentación, en los bancos de pretensado.

Las barras son elementos de sección llena que pueden proveerse en elementos rectos debido a su rigidez.

Las trenzas son grupos de 2 ó 3 alambres enrollados en helicoides en torno a un eje común longitudinal.

Los cables son grupos de alambres enrollados en uno o más estratos alrededor de un alambre recto que es el eje longitudinal.

La adherencia del acero con el concreto es fundamental, por lo que se fabrican comunmente alambres o barras con ondulaciones.

La resistencia final y el alargamiento en rotura completan las características que debe cumplir un acero para pretensado.

El alargamiento para concreto pretensado es de 0.2% para fluencia, aun cuando los valores de tensiones correspondientes a alargamientos permanentes son de 0.05% y 0.1% para acero, sin embargo se considera el primer valor para los cálculos.

El módulo de elasticidad para secciones simples (circular u ovaladas) es igual a  $2 \times 10^6 \text{ dN/cm}^2$ , y para los

cordones, trenzas o cables compuestos va de  $1.95 \times 10^6 \text{ dN/cm}^2$  a  $1.85 \times 10^6 \text{ dN/cm}^2$ .

## 2.- Concreto.

En el estudio del concreto son importantes las siguientes características: granulometría, agregados, relación agua/cemento, compactación y curado.

El concreto para pretensado utiliza cemento de alta resistencia inicial y agregados de buena calidad, debido a esto su compactación y deformación es mínima, tiene retracción reducida y presenta mayor resistencia al cortante.

Se utiliza este concreto para disminuir las pérdidas de tensión en el acero, por lo que tiene un módulo de Young elevado, que nos indica una disminución en las deformaciones.

La calidad del concreto se comprueba al soltar los amarres de pretensado, si este no es de la calidad adecuada fallará en ese momento.

Otras características que debe cumplir el concreto en cuanto a resistencia y deformaciones son:

- Resistencia a compresión.- Es la característica debajo de la cual no se espera tener valores inferiores en más del 9% de los ensayos y su valor



mínimo debe superar al  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ .

- Resistencia de tensión.- Su valor se determina por ensayos normalizados, pero puede estimarse en base a las resistencias características a compresión del concreto.
- Deformaciones.- Por no ser el concreto un material elástico, hablaremos de módulo de elasticidad longitudinal, el cual se obtiene con el módulo de elasticidad tangente, que es un valor variable y se mide por la inclinación de la tangente a la curva esfuerzo-deformación unitaria en el punto correspondiente.

El cloro del agua utilizada en la elaboración del concreto puede provocar corrosión al acero de tensado, por lo que se trata de evitar tales daños, siguiendo las recomendaciones que a continuación se señalan:

- El contenido de cloro en el agua para la elaboración del concreto no debe sobrepasar los 600 mg de iones de cloro por cada litro. El agua de mar y otras aguas que contengan sal no deben de utilizarse en la elaboración de éste.
- Solo se pueden emplear aquellos aditivos que certifiquen su uso para concretos pretensados.
- El empleo del cemento aluminoso está prohibido, tanto para concreto pretensado como para concreto armado.

La técnica del pretensado se puede utilizar cuando se tengan materiales con características similares a las del concreto y acero respectivamente.

Este procedimiento se basa en la siguiente teoría, para lo cual consideraremos el caso general de vigas apoyadas en los extremos.

En el concreto armado el acero absorbe los esfuerzos de tensión por debajo del eje neutro que se crean al cargar la viga debido a que el concreto no resiste tensiones, mientras que en el concreto pretensado trabaja toda la sección de concreto, la cual queda sometida a esfuerzos de compresión que van desde cero en las fibras inferiores, hasta el esfuerzo máximo permisible en las fibras superiores.

Esta teoría admite que las secciones planas normales al eje de la viga, se conserven planas después de la flexión, y que los esfuerzos tanto de compresión como de tensión, son proporcionales a sus distancias para cada punto de la sección con respecto al eje neutro.

Ahora bien, si colocamos un cable de acero en la posición del eje neutro y se tensa, apoyándose contra las caras externas de la viga (vease fig. II.1.1), se producirá una compresión longitudinal constante en la sección analizada:

si se suman las acciones del momento debido al peso propio de la viga, los esfuerzos que se obtienen son: en las fibras superiores se sumaron los esfuerzos de compresión y en las fibras inferiores se restaron los esfuerzos de tensión a las compresiones iniciales, quedando la viga sujeta a esfuerzos de compresión mayores en las fibras superiores y disminuyendo linealmente hasta las fibras inferiores, si a este estado de esfuerzos se le suman las cargas exteriores, finalmente la viga quedará sujeta a esfuerzos de compresión máximos permisibles en las fibras superiores disminuyendo linealmente hasta llegar a cero en las fibras inferiores, llamándosele a esto Pretensado Total.

Por otro lado, el Pretensado Parcial es aquel que en el estado de esfuerzos final presenta compresiones máximas permisibles en las fibras superiores y las tensiones máximas permisibles del concreto en las fibras inferiores. Es evidente que si la viga esta sujeta a los esfuerzos del pretensado únicamente, se arqueará.

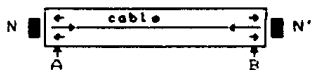


Fig. II.1.1 Viga de concreto con cable tendido en el eje neutro.

En este procedimiento el colocar el acero pretensado

recto en el eje neutro es la aplicación más simple, pero no se obtiene el mejor aprovechamiento de la sección, ni es la única posibilidad de utilizarlo.

Si los cables de pretensado se colocan por debajo del eje neutro, permiten aumentar los esfuerzos de compresión en las fibras inferiores de la sección y se presentan los esfuerzos de tensión en las fibras superiores, de modo tal que al actuar el peso propio de la viga, los esfuerzos de tensión iniciales se compensan con las compresiones ejercidas en dicha zona y las compresiones iniciales se contrarrestan con las tensiones provocadas en esta zona por el peso propio de la viga, pero sin anular toda la compresión inicial.

Como el momento flexionante es una curva parabólica, la excentricidad de los aceros no necesariamente es constante en toda la longitud de la viga. Debido a lo anterior, si se coloca un cable recto, este no permite la compensación de esfuerzos en los extremos de la viga tal y como se produce en el centro, resultando que en estos puntos los esfuerzos serían superiores a los permisibles, correspondiendo esto a un postensado, tema que se desarrollará más adelante.

Sin embargo, cuando se realiza el pretensado inicial, deben de tenerse en cuenta las pérdidas de este, que entre otras tenemos:

- Ajuste de anclajes.

- Fricción en el gato de tensado.
- Fricción entre el cable y el conducto.
- Reducción de la longitud del cable cuando se solidarizan ambos materiales debido a:
  - + Deformación elástica y la fluencia o por contracción del concreto.
  - + Relajación del acero.
  - + Varias.

\* Este procedimiento está regido por las siguientes

Normas Oficiales Mexicanas (NOM) :

NOM C-112-1978 "Terminología usada en elementos de concreto presforzado".

NOM C-247-1978 "Dimensiones y tolerancias de los elementos prefabricados tipo arquitectónico".

NOM C-248-1978 "Elementos de concreto prefabricado".

En el anexo 1 se encuentran la primera página de cada una de las normas anteriormente mencionadas, y pueden ser consultadas en el catálogo ANIPPAC en el apartado dedicado a ellas.

El concreto presforzado tiene un campo de aplicación relativamente limitado, debido a que se aplica a elementos unidireccionales tales como vigas, viguetas, losas aligeradas o nervadas, tuberías, postes, pilotes, columnas, durmientes, canales para irrigación, etc.

## II.2.- PROCESOS DE FABRICACION.

### 1.- Sistemas de pretensado y anclajes en los extremos.

El pretensado es el proceso consistente en el tensado de acero de refuerzo, que pueden ser varillas, alambres o cables, entre dos estribos antes del vertido del concreto. El acero tensado queda embebido en el concreto en su estado de alargamiento y no se suelta hasta que el concreto ha endurecido. Al soltar el acero estirado tiende a contraerse hacia su longitud original, pero se lo impide la adherencia con el concreto que lo rodea.

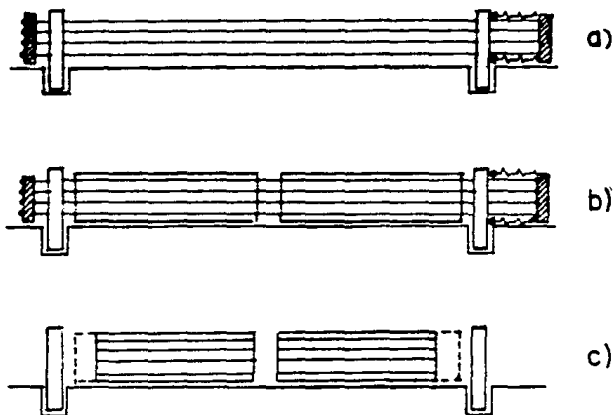


Fig. II.2.1. Banco de pretensado: a) Tensado de los alambres; b) Colado de las piezas; c) Aflojamiento del tensado tras el endurecimiento del concreto por corte de los alambres.

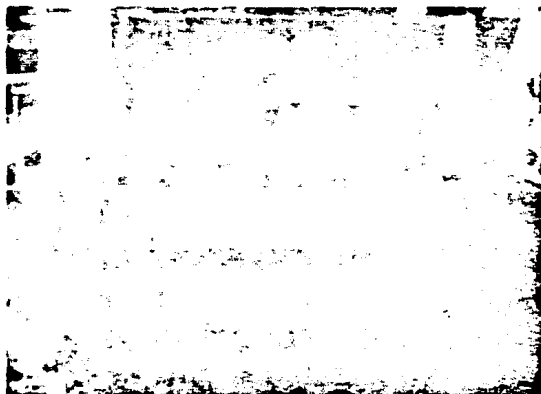


Fig. 11.2.2 Muerto de anclaje.

La necesidad de la adherencia para transmitir el presfuerzo entre el acero y el concreto induce al uso de alambres pequeños para asegurar buenos anclajes. Solamente se utilizan alambres mayores de 1/8" si se curvan a lo largo de su longitud, o si son corrugados.

Es importante destacar que se necesitan contrafuertes especiales (un banco de pretensado), para soportar temporalmente la fuerza de pretensado (Fig. II.2.1)

En el pretensado, el método más común para esforzar los tendones es el empleo de gatos. A menudo se usan gatos hidráulicos debido a su alta capacidad y a la fuerza relativamente pequeña requerida para aplicar la presión. Ocasionalmente se utilizan gatos de tornillo cuando la fuerza que se va a ejercer no excede más de 5 toneladas.

Los sistemas de los gatos varían desde jalar uno o dos alambres hasta varios cientos de ellos a la vez.

Existen gatos de doble acción los cuales jalan hasta 18 alambres o 12 cables a un mismo tiempo. Los alambres se acúan alrededor de la caja del gato y son estirados por el pistón principal, el cual reacciona contra el anclaje para asegurar los alambres; la presión en el martinete o pistón principal y en el pistón interior se deja escapar



gradualmente, y se quita el gato.

Para el pretensado no deben emplearse más que aceros especiales de alta resistencia.

El acero sujeto a tensión, pierde, a causa de la retracción, la deformación elástica y la fluencia del concreto, así como la del acero, unos  $1500-2500 \text{ kg/cm}^2$  de la tensión inicial de pretensado. Así, se empleará para el pretensado el acero de alta resistencia, pero en el caso del acero para el tensado su resistencia debe ser 3 o 4 veces mayor que la de los aceros de alta resistencia utilizados en las estructuras prefabricadas.

Finalmente, los bancos de pretensado para estructuras pretensadas de concreto armado se hacen de fuertes armaduras de acero o de concreto armado.

## 2.- Material para cimbras.

En el material empleado para cimbras o moldes, suele preferirse el acero, la madera o el concreto reforzado. Estos materiales pueden revestirse con fibra de vidrio o algún otro material plástico para producir superficies especiales. También se ha empleado el hule.

Debe tenerse cuidado de verificar que las cimbras no

se dañen durante la colocación y acomodo de mezcla; por ejemplo, cuando se empleen vibradores internos en cimbras de madera, las puntas de los vibradores deben protegerse con hule.

### 3.- El concreto y el colado de las estructuras prefabricadas.

El éxito de las estructuras prefabricadas depende principalmente de un colado bien elaborado, basado principalmente en lo siguiente:

- La resistencia del concreto debe ser considerablemente mayor que la media.
- El espesor del recubrimiento, debe ser de 2.5 a 6 cm.
- La superficie del colado debe ser agradable y lisa, sin ningún acabado es generalmente tosca.

Lo anterior no puede satisfacerse más que empleando la tecnología más desarrollada de la fabricación de concreto y su moldeo.

Por tanto deben usarse agregados de gran calidad asegurando así una mayor resistencia del concreto. Para producir grandes estructuras prefabricadas, deben clasificarse los agregados perfectamente. Un equipo adecuado parcial o enteramente automático, debe asegurar la dosificación por peso de los agregados.



Fig. 11.2.3 Almacenaje de agregados.



Fig. 11.2.4. Uosificadora en una planta de agregados.

La relación agua-cemento no debe ser mayor que la necesaria para un perfecto colado; debiendo ser ésta de 0.40 a 0.45.

El método empleado para colocar el concreto en las cimbras es importante para la compactación. Para expulsar la mayor cantidad posible de aire atrapado y mantener al mínimo el número de huecos en las superficies cimbradas, se recomienda que el vibrado se aplique en forma continua mientras se cuela el concreto.

Debe evitarse, en lo posible, depositar el concreto en varios montones. Las revolvedoras portátiles o las ollas deben descargar el concreto de manera continua y directamente en la cimbra, en vez de hacerlo en una cubeta y vertiéndolo en forma aislada.

Cuando se empleen mesas vibratoras o de golpoteo debe colarse una capa uniforme de concreto en el molde antes de poner a funcionar la mesa. Cuando se fabrican losas delgadas, la cimbra debe estar llena antes de iniciar el vibrado. Cuando el espesor sea mayor de 30 cm, es mejor emplear dos capas más. La consistencia del concreto y la superficie deseada también afectan el método a emplear; mientras menor sea la relación agua-cemento, menor debe ser el espesor del colado.

#### 4.- Aceleración del fraguado en el concreto.

La tendencia a acelerar el endurecimiento del concreto se justifica por la necesidad de acelerar el desmontaje, así como el transporte de las piezas prefabricadas.

El proceso de fraguado del concreto puede acelerarse de diversas formas. Los métodos más frecuentemente utilizados consisten en el empleo de cementos de fraguado rápido en lugar de los corrientes, la adición de productos químicos adecuados (aditivos) o el tratamiento térmico (empleando vapor a baja presión o a alta presión, aire caliente o calentamiento eléctrico).

El producto químico más frecuentemente usado para acelerar el fraguado es el  $\text{CaCl}_2$  (cloruro de calcio). La cantidad a añadir al agua es de 1.5% del peso del cemento. Esta cantidad no es perjudicial para el concreto sino que, por el contrario, aumenta la resistencia inicial del concreto en forma considerable. Sin embargo el empleo de  $\text{CaCl}_2$  para piezas de concreto armado que tienen superficies expuestas a la intemperie no es aconsejable porque el  $\text{CaCl}_2$  es un producto que absorbe mucha humedad.

Entre los métodos de tratamiento térmico el más frecuentemente usado es el curado con vapor a baja presión.

### 11.3.- TRANSPORTE Y MONTAJE.

Cuando el proceso de fabricación de los elementos pretensados ya ha sido completado, es decir, que ya ha sido colado, curado y descimbrado, se tienen que llevar a cabo una serie de movimientos y manipulaciones del mismo para finalizar el proceso que lleve a la terminación de dicho elemento, hasta su disposición final como parte de una estructura.

Estos movimientos los agruparemos en tres procesos diferentes: Almacenaje, Transporte y Montaje.

El primero se refiere al movimiento que se genera por la necesidad de retirar a los elementos del área de fabricación para continuar con el proceso de producción, llevándolos a un área de almacenaje para quedar en espera de su traslado a la obra de la que formará parte. Eventualmente se requiere implementar un almacén a pie de obra, aunque no es lo recomendable porque aumenta los riesgos propios de la manipulación, como la rotura o algún otro tipo de desperfecto, y eleva considerablemente el costo; sin embargo en algunos procesos muy complejos si es necesario llevarlo a cabo.

En ambos casos deben cumplirse algunos requisitos en la elección del sitio que será destinado para este efecto, así como de sus características físicas; primeramente el almacén

deberá estar correctamente ubicado, es decir que debe estar situado en un lugar cercano al sitio de montaje o al sitio del que proviene (la obra o la nave de fabricación respectivamente), seguidamente se debe tener en cuenta que un acceso inadecuado puede ser un serio impedimento para que los movimientos de carga y descarga se lleven a cabo eficientemente, y, finalmente, la extensión de dicho almacén debe fijarse de acuerdo a la cantidad de elementos que se pretende almacenar (que a su vez está en función del ritmo de fabricación o montaje), de acuerdo a la naturaleza de las piezas así como del tipo de maquinaria con que se cuenta para el transporte y apilado.

De igual manera es necesario llevar a cabo el almacenaje con orden y sencillez, la experiencia ha dado algunas normas en la forma de llevarlo a cabo, como por ejemplo nos dice que solo deben agruparse y apilarse elementos iguales, y que en general es muy conveniente almacenar las piezas en la misma posición en la que se usarán. El aspecto financiero también interviene en el almacenaje y, en este sentido, se recomienda que el volumen de piezas almacenado sea el menor posible con el objeto de reducir el capital inmovilizado.

Cuando las piezas se apilan es necesario asentirlas en elementos blandos (generalmente de madera o cartón) para evitar las roturas o desperfectos que pueden ocasionarse por

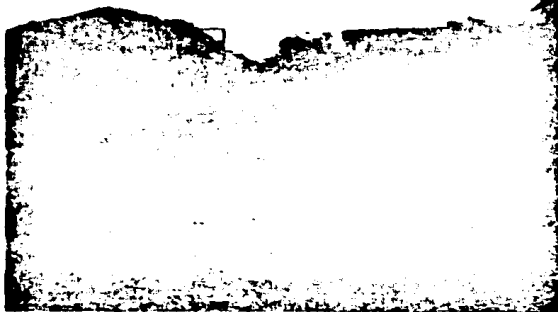


Fig. 11.3.1. Transporte de losa extruida.

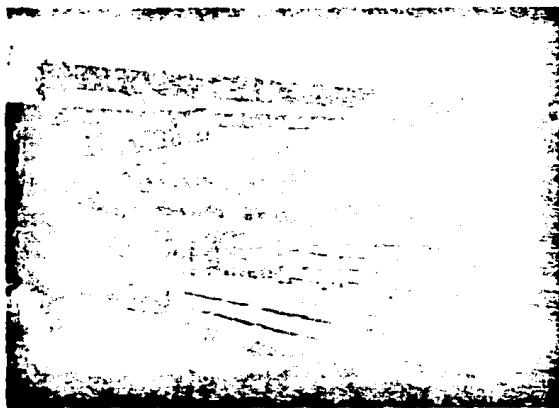


Fig. 11.3.2. Almacenaje con grúa portico.



las fricciones entre ellas. Al hacerlo debe elegirse una distribución de apoyos que no generen fuerzas superiores a las de servicio, ya que de otra forma pueden provocarse roturas o fisuras por esfuerzo cortante principalmente, la forma más sencilla de lograrlo es que los apoyos estén distribuidos de acuerdo a las condiciones de diseño.

El siguiente grupo de movimientos es el relativo al transporte, que incluye la carga, traslado y descarga. En cuanto a la carga, esta suele efectuarse con la maquinaria que se emplea en el almacén y de igual modo la descarga se llevará a cabo con la del montaje en la obra.

El traslado de las piezas debe hacerse respetando las condiciones de apoyo descritas anteriormente. Como ya hemos mencionado al inicio de este trabajo de tesis, es una restricción dentro del proceso, a tal grado que se dice que "Los límites de la Industria de la Prefabricación no los fija la producción de las piezas sino su manipulación", refiriéndose al transporte y montaje. La razón de ello está en las dimensiones geométricas y pesos que suelen alcanzar, ya que los principales problemas en el caso del transporte se generan más por la geometría que por el peso y en el montaje es a la inversa.

En el caso de los elementos pretensados las limitaciones geométricas se traducen a restricciones en el

largo de los elementos.

En países más desarrollados, se permite transportar por carretera elementos hasta de 15 m sin ninguna restricción, pero más largos requieren permisos especiales difíciles de conseguir. En algunos lugares se ha podido transportar vigas hasta de 40 m en forma excepcional, pero en buena parte de los países europeos el promedio es de 14 a 16 m de largo.

En México las limitaciones provienen del equipo con que se cuenta para llevar a cabo el transporte, y de las características geométricas de las carreteras. llevando esto en algunas ocasiones, a dimensiones bastante mayores que las recomendables, llegando incluso a salvar los obstáculos físicos con grúas ubicadas en los puntos críticos del camino.

Sin embargo esto eleva considerablemente el costo y provoca que el prefabricado entre en competencia con otros sistemas constructivos en forma desfavorable.

Aunque el medio de transporte foráneo más socorrido es el automotor, debido a su flexibilidad e independencia, el ferrocarril pudiera participar como medio auxiliar para grandes distancias. Sin embargo en nuestro país al hacer la comparación entre uno y otro medio, llegamos a la conclusión de que el transporte por carretera es de hecho el único que

puede emplearse, debido a la incipiente red ferroviaria, en contraposición con la extensa red de carreteras, al costo elevado de éste y a la diferencia en el tiempo de entrega.

En cuanto al transporte urbano de piezas muy largas, es conveniente diseñar el trayecto y recorrerlo previamente con el fin de detectar las posibles restricciones al tránsito de estos elementos. En este sentido es muy importante el radio de giro (dado por la amplitud de las calles), y el radio de maniobra del vehículo, así como las restricciones generadas por el horario, siendo más sencillo transportarlos en la noche que en el día.

Finalmente, el tercer grupo de movimientos es el montaje de los elementos, siendo este uno de los aspectos que más cuidadosamente debe estudiarse. Para llevarlo a cabo es necesario que los elementos sobre los cuales se montará tengan las preparaciones necesarias para que posteriormente al montaje se lleven a cabo las conexiones que especifique el proyecto, y que se tome en cuenta que el proceso de montaje provoca un estado de esfuerzos en la pieza muy diferente del que tendrá dentro de la estructura, y que puede llegar a ser tan desfavorable que puede llegar a dañarla irreversiblemente, por ello una vez que se ha definido el proceso de montaje, debe ejecutarse con el mayor apego posible y no dar lugar a improvisaciones muy comunes en las obras de tipo monolítico.

El montaje es uno de los procesos que mayor cantidad de mano de obra requiere, en cuanto a número y especialidades; requiere también de la coordinación de los equipos de transporte, elevación, colocación y fijación, también hay que tomar en cuenta que el ritmo de montaje condiciona al ritmo de transporte, debido a que éste debe suministrar en forma ininterrumpida piezas a la maquinaria de elevación.

Por otro lado, otro aspecto que afecta al montaje es la selección de la maquinaria adecuada, ya que existe una gran variedad de ellas que puede llevar a cabo el trabajo, y debe elegirse la más idónea, tomando en cuenta por un lado las características de los elementos montados como:

- El número de elementos.
- Sus dimensiones.
- El peso.
- Su tipo.

las características inherentes a la obra como son:

- Su altura.
- Distribución de la planta de edificación.

y también considerando las cualidades técnicas de la maquinaria de montaje que nos afectan directamente como son:

- Capacidad de elevación: En cuanto a pesos y distancias de colocación, así como la altura máxima alcanzable.
- Rendimiento: Su velocidad de trabajo.

- Precisión: Que permita colocar fácilmente los elementos sin golpearlos.

Respecto al segundo y tercer punto se recomienda maquinaria con un mínimo de dos velocidades de trabajo, una para elevar rápidamente las piezas y otra más lenta para el montaje.

Aunque para seleccionar la maquinaria más adecuada es necesario conocer a fondo las cualidades y limitaciones de una diversidad de ellas, no haremos un estudio detallado porque este excedería los alcances de este trabajo, por ello solo nos limitaremos a mencionar que existen algunas clasificaciones de las maquinarias de elevación y montaje, de entre las que escogimos la del húngaro Laszlo Mokk por considerarla la más completa, ya que él divide, como puede verse en la Fig. II.3.3., a la maquinaria en:

- A.- Gruas de torre fija.
- B.- Gruas sobre orugas.
- C.- Gruas sobre camión.
- D.- Gruas sobre pórtico.
- E.- Gruas de mástil.
- F.- Gruas sobre mástiles gemelos.

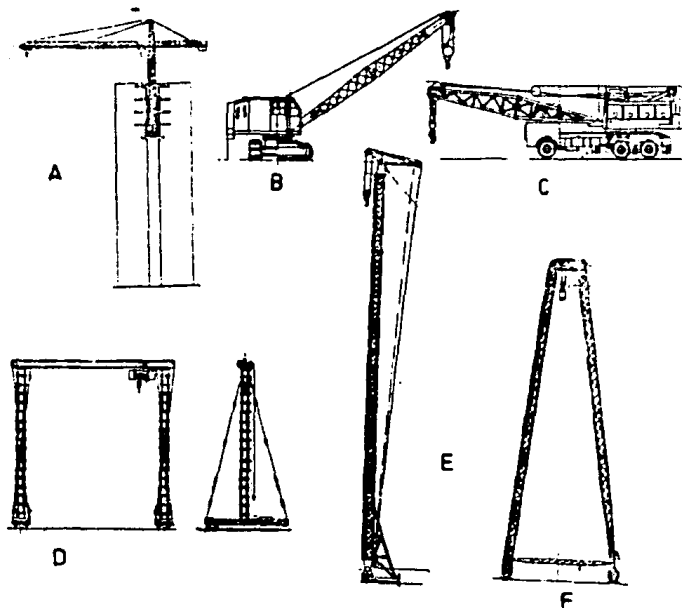


Fig. II.3.3. Tipos de grúas.

Las piezas pretensadas, vigas o losas, normalmente se montan suspendidas de dos puntos, pero en el caso de vigas extremadamente largas puede ser necesario suspenderlas de las secciones correspondientes a los apoyos, llegando en algunas ocasiones a requerir el uso de dos o más grúas.

Para elevarlas se les sujeta de ganchos que están ahogados en la pieza, generalmente el material es el mismo cable o torón que se utiliza para aplicar el pretensado al



Fig. 11.3.4. Montaje de losa e truíde.



Fig. 11.3.5. Montaje de losa 177.

elemento, y al ser elevados por la grúa es conveniente que esta no tenga que desplazarse al efectuar su trabajo, es decir, que pueda tomarlos, elevarlos y montarlos estando en un solo punto sin necesidad de perder tiempo en desplazamientos.

Eventualmente se efectúa el montaje por medio de eslingas abrazando la pieza, siendo en este caso conveniente el colocar cuñas de madera o tacos de neopreno para evitar dañar la pieza o bien para cuidar el aspecto de las mismas en el caso de que este sea importante.

Para la elevación de vigas y losas, normalmente se requieren cuando menos cinco trabajadores, dos que enganchen la pieza y la guíen, otros dos que se encarguen de su ajuste, uno en cada extremo, y un operador que se encarga de manejar la grúa.

Una vez que la pieza descansa en sus apoyos, se procede a desengancharla de la grúa, y en algunos casos es conveniente proceder a su arriostamiento provisional. En otras ocasiones en que los extremos de las vigas vayan unidos rigidamente a las columnas puede ser necesario montar apoyos provisionales.

Uno de los aspectos más destacados en el diseño, comportamiento estructural y construcción con elementos prefabricados son las condiciones entre ellos o bien con



estructuras de concreto reforzado convencional. Para ambos casos se requiere llevar a cabo un diseño minucioso y una construcción metódica para resolver correctamente este problema.

Por un lado, las conexiones deben garantizar la sección integral de la estructura bajo cualquier condición de carga, teniendo para ello que desarrollar dos funciones primordialmente:

- 1.- Transmitir el cortante sin permitir el deslizamiento a lo largo de superficies de contacto.
- 2.- Evitar la separación de los elementos en dirección normal a las mismas.

Y por otro lado, deben diseñarse para permitir movimientos longitudinales y rotación, a menos que los miembros del apoyo sean lo suficientemente flexibles.

Debido a que el empleo del prefuerzo provoca un comportamiento diferente al que posee el concreto armado convencional, los elementos prefabricados tienden a contraerse y deformarse excesivamente en el momento que los refuerzamos. Se ha observado que las grietas por retracción durante la deformación plástica se concentran básicamente en las conexiones, a diferencia de los miembros de una estructura monolítica convencional, en donde se distribuyen a todo lo largo del elemento. Los prefabricados suelen ser

mucho más esbeltos que los colados en sitio, y por ello están sujetos a un giro mayor en los extremos; las diferencias de temperaturas también los afectan en mayor medida provocando variaciones en contraflechas y deflexiones.

El diseño bien entendido, seguro y económico de las conexiones de concreto prefabricado, requieren del conocimiento de todos los procesos involucrados, como la producción de los elementos, su transporte y montaje, los procedimientos generales de diseño, tolerancias, todos los sistemas posibles de cargas o fuerzas, los factores de carga que a fin de cuentas determinarán el grado de seguridad de la estructura y el comportamiento de las cargas de servicio entre otros.

La conexión soportará las cargas típicas que comúnmente se consideran en el diseño de la estructura, es decir cargas por gravedad, resultante de cargas vivas y muertas, cargas por viento, cargas sísmicas o cualquier otra carga lateral que pueda ser inducida, como la que proviene de gruas o maquinaria que provoque vibraciones.

Sin embargo no es conveniente pasar por alto las cargas diferentes a las típicas, ya que las fuerzas y esfuerzos ocasionados por las restricciones impuestas al elemento o bien por el montaje principalmente, pueden provocar drásticas alteraciones que pueden llevar al colapso

de la pieza.

Durante el montaje es factible que la conexión ya fabricada reciba cargas mayores que cuando este ha finalizado, estas cargas especiales incluyen vientos durante la construcción, que provoquen esfuerzos diferentes a los de servicio, fuertes impactos, cargas excéntricas, resultado de torsiones o variaciones temporales en la posición prevista de las cargas.

Las restricciones debidas a la fricción entre las conexiones o a la soldadura de uno o ambos extremos, aunado al cambio de volumen provocado por los cambios de temperatura, fluencia o contracción, desarrollan fuerzas considerables que si no son tomadas en cuenta pueden dar por resultado el subdiseño de la conexión, lo que disminuye notablemente su capacidad de carga.

Todas las conexiones deberán estar diseñadas, ya sea para resistir totalmente estas cargas o bien para limitar la magnitud de las fuerzas a una cantidad manejable a través del uso adecuado y juicioso de los detalles de conexión y de los materiales para reducir la formación de restricciones.

Uno de los detalles más recomendados para reducir las fuerzas ocasionadas por las restricciones, es la utilización de las llamadas conexiones suaves, es decir, que entre con-

miembros rígidos que descansan simplemente el uno sobre el otro, tienen un material blando entre ellos, que regularmente es neopreno.

En contraposición existen conexiones conocidas como duras que toman todas las cargas. Son uniones perfectas entre los dos elementos, ya sea con soldaduras, cuando tenga perfiles estructurales o placas de acero colocadas expreso, o bien rellenando perfectamente los espacios vacíos con concreto reforzado expansivo.

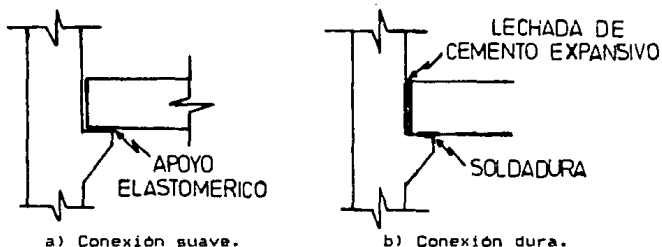


Fig. 11.3.6. Detalles de conexión entre viga y columna.

Sin embargo, la mayoría de las conexiones que involucran pretensados no son totalmente duras o blandas, ya que se emplean dispositivos que permiten algunos movimientos pero restringen otros, como puede verse en la figura 11.3.7 extraída del anexo 2, en la que se muestra una ménsula de concreto reforzado que sobresale de la columna, se aprecia un amortiguador elastomérico de apoyo y placas de refuerzo en los puntos de descanso, permite el libre giro ocasionado por

los momentos pero puede no hacerlo mediante la aplicación de una lechada expansiva.

Por otro lado, en lo que se refiere a las tolerancias y factores de carga que determinarán el comportamiento y la seguridad de las conexiones, no queremos dejar de mencionar que son responsabilidad directa del ingeniero estructurista y que deben ser cuidadosamente seleccionados por él, considerando su estrecha relación con la producción y el montaje, así como su relación con las cargas de diseño de la estructura ya montada.

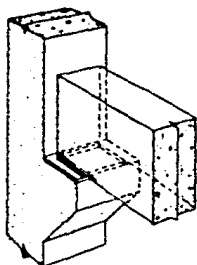


Fig. 11.3.7. Detalle de conexión entre viga y columna.

El aplastamiento es una de las condiciones que puede provocar la falla en la conexión, variando si tiene o no amortiguadores de apoyo.

La falla por aplastamiento en concreto simple se

puede apreciar en la figura 11.3.8, y representa la condición ideal de esfuerzos uniformes con cargas verticales actuando sobre la conexión.

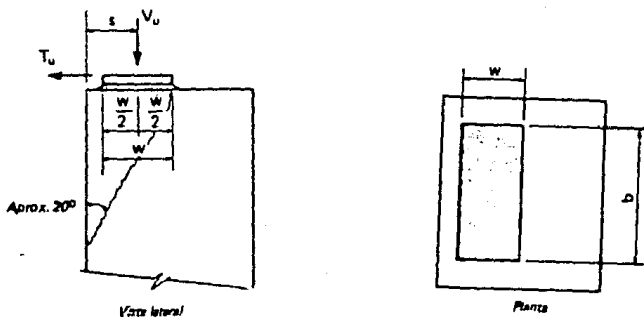


Fig. 11.3.8. Falla por aplastamiento.

Para el diseño por aplastamiento de estos elementos es necesario también diseñar el amortiguador, si es que se incluirá, y revisar primeramente como concreto simple, y si el resultado no es satisfactorio, tendrá que diseñarse el confinamiento a base de acero de refuerzo. Esto último ocurre en miembros sujetos a cargas pesadas o cuando resistan grandes fuerzas laterales.

Otro concepto por el que debe diseñarse es el cortante, que puede transferirse por medio del concreto de la conexión, por perfiles de acero empotrados o por una combinación de ambos.

Y finalmente tendrá que diseñarse la pieza para fuerzas por cambio volumétrico, que como ya hemos visto provienen de las restricciones que se impongan a la conexión y de la restricción a la fluencia, contracción o cambios de temperatura.

Por otro lado, el diseño no puede llevarse a cabo sin tomar en cuenta el aspecto constructivo, la normalización de las conexiones permite mejorar el control de calidad en la obra, y contribuye a la economía de la misma.

Es muy importante que la construcción de las uniones sea cómoda y que las pequeñas e inevitables imprecisiones y desviaciones estén dentro de las tolerancias, y no influyan en los esfuerzos previstos de modo perjudicial. adicionalmente, debido a la densidad de los armados que suelen utilizarse, se sugiere que la separación mínima entre las diversas piezas dentro de la conexión sea mayor de 6 mm, prefiriéndose de 10 mm.

El exceso en la densidad de los armados puede producir dificultad en el colado y vibrado del concreto, lo que acarrea cavidades en el interior de la conexión, también puede producir que el armado quede colocado en forma incorrecta.

La construcción de uniones exige, debido a su

dificultad, un gran control de calidad, todas y cada una de ellas deben ser minuciosamente inspeccionadas para corroborar que efectivamente se esta llevando a cabo como lo exige el proyecto, ya que como hemos mencionado con anterioridad, en la prefabricación menos que en otro sistema constructivo la improvisación puede admitirse.



Fig. II.2.9. Vista panorámica de una obra de prefabricados en la Cd. de México.



#### 11.4.- SELECCION COMERCIAL DE PRETENSADOS.

Dadas las condiciones de cada obra, tanto arquitectonicas como estructurales, se decide si es conveniente el uso de prefabricados tomando en consideración las ventajas, desventajas y costos que estos presentan. Entre las ventajas tenemos principalmente tiempo y calidad.

Antes de hacer una selección de pretensados se deben de conocer los elementos que existen en el mercado, así como sus características, por lo cual presentamos aqui una lista de dichos elementos con sus respectivas características.

Refiriéndonos al catálogo de ANIPPAC, los elementos estructurales estan clasificados por una clave y un tipo.

Si la clave fuera 59-1-TT-03, tenemos:

- 59 - Página donde se encuentran las características geométricas del elemento o las gráficas para selección de estos.
- 1 - Sección de pretensados.
- TT - Geometría del elemento (en este caso corresponde a una losa doble T).
- 03 - Es el número de proveedor de acuerdo al catálogo.

Si el tipo seleccionado fuera 250/40, tenemos:

- 250 - Ancho total de la sección.

40 - Peralte del elemento (en el caso de sección compuesta el peralte total será el indicado en el tipo más el espesor del firme).

Las principales características que aparecen en las tablas según su clave y tipo son:

Mu - Momento último en TON-m.

B - Ancho total de la sección.

H - Peralte total de la sección.

Yi - Distancia de la fibra inferior al centroide.

Ys - Distancia de la fibra superior al centroide.

Si - Módulo de sección inferior.

Ss - Módulo de sección superior.

I - Momento de inercia.

P.P. - Peso propio en kg/m.

Las gráficas para la selección de los elementos, tienen en el eje de las abscisas la longitud del elemento en metros y en el eje de las ordenadas la capacidad de sobrecarga útil en  $\text{kg/m}^2$ , donde la sobrecarga útil esta dada por la suma de carga viva y carga muerta adicional (acabados, alfombras, etc.), las curvas que se presentan en dichas gráficas corresponden a los tipos de elementos a seleccionar.

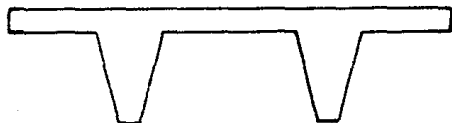
- Losa doble "T" (TT).

Es un elemento estructural pretensado que se produce en diferentes anchos, peraltes y longitudes (ver tabla II.4.1), fabricado con un concreto de  $f_c = 750 \text{ kg/cm}^2$  y acero de  $f_{s_{ult}} = 18,900 \text{ kg/cm}^2$ , que puede llevar o no firme.

a)



b)



c)



Fig.II.4.1 Geometría de las losas TT (a, b y c).

Ancho (cm)	Peralte (cm)						Espesor (cm)	Geometria Fig.II.4.1
250	40	50	60	70	80	90	5	a
300	40	50	60	70	80	90	5	a
250	45	55	65	75	85	95	10	a
300	45	55	65	75	85	95	10	a
250	30	40	50	60	70		5	a
250	60						5	b
250	40	50	60				5	b
300	40	50	60	70	75		5	b
244	50	60	70	80			5	a
100	20	30	40				4	c
140	50	60					4	c
150	20	30	40				4	c
165	70						4	c
180	40						4	c
166	20	30					4	c
200	50	60	70				4	c
250	50	60	70				4	c
300	70						4	c
250	31	41	51	61			6	b
300	51	61	71	81	91		6	a
150	30	40	55				5	b

Tabla II.4.1 Características geométricas de losas TT.

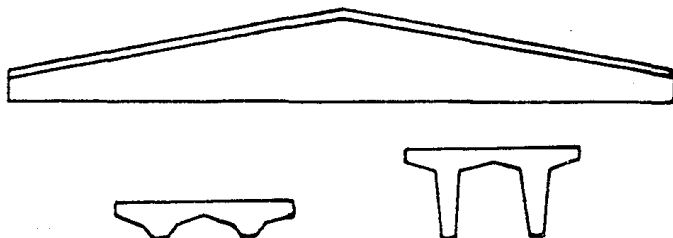
-Losas doble T de peralte variable (TTV).

Elemento estructural preforzado de peralte variable a lo largo de la sección, siendo este el máximo en el centro y mínimo en los extremos, se producen generalmente de 3 m de ancho, variando su longitud, también puede variar el ancho en

forma trapecial, para poder utilizarlas en desarrollos de curvas, las características de estos elementos se presentan en la tabla II.4.2.

Ancho (cm)	Peralte en el extremo (cm)						Peralte en el centro (cm)					
	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	50	60	70	80	90	105
300	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	64	83	102	121	140	159
300	37.5	28.1	30.0	27.0	42.5		75	75	85	105	136	

Tabla II.4.2 Características geométricas de las losas TTV.



Sección en el extremo.

Sección al centro.

Fig. II.4.2 Geometría de las losas TTV.

- Trabe T (T).

Son elementos estructurales que pueden o no ser autopresforzantes, con un ancho máximo de 3 m, con peralte

variable y con una longitud máxima de 32 m, (ver tabla 11.4.3) puede llevar o no firme. Se fabrica con un concreto de  $350 \text{ kg/cm}^2$  y acero de  $f'_{st} = 18,900 \text{ kg/cm}^2$ .

Ancho (cm)	Feralte (cm)								Geometria (Fig.11.4.3)
	50	60	70	80	90	100	110	120	
300	50	60	70	80	90	100	110	120	a
300	80	100	120	130	140				b
60	55								c
75	55								c
200	170								d
100	60	80	100	120					a
150	60	80	100	120					a
200	60	80	100	120					a
250	60	80	100	120					a
300	60	80	100	120					a
200	100								a
250	125								a
150	80								a
250	80	100	120						a
300	80	100	120						a

Tabla 11.4.3 Características geométricas de las losas T.

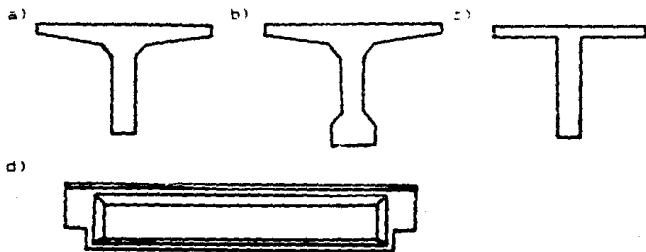


Fig.II.4.3 Sección transversal de una trabe "T" (a, b, c y d).

- Trabe TY (TY).

Son elementos presforzados, los cuales pueden variar el ángulo que forman las aletas con el nervio de  $20^{\circ}$  (generalmente  $35^{\circ}$ ) respecto a la horizontal, cubren claros hasta de 30 m, fabricados con un concreto de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  y acero de  $f's_{ult}=18,900 \text{ kg/cm}^2$ . Las características de estos elementos se presentan en la tabla II.4.4.

Ancho (cm)	Peralte (cm)							
	56	66	76	86	96			
300	88	98	108	118	128	138	148	156
244	79	98	119	134				
285	80	100	120					
150	100							
250	120							
270	155							
300	156							

Tabla II.4.4 Características geométricas de la trabe TY.

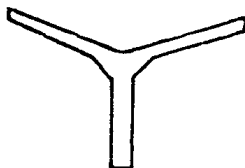


Fig. II.4.4 Sección transversal de una trabe "TY".

- Trabes portantes "T" invertida (TF).

Son elementos estructurales que se fabrican en diferentes anchos, peraltes y longitudes (ver tabla II.4.5), se emplea en su elaboración un concreto de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  y acero de  $f's_{ult}=18,900 \text{ kg/cm}^2$ . En el caso de la sección "T" invertida y de la "L", el peralte del nervio debe estar en función del sistema de entrepiso.

Tipo de trabe	Ancho (cm)	Peralte (cm)		Geometria (Fig. II.4.5)
"T" invertida	60	80		a
Rectangular	40	60		b
Viga Cuña	92	64		c
Trabe "L"	45	60	80 100	d
Rectangular	30	40	50 60	e
"T" invertida	60	60	80 100	f

Tabla II.4.5 Características geométricas de las trabes portantes (TF)

- Trabe AASHID (TA).

Son elementos estructurales presforzados de sección I; con peralte constante, se usan como trabes de puentes para salvar claros hasta de 31 m de longitud. Se fabrican con concreto de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  y acero de  $f's_{ult}=18,900 \text{ Kg/cm}^2$ , las secciones mas comunes de estos elementos se presentan en la tabla II.4.6.



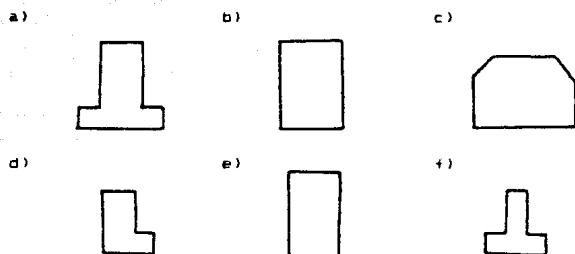


Fig. II.4.5 Secciones de traveses Portantes (a, b, c, d, e y f).

Ancho (cm)	Ferrote (cm)	Geometria Fig.II.4.5
56	115	a
66	155	a
56	115	b
66	135	b
107	160	a
107	180	a
56	115	a
66	135	a

Tabla II.4.6 Características geométricas de la trabe AASHTO.

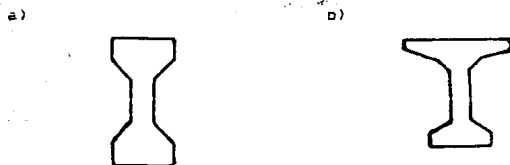


Fig. II.4.6 Secciones de traveses AASHTO a y b.

- Trabe Cajon (TC).

Estos elementos pueden fabricarse de dos formas, con o sin aletas y sus características geométricas se presentan en la tabla II.4.7.

1) Con Aletas.

Es un elemento estructural que puede fabricarse con peralte constante o variable, se producen en planta o a pie de obra con concreto de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  y acero de  $f's_{ult}=18,900 \text{ kg/cm}^2$ .

A.

2) Sin Aletas.

Es un elemento estructural de peralte constante, se puede fabricar en planta o a pie de obra con concreto de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  y acero de  $f's_{ult}=18,900 \text{ kg/cm}^2$ .

Tipo de elemento	Ancho (cm)	Peralte (cm)			Geometria Fig.II.4.7
		40	50	50	
Con aletas	250	40	50	50	a
	250	115	135		a
	200	110			a
	400	170			a
Sin aletas	91.5	70	85		b
	90	50			c

Tabla II.4.7 Características geométricas de la trabe cajon (TC)

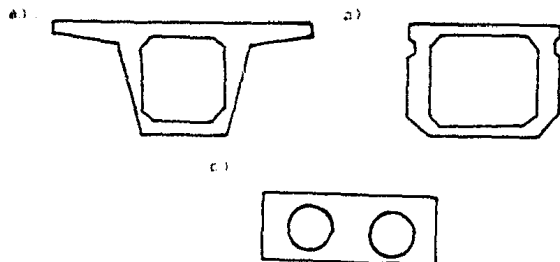


Fig. 11.4.7 Sección transversal de las trabes  
Cajón a, b y c.

- Losa Entruada Aligerada (LE).

Elemento estructural prefabricado de sección rectangular y aligerado por medio de ductos de diversas características, formados sin necesidad de ninguna camisa o recubrimiento especial. Se pueden fabricar en diferentes anchos, peralte y longitudes. La diferencia importante independiente del ancho y peralte, es la sección geométrica con la que está aligerada, por lo que la tabla 11.4.6 está basada en la geometría.

-Vigueta y bovedilla (VB).

Es un sistema formado por una vigueta de concreto pretensado, una bovedilla y un firme de concreto colado en sitio (armado con una malla para cambios de temperatura), de

los cuales los elementos fabricados comunmente se presentan en la Tabla 11.4.9.

Tipo				Geometria (Fig.11.4.8)
19.7/15	19.7/30			a
19.7/20	19.7/35			b
120/20-04a	120/20-044	120/20-054	120/20-045	c
120/20-055	120/20-045	120/20-05b	120/20-046	c
120/20-078				c
120/25-044	120/25-054	120/25-054	120/25-055	c
120/25-043	120/25-052	120/25-058	120/25-068	c
120/25-088				c
SDN43/8"H	SDN63/8"H	SDN41/2"H	SDN63/8"H	d
SDN41/2"H	SDN61/2"H	SDN63/8"H	SDN41/2"H	d
SDN61/2"H				d

\* En el caso de que el tipo este dado por SDN43/8"H, el 43/8" significa cuatro torones de tres octavos de pulgada.

Tabla 11.4.8 Características geométricas de la Losa Extruida Aligerada (LE).

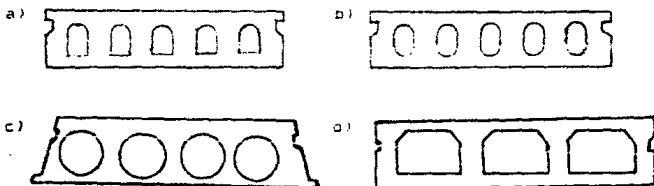


Fig. 11.4.8 Secciones transversales de las losas extruidas aligeradas (a, b, c y d).

Elemento	Ancho (cm)				Peralte (cm)				Geometria (Fig.II.4.9)
Vigueta	15	25			12				a
Bovedilla	43	43	63	83	15	25	15	15	a
Vigueta	10				10	15			c d
Vigueta T 14									
Vigueta	14				14		14		e
Bovedilla	45	55	45	35	14	25	14	25	e e e
	45				45		45		
Peralte de la losa. (cm)	Peralte de la vigueta. (cm)			Peralte de la bovedilla. (cm)		Peralte del firme. (cm)		Geometria Fig.II.10	
16	11			17		3		b	
19	11			16		3		b	
23	11			20		3		b	
30	13			26		4		b	

Tabla II.4.9 Características geométricas de la Vigueta y Bovedilla

- Losas precoladas (LP).

Es una placa de concreto prefabricado o pretensado que se coloca sobre una estructura cubriendo el área deseada con un firme de concreto colado en sitio, es posible aplicar un acabado a la cara inferior. Sus principales dimensiones y geometrías se presentan en la tabla II.4.10.

a)



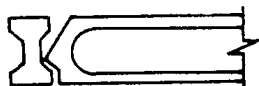
b)



c)



d)



e)

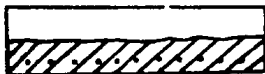


Fig. II.4.9 Secciones más comunes de viguetas y bovedillas (a, b, c, d y e).

Feralte total. (cm)	Peralto (cm)	Ancho (cm)	Longitud	Geometría (Fig.II.4.10)
10	5.4	250	variable	a
10	5.0	variable	variable	a
22	--	90	variable	b

Tabla II.4.10 Características Geométricas de Losas Frecoladas (LP).

a)



b)



Fig.II.4.10 Secciones más comunes de losas precoladas, donde la sección achurada es la prefabricada.

- Losa múltiple nervada (LMN).

Es un elemento pretensado que tiene varios nervios dependiendo del ancho, el más común es de 250 cm y tiene peraltes variables como se muestra en la tabla II.4.11.

Ancho (cm)	Peralte (cm)			
250	20	25	30	40

Tabla II.4.11 Características Geométricas de la Losa Múltiple Nervada (LMN)

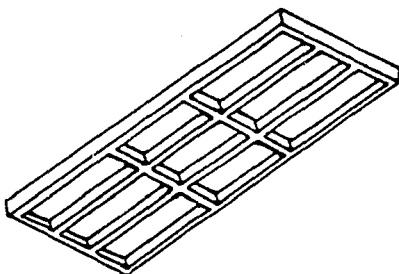


Fig. II.4.11 Geometría de las losas múltiples nervadas.

La selección de los pretensados se realiza con el siguiente procedimiento:

- 1.- Selección del elemento de acuerdo a las necesidades de la obra. Dependiendo del uso de la estructura el reglamento

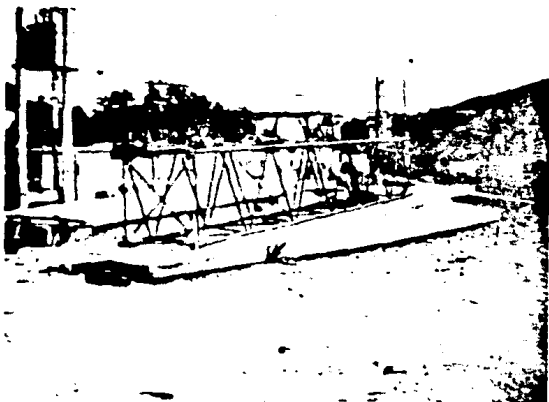


Fig. II.4.12. Losa "TI" de peralte variable.

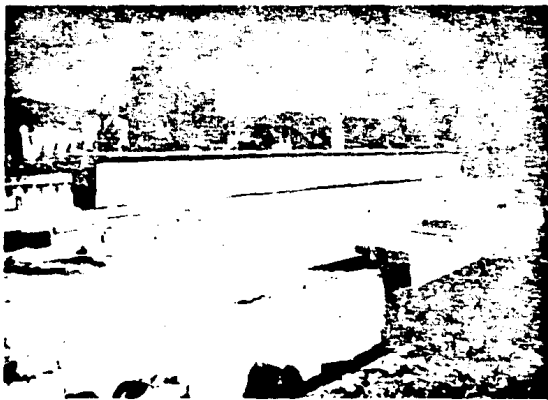


Fig. II.4.13. Viga Cajón.



marca las dimensiones mínimas de espacio, a partir de las cuales se hace una distribución de estos buscando la mayor eficiencia y funcionalidad, dando como resultado una distribución de elementos estructurales.

2.- Modulación (selección del ancho adecuado del elemento).

El módulo básico es la medida que se emplea para coordinar las tres dimensiones de una estructura, de las cuales existen las de coordinación y las teóricas, donde: Las dimensiones generales de coordinación son aquellas que determinan la unión de un componente constructivo con los demás. El tamaño y tipo de estas uniones dependen de los materiales y del método constructivo que se use, y afecta a las dimensiones teóricas del componente.

Ejemplo: Un suelo diseñado con losas aligeradas y juntas longitudinales de mortero, sin necesidad de cimbrado de que la junta termine en la superficie inferior de la placa.

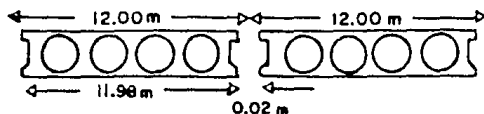


Fig. II.4.14. Losa aligerada

- Dimensión de coordinación horizontal 12 M = 12,000 mm.
- Juntas 20 mm.

- Dimensión teórica horizontal 11.98 M = 11,980 mm.

- 3.- Selección de las dimensiones y características restantes del elemento de acuerdo con las cargas actuantes. En este paso se selecciona el peralte más adecuado, el número de torones y su diámetro, según la longitud y la sobrecarga útil.

La sobrecarga útil es igual a la suma de la carga viva y la carga muerta adicional; con la sobrecarga útil y la longitud entramos a las gráficas que proporcionan los fabricantes (contenidas en el anexo 3). Donde se intersectan los valores nos marca el elemento adecuado, en las tablas dadas por este encontramos todas las características buscadas. En el caso de que el cruce de la sobrecarga útil y la longitud del elemento no coincidan exactamente con una curva, se considera la curva inmediata superior.

- 4.- Revisión del elemento.

Esta compuesta por la revisión de esfuerzos, a la ruptura, a la fluencia, de deflexiones y al cortante. Estas revisiones son estructurales por lo que no se contempla su estudio en la presente tesis y solo se ejemplifica la revisión de esfuerzos por considerar el caso interesante, en el que se tiene que agregar acero de refuerzo para tomar todas las tensiones.

A continuación ejemplificaremos como seleccionar un

elemento pretensado y la revisión numérica de esfuerzos.

Por condiciones de la obra se requiere una losa TT para entrepiso con firme, de longitud de 14.7m. cuyas características y cargas de diseño se presentan en la siguiente figura.

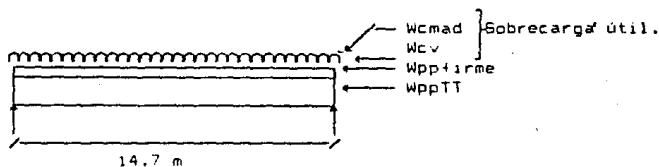


Fig. II.4.15. Condiciones de carga y apoyo de losa "TT".

Después de hacer la modulación concluimos que nos conviene utilizar losas de 250 cm de ancho. Calcularemos a continuación la sobrecarga útil de diseño.

-Carga muerta adicional  $W_{cmad} = 115 \text{ kg/cm}^2$

-Carga viva  $W_{cv} = 250 \text{ kg/cm}^2$

Sobrecarga útil  $= 115 + 250 = 365 \text{ kg/cm}^2$

Consultando las gráficas de las losas "TT" de 250 cm de ancho con firme que se encuentran en el ANEXO 7, con clave B4-1-TT-101, entramos a ellas con la longitud del elemento y la sobrecarga útil de diseño. localizamos la curva del elemento adecuado. En el caso de que el cruce de la sobrecarga útil y la longitud del elemento no coincidan exactamente con una curva, se considera la curva inmediata

superior.

En nuestro caso el elemento buscado esta dado por la curva N<sup>o</sup>10, la cual nos indica las siguientes características TT 250/61-8T, donde:

- TT - Tipo del elemento.
- 250 - Ancho de la losa.
- 61 - Feralte de la losa sin firme. por lo que para el peralte total se agregan 5 cm de espesor del firme.
- 8T - Ocho torones (en todos los casos de la gráfica 84-1-TT-101 el diametro de los torones es de  $\phi = \frac{1}{2}$ " ).

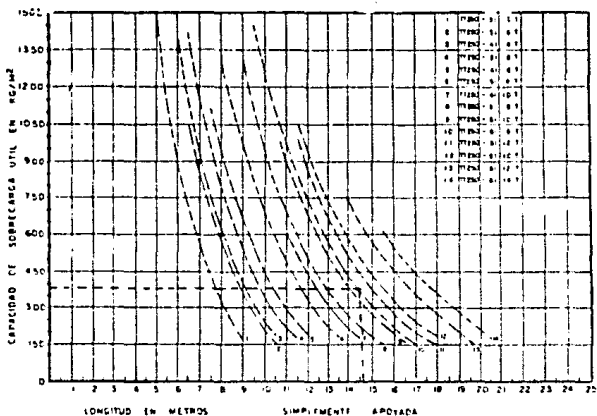


Fig. II.4.16. Gráficas de las losas TT con firme de 250cm de ancho (clave 84-1-TT-101).

La sección seleccionada es la que se muestra en la figura II.4.17.

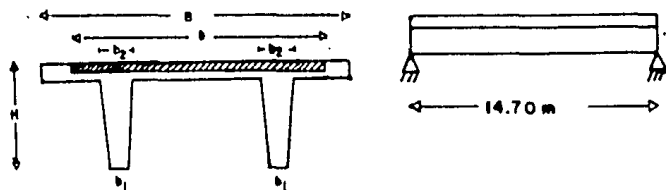


Fig. 11.4.17 Losa "TT".

La condición de trabajo es simplemente apoyada. de las tablas 82-1-TT-101 se obtienen las siguientes propiedades geométricas para sección simple y compuesta.

Propiedades geométricas de la sección.		Sección simple.	Sección compuesta.
Tipo.		250/61	250/66
Base (cm)	B	250	250
	$b_1$	10.0	10.0
	$b_2$	15.0	15.0
Altura (cm)	H	61	66
	$h_1$	55	55
	$h_2$	6.0	6.0
	$h_3$	---	5.0
$Y_i$ (cm)		44.3	49.0
$Y_s$ (cm)		16.7	17.0
Sección (cm <sup>2</sup> )		2875	3820
$S_i$ (cm <sup>3</sup> )		21134	24478
$S_s$ (cm <sup>3</sup> )		55016	70766
I (cm <sup>4</sup> )		936029	1200442
P.P. Kg/m		690	990

Tabla 11.4.12 Características geométricas de las losas TT

La resistencia de los concretos es:

- En el firme:  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$

- En la losa TT:  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$

Como los concretos son de diferentes resistencias, el ancho efectivo del firme que trabajará en colaboración con la losa "TT" en la sección compuesta será:

$$b = \beta \times \frac{f'c_{\text{firme}}}{f'c_{\text{T}}} = 250 \times \frac{200}{350} = 190 \text{ cm}$$

Etapas de trabajo:

1<sup>a</sup> En sección simple para  $W_{pp \text{ TT}}$  y  $W_{pp \text{ firme}}$ .

2<sup>a</sup> En sección compuesta para  $W_{CMad}$  y  $W_{cv}$ .

Los momentos flexionantes en la sección que se encuentra en el centro del claro se calculan con:

$$M_{\max} = \frac{WL^2}{8}$$

Calculando el peso propio tanto de la losa "TT" como del firme:

$$W_{pp \text{ TT}} = A \gamma_c = 0.2875(2400) = 690 \text{ kg/m}$$

$$W_{pp \text{ firme}} = 2400(0.05)(2.50) = 300 \text{ kg/m}$$

Calculando los momentos actuantes:

$M_{pp \text{ TT}}$  - Momento debido al peso propio de la losa "TT".

$M_{pp \text{ firme}}$  - Momento debido al peso propio del firme.

$M_{CMad}$  - Momento debido a la carga muerta adicional.

$M_{CV}$  - Momento debido a la carga viva.

$$M_{pp \text{ TT}} = \frac{690(14.7)^2}{8} = 690 \times 27.01125 = 18637.76 \text{ kg-m} = 1'863,776 \text{ kg-cm}$$

$$M_{pp} \text{ firme} = 300 \times 27.01125 = 8103.38 \text{ kg-m} = 810,338 \text{ kg-cm}$$

$$MCMadic = (115 \times 2.5) \times 27.01125 = 7765.73 \text{ kg-m} = 776,573 \text{ kg-cm}$$

$$MCV = (250 \times 2.5) \times 27.01125 = 16882.03 \text{ kg-m} = 1,688,203 \text{ kg-cm}$$

Con los valores de los momentos podemos calcular los esfuerzos en las fibras extremas, empleando los módulos de sección simple para el peso propio de la losa y el peso propio del firme, y los módulos de sección compuesta para los esfuerzos producidos por las cargas muertas adicionales y por la carga viva.

$$Ss_1 = \frac{I}{(Yi - 5.0)} = \frac{1,200,442}{(17 - 5)} = 100,037 \text{ cm}^3$$

$f_{ppTT}$  - Es el esfuerzo en la fibra superior debido al peso propio de la losa.

$f'_{ppTT}$  - Es el esfuerzo en la fibra inferior debido al peso propio de la losa.

$Zs$  - Módulo de sección simple superior.

$Z_1$  - Módulo de sección compuesta superior.

$Zi$  - Módulo de sección inferior en la sección simple de la pieza TT.

$$f_{ppTT} = \frac{M_{ppTT}}{Zs} = \frac{1863776}{56016} = 33,28 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ppfirme} = \frac{M_{ppfirme}}{Z_s} = \frac{810338}{56016} = 14.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cmadic} = \frac{M_{cmadic}}{Z} = \frac{776573}{100037} = 7.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cv} = \frac{M_{cv}}{Z} = \frac{1688203}{100037} = 16.9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Sigma f = 72.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{ppTT} = \frac{M_{ppTT}}{Z_1} = \frac{1863776}{21134} = 88.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{ppfirme} = \frac{M_{ppfirme}}{Z_1} = \frac{810338}{21134} = 38.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cmadic} = \frac{M_{cmadic}}{Z_{isc}} = \frac{776573}{24478} = 31.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cv} = \frac{M_{cv}}{Z_{isc}} = \frac{1688203}{24478} = 69.0 \text{ kg/cm}^2$$

Los esfuerzos por carga muerta adicional y por carga viva en el lecho superior del firme (sección compuesta) valdrán:

$$f_{cmadic} = \frac{776573}{70788} = 11.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----(A)}$$

$$f_{cv} = \frac{1688203}{70788} = 23.8 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----(B)}$$

De las gráficas de claro-sobrecarga útil de la "TT" 250/61 de 14.7 m vemos que nos dan 8 torones de  $\phi = \frac{1}{2}$ " (270 k.s.i.). Calculando los esfuerzos producidos por el presfuerzo:



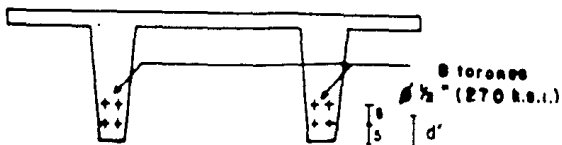


Fig. 11.4.18. Cantidad de acero seleccionado

$d'$ -Posición del centroide del presfuerzo, con respecto al lecho inferior de la nervadura.

$$d' = \frac{4 \times 5 + 4 \times 10}{8} = \frac{20 + 40}{8} = 7,5 \text{ cm}$$

$e$ -Excentricidad del acero de presfuerzo.

$y_1$ -Distancia de la fibra inferior al centroide.

$$e = -(y_1 - d') = -(44,3 - 7,5) = -36,8 \text{ cm}$$

$P_0$ - Fuerza presforzante.

$\alpha$ -porcentaje al que se tensa un elemento.

$\gamma$ -factor de reducción por pérdidas.

$\sigma$ -resistencia a la tensión mínima.

$$P_0 = \alpha \gamma \sigma \bullet N^D \text{ de torones} = 0,75 \times 0,60 \times 18730 \times 8 = 8 \times 11388 = 91104 \text{ kg}$$

Por lo tanto, los esfuerzos en las fibras extremas producidos por el presfuerzo valen:

$f_0$ -Esfuerzo producido por el presfuerzo en la fibra extrema superior.

$f'_0$ -Esfuerzo producido por el presfuerzo en la fibra extrema inferior.

$$f_0 = \frac{P_0}{A} = \frac{P_0 \cdot e}{I_s} = \frac{91104}{2875} = \frac{91104 \times 36,8}{56016} = 31,7 - 59,9 = -28,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{ot} = \frac{F_o}{A} + \frac{F_o \cdot e}{Z_1} = \frac{91104}{2875} - \frac{91104 \times 26.8}{21134} = 31.7 + 158.6 = 190.3 \text{ kg/cm}^2$$

Al momento de la transferencia de esfuerzos se ven incrementados en un 12.5% por lo que valdrán:

$f_{ot}$  y  $f'_{ot}$ -Esfuerzos producidos por el presfuerzo al momento de la transferencia, en las fibras extremas superior e inferior.

$$f_{ot} = 1.125 \times f_o = 1.125(-28.2) = -31.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{ot} = 1.125 \times f'_{o} = 1.125(190.3) = 214.1 \text{ kg/cm}^2$$

Con el tiempo habrá caídas de tensión por lo que las pérdidas en las fibras extremas valdrán:

$P_{ts}$  y  $P'_{ts}$ -Pérdidas de tensión en las fibras superior e inferior.

$$P_{ts} = f_o - f_{ot} = 31.7 - 28.2 = 3.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$P'_{ts} = f'_{o} - f'_{ot} = 214.1 - 190.3 = -23.8 \text{ kg/cm}^2$$

En la tabla 11.4.13 resumimos los esfuerzos calculados en las fibras inferiores y superiores.

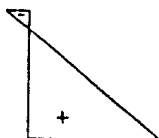
Estado de carga	Fibra superior		Fibra inferior	
	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.
Peso propio de la "T"	33.3	33.3	-88.2	-88.2
Presfuerzo inicial	-31.7	1.6	214.1	125.9
Peso propio del firme	14.5	16.1	-38.3	87.6
Carga muerta adicional	7.8	23.9	-31.7	55.9
Pérdidas	3.5	27.4	-23.8	32.1
Cargas vivas	16.9	44.3	-69.0	-36.9

Tabla 11.4.13 Resumen de resultados del ejemplo.

Esfuerzos permisibles en el concreto.

$$f'c = 0.8f'c = 0.8 \times 350 = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.45f'c = 157.5 \text{ kg/cm}^2$$



$$0.6f'c = 168$$

$$\text{kg/cm}^2 \quad 1.6\sqrt{f'c} = -30.0 \text{ kg/cm}^2$$

a) Estado descargado.

b) Estado cargado

Fig. 11.4.19. Diagramas de esfuerzos.

En la tabla 11.4.17, vemos que en el estado cargado de las fibras inferiores se tienen tensiones de  $36.9 \text{ kg/cm}^2$  que sobrepasan a las permisibles de  $30 \text{ kg/cm}^2$ . Por lo tanto, tenemos que tomar todas las tensiones indicadas en dicha tabla con acero de refuerzo.

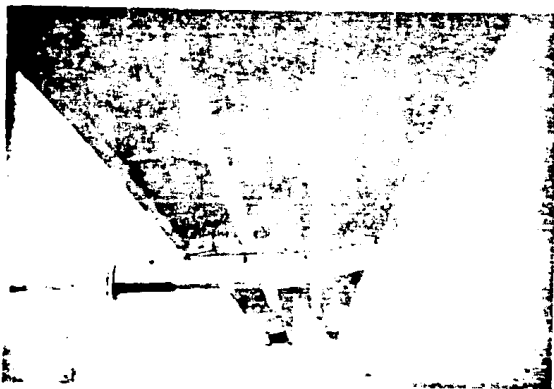


Fig. 11.4.20. Losas "TT".

## CAPITULO III

## POSTENSADOS

### III.- POSTENSADOS

En este capítulo desarrollaremos el segundo procedimiento para aplicar presfuerzo a un elemento estructural: el postensado, que compete cada vez con mayor éxito con la construcción metálica y el concreto armado.

Al igual que el pretensado, el procedimiento que nos ocupa crea en forma artificial un estado de esfuerzos de compresión inicial en el concreto por medio de la aplicación de fuerzas de tensión en los cables colocados en el concreto ex-profeso.

El diseño de las piezas es muy similar en ambos sistemas, la diferencia fundamental está en la aplicación del presfuerzo; mientras que en el pretensado los cables se tensan antes del colado de la pieza y al ser cortado el acero de presfuerzo le transmite por adherencia la fuerza que lo comprime y crea el estado de esfuerzos al que nos referimos, en el postensado la fuerza compresora es aplicada hasta después de ser colado el elemento transmitiendo los esfuerzos por medio de anclajes en ambos extremos del mismo, como veremos a lo largo del desarrollo de los temas de este capítulo que abarca losas y vigas postensadas, agrupando su

desarrollo en:

- Especificaciones generales.
- Procesos de fabricación.
- Montaje y conexiones.
- Selección comercial de postensados.

El postensado puede usarse en la producción industrial para grandes unidades prefabricadas con propósitos especiales, tanto dentro de la obra como fuera de ella, sin embargo también tiene aplicaciones en otro tipo de elementos.

### III.1.- ESPECIFICACIONES GENERALES.

El postensado es el proceso que consiste en colar primero el concreto, ahogando en él un ducto que contiene un cable aún en estado de reposo y una vez que el concreto haya adquirido su resistencia, transmitirle a través de unos anclajes en los extremos del cable la fuerza de compresión mediante el tensado del cable y después acuñándolos en un anclaje especial, posteriormente se inyecta lechada dentro del ducto que contiene el cable a través de un respiradero que sirve también para expulsar aire y agua; para terminar, una vez fraguada la lechada se desanclan los cables comprimiendo al elemento y produciendo la contraflecha.

Como sabemos, los materiales más importantes involucrados en este proceso son el acero y el concreto, los

cuales deben cumplir con las siguientes características:

#### 1.- Concreto.

La mezcla de concreto para una obra de presfuerzo deberá ser trabajable cuando se encuentre en estado fresco y resistente cuando haya endurecido. La trabajabilidad del concreto fresco aumenta con mayor contenido de agua y una buena granulometría de los agregados, en tanto que la resistencia del concreto endurecido (la que se incrementa con la edad), se aumenta con una relación agua/cemento reducida y por un incremento en la compactación. La contraposición de estos requisitos ha sido objeto de amplios estudios y actualmente se conoce la posibilidad de satisfacerlos, así como la forma de predecir una resistencia mínima a la compresión después que haya transcurrido un tiempo especificado. Este último aspecto es de gran utilidad para el concreto presforzado, ya que la resistencia del concreto en un elemento al aplicarle el presfuerzo, constituye un factor muy importante. Por lo general a esto se le llama la condición inicial o de transferencia.

#### 2.- Acero.

Generalmente el refuerzo utilizado en el presforzado es en forma de alambres de alta resistencia a la tensión estirados en frío, o varillas de aleación en conjunto para formar torones. El acero utilizado en las obras de concreto presforzado se divide en:

Cable: Grupo de tendones.

Tendón: Elemento estirado que se usa para transmitir presfuerzo de un elemento de concreto. Los tendones pueden consistir de alambres individuales estirados en frío, varillas o torones.

Alambre: El alambre es un refuerzo de sección entera. Los alambres varían en su diámetro, desde 2 hasta 8 mm, pero el diámetro más pequeño de uso general para elementos estructurales es de 4 mm y generalmente se suministra en rollos provenientes del laminado con una curvatura natural equivalente al cabrestante de la máquina para estirar los alambres, sin que llegue a quedar en forma recta cuando se extiende. Este defecto puede superarse enderezándolo en el mismo sitio, pero también se requiere que los fabricantes suministren grandes carretes especialmente enrollados.

Varilla: La varilla es un refuerzo de sección entera. Las varillas de aleación de acero de alta resistencia a la tensión varían desde un diámetro de 12 mm hasta uno de 40 mm y pueden ser lisas o corrugadas. Las varillas lisas pueden laminarse con rosca o cuerda en sus extremos, para que se puedan utilizar con propósitos de anclaje o para conectarse entre ellas. Las varillas corrugadas poseen costillas laminadas a todo lo largo, que actúan como roscas con fines de anclaje o conexión. Las longitudes requeridas de las varillas



lisas son por lo tanto críticas, en tanto no lo son en las varillas corrugadas.

Torón. Grupo de alambres torcidos en forma de hélice alrededor de un eje longitudinal común, el cual se forma mediante un alambre recto. Existen dos tipos básicos de torón para presfuerzo, con 7 o 19 alambres. Su elección depende principalmente del grado de flexibilidad y resistencia requeridas. El más popular es el de 7 alambres, el cual es más fácil de fabricar y se usa generalmente en tamaños desde 6.4 hasta 18 mm de diámetro exterior (o nominal); pero en el caso de que la carga de tensión indique una mayor sección transversal del acero, y aún no sea permitido usar torón doble de 7 alambres, es posible aplicar torones de 19 alambres con un diámetro exterior que varía de 18 hasta 32 mm.

Por otra parte, el postensado es más flexible que el pretensado y hace más eficiente el uso de las fuerzas de presfuerzo. Las pérdidas son menores y el curvado hacia arriba de los cables en los apoyos aumenta la resistencia al cortante, aunque debe recordarse que involucra ductos y anclajes permanentes. Puede ser que el costo adicional de las unidades pequeñas no resulte conveniente, pero en unidades grandes el incremento proporcional será pequeño.

En el caso de EDIFICIOS, en donde se presentan claros

de gran longitud o para vigas que funcionan como elementos continuos apoyados en soportes intermedios, debe usarse el postensado. En elementos de un solo claro, la viga puede colarse y postensarse sobre el terreno, inyectarse la lechada a los cables y después izarse a su posición. Una alternativa consiste en izar las secciones prefabricadas más pequeñas, tanto de concreto reforzado como postensado a su posición sobre una obra falsa, introduciendo después los cables a través de los ductos preformados que se postensan e inyectan con lechada.

El postensado ha sido el principal causante de la aplicación del concreto en PUENTES de grandes claros y viaductos elevados. Para claros entre 10 y 60 m, las vigas o losas presforzadas proporcionan una forma de construcción muy eficiente. La construcción in situ es posible, aunque también se dispone de métodos más flexibles que utilizan el postensado. La losa sólida proporciona el momento resistente máximo para un peralte dado pero al costo de usar sin eficiencia gran parte de su material. Las losas huecas sirven para reducir la carga muerta, y si se trata de claros cortos, el costo extra de los materiales involucrados en una losa sólida puede ser excedido por los de mano de obra y materiales que forman parte de una losa hueca.

Los PILOTES cilíndricos de gran capacidad tienen casi el doble de momento resistente que los pilotes sólidos de

concreto del mismo peso volumétrico y se adaptan en especial para aplicaciones en las que el pilote estará cargado tanto axialmente como en flexión. Los cilindros de concreto se construyen con orificios longitudinales para el postensado y se colocan extremo con extremo, sellándose las juntas con un compuesto plástico.

### III.2- PROCESOS DE FABRICACION.

El postensado es un proceso en el cual después de colocar la estructura de acero de refuerzo se instalan los cables de postensado, siendo estos cables tendones formados por varios alambres o torones que van dentro de un ducto de perfil tubular metálico, el cual tiene conectados herméticamente respiraderos a base de ductos tubulares, generalmente de plástico, con salida al exterior para permitir la expulsión de aire o agua. A continuación, los anclajes se fijan rigidamente a la cimbra, entoces se procede al colado, vibrado y curado del concreto. Una vez que el concreto alcanza su resistencia de diseño, se tensan los cables con gatos especiales y se mantiene así por medio de los anclajes. Posteriormente se inyecta lechada (mortero) en los ductos mediante bombeo a presión a través de los respiraderos, que a su vez indican que esta ha sido completa. Después se sellan los anclajes para liberar la fuerza de tensión de los cables y lograrse así la contraflecha, con lo que el producto está terminado.

Ningún otro procedimiento de construcción ha tenido utilizaciones tan variadas como el postensado, el cual aún fuera de su campo de aplicación específico, compite cada vez con más éxito con la construcción metálica y el concreto armado.

Esta técnica se utiliza para ligar y presforzar dovelas, elementos de estructuras o estructuras completas.

Los tendones en el postensado varían del hilo de diámetro de 5 mm (fuerza útil de 2 ton), a los cables compuestos de 70 torones de 15.24 mm (fuerza útil de 1000 ton), pasando por todas las combinaciones posibles de fuerzas. Sus longitudes pueden variar del metro y medio (estribos postensados de puentes), a los 200 metros o más (tuberías continuas o pistas de aviación). Sus trayectorias pueden tomar todas las formas imaginables, para aplicarse en cada punto el presfuerzo más indicado por el análisis estructural: Unidireccionales (por ejemplo cables rectos de pilotes); ó bidireccionales (por ejemplo cables helicoidales de los cajones de reactores atómicos).

Generalmente las fases de ejecución en postensado son las siguientes:

- 1.- Colocación de la cimbra.
- 2.- Colocación del refuerzo complementario y de los cables del presfuerzo.

- 3.- Fijación de los anclajes a las cimbras.
- 4.- Colado y curado del concreto.
- 5.- Tensado de los cables con gatos especiales.
- 6.- Inyección de mortero en los ductos y sellado de los anclajes.

Sin embargo esto no quiere decir que para un proceso específico no pueda modificarse el orden de los puntos o bien omitir por necesidades del proyecto alguno o algunos de estos pasos. Con esta idea procederemos a desarrollarlos individualmente con el fin de dar las pautas más importantes del proceso constructivo.

1.- Colocación de la cimbra. Antes de llevar a cabo el colado del elemento, la cimbra debe de ser revisada perfectamente, tanto que satisfaga las dimensiones del postensado, como de limpieza y calidad en el elemento a colar (tratando de evitar que el concreto salga de la cimbra, así como la deformación de la misma). De ahí que la colocación es importantísima para cumplir estos requisitos.

En la fabricación de este tipo de cimbras suele preferirse el uso de acero o de madera. Estos materiales pueden revestirse con fibra de vidrio, hule o algún otro material plástico para producir superficies especiales.

2- Colocación del refuerzo complementario y de los cables de



Fig. III.2.1. Ductos y armado de postensado.

presfuerzo. Existen dos formas de colocar el acero de presfuerzo en una pieza postensada; dentro y fuera del concreto.

Si los tendones o cables se localizan dentro de la sección de concreto, se colocarán con un perfil curvo, por lo que el encamisado (normalmente constituido por ductos circulares metálicos preformados) debe quedar sujeto con el perfil necesario. Estos ductos deben colocarse en forma precisa y sujetarse al acero de refuerzo, que para entonces ya debe haberse puesto sobre la mesa que contiene a los moldes.

En caso de emplear un encamisado metálico preformado, es importante recordar que no debe permitirse que la lechada se introduzca en los ductos y, si ello ocurre, debe extraerse mientras se encuentre en estado plástico. Debido a que los ductos se colocan en tramos, sus uniones deben ser protegidas con cintas. Aún cuando los tendones se encuentren dentro de los ductos, éstos tenderán a flotar, no obstante que hayan sido fijados con precisión en su posición. Es importante recordar que deben permanecer en su sitio durante la colocación del concreto.

También los tendones pueden quedar al exterior de la unidad, en cuyo caso se proporcionarán silletas deflectoras en los lugares apropiados.

3.- Fijación de los anclajes a las cimbras. El anclaje permanente en los extremos de los ductos se fija en el extremo del molde. Sin embargo, si los ductos se integran a la unidad de concreto, al usarse formas removibles sólidas o de hule inflable, el anclaje permanente no podrá colarse dentro de la unidad porque éstas deben extraerse después del endurecimiento del concreto, pero debe preverse su colocación posterior en el extremo del molde.

4.- Colado y curado del concreto. El concreto se vaciará una vez que los tres pasos anteriores han sido llevados a cabo y que se ha verificado que los requisitos de la mezcla de concreto han sido satisfechos.

Es importante considerar la trabajabilidad de la mezcla para seleccionar el método de compactación para trabajos prefabricados. Para esto se emplean las siguientes consistencias:

a) Mezclas muy rígidas con relación agua/cemento de 0.30 en peso, o menos. Son mezclas muy ásperas, de revenimiento cero, que muestran muy poca cohesión al apretarlas con la mano. Debido a su bajo contenido de agua para la adecuada hidratación del cemento.

b) Mezclas rígidas con relación agua/cemento superior



a 0.30, pero con menos de 2.5 cm de revenimiento. Estas mezclas presentan cierta cohesión y plasticidad ligera.

c) Mezclas uniformemente graduadas, con revenimiento entre 2.5 y 10 cm; éstas mezclas son cohesivas y plásticas.

d) Mezclas con más de 10 cm de revenimiento, que fluyen con facilidad y se segregan al aplicarles vibrado mecánico. Estas mezclas deben emplearse solo cuando parte del agua de mezclado se ha eliminado mediante vacío o centrifugación. En la tabla III.2.1 se muestran los "Métodos de compactación para productos prefabricados de concreto".

Para trabajos de elementos prefabricados, puede ser necesario ajustar la mezcla (dentro de los límites razonables) para adecuarla a las grandes y costosas máquinas disponibles.

Para expulsar la mayor cantidad posible de aire atrapado y mantener al mínimo el número de huecos en las superficies cimbradas, se recomienda que el vibrado se aplique en forma continua mientras se cuele el concreto.

Debe evitarse, en lo posible, depositar el concreto en varios montones. Las revolvedoras portátiles o las ollas deben descargar el concreto de manera continua y directamente en la cimbra, en vez de hacerlo en una cubeta vertiéndolo en forma aislada.

PRODUCTOS	CLASIFICACION DE LA MEZCLA	MATERIAL PARA CIMBRAS	METODO DE TRANSPORTE Y COLADO	METODO DE COMPACTACION
PILOTES Y POSTES DE CONCRETO	c y d	Acero	Bombeo o traspaleo mediancamiones revoledores.	Centrifugación, vibrado interno o externo.
SECCIONES DE LOSAS Y VIGAS.	b y c.	Acero	Tolva móvil, cámara revolvedora, banda transportadora.	Vibrado externo, con o sin rodillos compactadores; vibrado interno con regla.
TABLEROS PARA MUROS	a, b. y c.	Acero	Cucharones y bandas transportadoras.	Apisonadores, vibradores internos y externos.

Tabla III.2.1. Métodos de compactación.

Cuando se empleen mesas vibradoras o de golpeteo debe colarse una capa uniforme de concreto en el molde antes de poner a funcionar la mesa. Cuando se fabrican losas delgadas,

la cimbra debe estar llena antes de iniciar el vibrado. Cuando el espesor sea mayor de 30 cm, es mejor emplear dos capas o más.

Es esencial que las unidades aún no presforzadas se curen apropiadamente para evitar el agrietamiento por contracción durante el proceso de endurecimiento.

5.- Tensado de los cables con gatos especiales. Una vez que el concreto ha adquirido resistencia suficiente, se tensan los tendones, anclándolos por un extremo, o tirando con gatos contra la cara del anclaje en el otro extremo, o desde ambos extremos simultáneamente. Los tendones dentro de cada ducto pueden tensarse individualmente, enganchando un gato de barra o de un solo torón o de múltiples alambres a todos los tendones al mismo tiempo. En el postensado es muy importante verificar tanto la extensión del tendón como la carga. No es posible observar el movimiento del tendón dentro del ducto, ya que solo puede registrarse mediante la extensión del gato. Deberán vigilarse la carga aplicada y la extensión que produce, de tal manera que cualquier irregularidad en el ritmo de la extensión para una cierta rapidez de los incrementos de carga pueda ser rápidamente revelada. Si en alguna parte del ducto queda atorado el tendón, la magnitud de la extensión disminuye, lo cual indica una falla y es en ese momento cuando debe actuarse para su corrección.

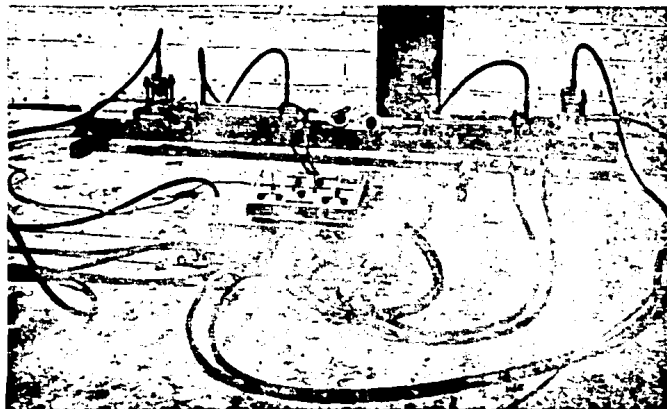


Fig. III.2.2. Gatos para postensado.

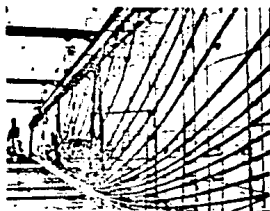


Fig. III.2.3. Cables para postensado.

En cuanto se haya alcanzado la carga de diseño, se registrará la extensión y, si ésta ha alcanzado el valor calculado, podrá anclarse el tendón. Nunca deberá incrementarse la carga más allá del valor especificado, especialmente si se intenta lograr la extensión requerida. Cuando los tendones se estiren separadamente, la secuencia será tal que aquellos que hayan sido tensados en primer término no interfieran con el movimiento de los que lo son posteriormente. En caso de utilizar varios cables en ductos diferentes, deberá obedecerse el orden del tensado especificado por el diseño, ya que si no se hace así podrá dañarse el elemento.

Una vez que los tendones han sido tensados y anclados, generalmente se llenan los ductos de una lechada coloidal de cemento introducida a presión. El objeto principal de la lechada endurecida es el de evitar la corrosión de los tendones, así como el de proporcionar adherencia; tiene poco efecto en el comportamiento del miembro bajo condiciones normales de carga, y llega a afectar tanto la naturaleza del agrietamiento que se presentaría en el caso de una sobrecarga como el factor de seguridad contra la falla de la sección.

En los extremos de las unidades postensadas, los tendones transmiten una gran fuerza al anclaje el cual es de un área relativamente pequeña. El efecto que se produce es similar al de introducir una cuña en un bloque de madera y, a

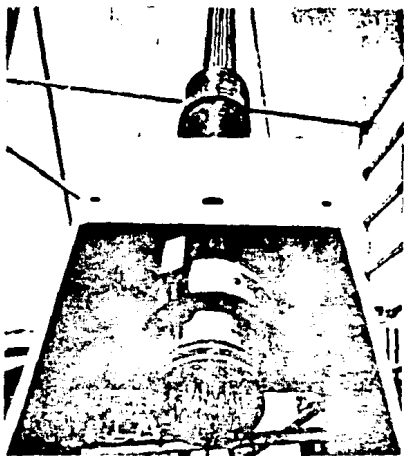


Fig. III.2.4. Anclaje de postensado.

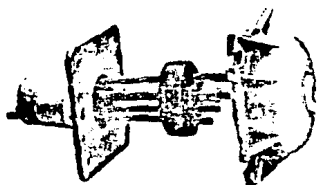


Fig. III.2.5. Anclaje Freyssinet

menos que pueda contenerse esta fuerza de "estallamiento" hasta que se disperse en la sección en el extremo de la unidad, se presentará la fractura.

El equipo que se requiere para el postensado depende del sistema que se utilice.

Es conveniente agrupar los sistemas mediante el método que se adopta para el anclaje de los tendones, por lo que quedarían dos opciones, un sistema de tuerca roscada o a base de cuña. En la primera categoría, se encuentran el BBRV, Dividag y Macalloy. Por lo que se refiere a la segunda categoría, se tienen el Losinger y el Stronghold, entre otros.

#### Sistema BBRV.

Este sistema está clasificado como de tuerca roscada, debido a que, en la parte media baja del rango de fuerzas disponibles, es una contratuerca la que se apoya en una placa de acero y transmite la compresión al concreto. En la parte media superior del rango de fuerzas, el esfuerzo se transmite por medio de calzas metálicas que se insertan entre el ancla de tensado y la placa de apoyo. En todos los casos, el elemento básico consiste en un cilindro de acero con un cierto número de agujeros axiales taladrados que acomodan los alambres por separado. El anclaje de cada alambre se efectúa mediante una cabeza redonda preformada. La figura III.2.6. muestra un ejemplo típico de los dos tipos de anclaje. En el

más pequeño, el elemento básico está roscado tanto internamente para recibir una barra de tiro para el tensado con el gato, como exteriormente para recibir la contratuerca. En el anclaje mayor, se proporciona exteriormente una rosca, cuyo único objetivo es recibir una camisa de tiro temporal, que se fija al gato.

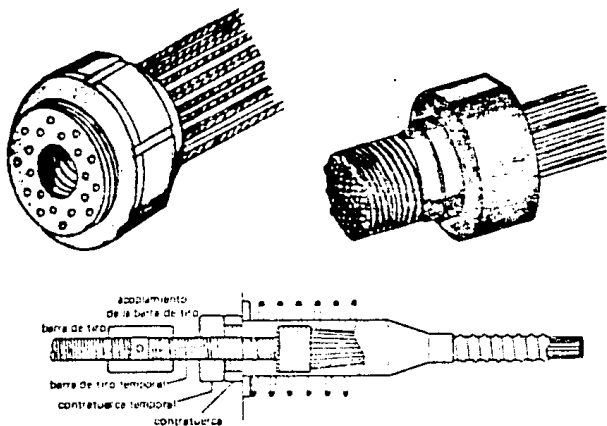


Fig. III.2.6. Anclajes utilizados en el sistema BBRV, y etapa intermedia de tensado.

Las cabezas redondas se forman en ambos extremos del alambre después que se ha pasado a través del cabezal de anclaje. La longitud del cable es por lo tanto fija y debe determinarse en forma precisa, de tal manera que cuando el cable ha sido tensado el cabezal de anclaje quede en posición



en relación a la placa de apoyo. La fig. III.2.6 muestra además una etapa intermedia de la operación de tensado en el extremo donde se encuentra el gato. La longitud de la trompeta extrema depende de la extensión de la escala.

Todo el cable, incluyendo la camisa preformada y los anclajes en ambos extremos, se deben ensamblar en el taller y ser transportados posteriormente a la obra, siempre y cuando se pueda realizar. Si no es posible predeterminedar la longitud del cable, las cabezas redondas en un extremo se forman en la obra con el empuje de una máquina portátil.

Aun cuando pueden usarse alambres de otros diámetros, se prefiere el de 7 mm. El número de alambres varía entre 8 y 163, proporcionando fuerzas en el gato que pueden ser entre 34 y 790 ton.

#### Sistema DIVIDAG.

Este sistema utiliza como tendones barras de acero. Se emplean dos tipos de barras: lisa y corrugada. En la barra lisa las roscas están laminadas en frío únicamente en los extremos de la barra; y la otra tiene corrugaciones laminadas en los lados de su longitud. La fuerza se transmite a su placa de apoyo extrema por medio de una tuerca que se atornilla a los extremos de la barra. La Fig. III.2.7 muestra los anclajes típicos de campana y de placa sólida.

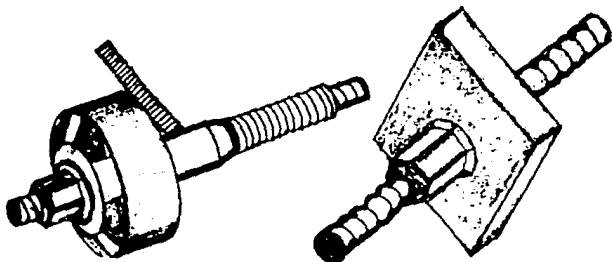


Fig.III.2.7. Anclajes del sistema Dividag.

En este sistema las fuerzas van desde 13 hasta 96 ton para tensado sencillo y desde 63 hasta 202 ton para tensado múltiple.

#### Sistema MACALLOY.

El presforzado Macalloy consiste en un sistema de barras lisas con roscas laminadas en sus extremos. La fuerza se transmite al concreto por medio de una tuerca roscada que se comprime contra rondanas de acero colocadas sobre una placa de acero sólida que distribuye el esfuerzo (vesse fig. III.2.8), o sobre una camisa acostillada de hierro forjado, o una placa de acero taladrada, que está situada en un anclaje muerto.

Se dispone de barras de 20, 25, 32 y 40 mm de diámetro que siempre se tensan individualmente, pero pueden colocarse en cables de 1, 2, 3 o 4 barras, proporcionando fuerzas de tensado desde 23 hasta 350 ton.

En todos los sistemas de tuercas roscadas, la carga se puede aplicar por intervalos para ajustarse a los requisitos de diseño de construcción, y las pérdidas pueden compensarse en cualquier momento antes de introducir la lechada. El anclaje es totalmente positivo sin que exista pérdida del presfuerzo en la transferencia de carga del gato a la tuerca.

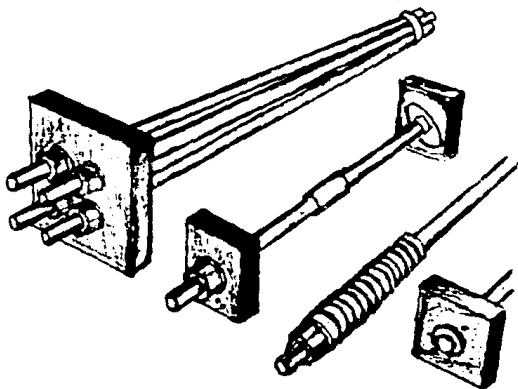


Fig. III.2.8. Anclajes del sistema Macalloy.

#### Sistema LOSINGER.

El VSL Strand es un sistema de presfuerzo de torones múltiples dispuestos en un círculo. Todos los torones se tensan simultáneamente y se anclan por medio de cuñas que se fuerzan dentro de orificios ahusados en la cabeza de anclaje,

la que transmite la fuerza al concreto a través de una placa de acero de apoyo. La fig. III.2.9 muestra un anclaje típico con este sistema.

El gato VSL tiene la cabeza de tensado en el extremo, lejos de la unidad. Cuando se ha logrado la fuerza requerida, se afloja la presión del gato y los torones jalan a las cuñas hacia los orificios ahusados. En el extremo muerto, el torón bien puede rodear en forma de laso a una placa curva y llevarlo de nuevo al extremo de tensado o se termina con un aditamento de compresión, presionando sobre una placa de acero.

El número de torones puede variar de uno de 13 mm de diámetro hasta 55 de 15 mm de diámetro, proporcionando fuerzas que varían desde 11 hasta 1,150 ton.

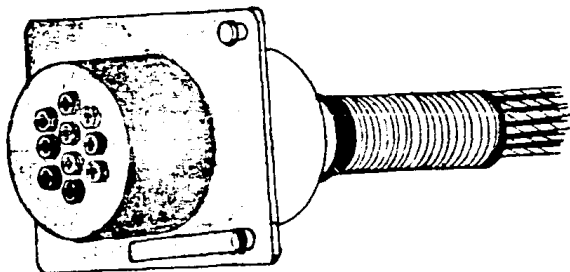


Fig. III.2.9. Anclajes del sistema Losinger.

### Sistema STRONGHOLD.

Pueden usarse alambres o torones y tensarlos simultáneamente. El anclaje consiste en una trompeta de acero forjado o elaborado, junto con un macizo de anclaje con orificios ahusados que acomodan alambres o torones individualmente y cuñas de dos piezas. En el extremo muerto, es decir, en el extremo donde no hay gato, los tendones normalmente terminan con cabezas redondas, evitando así el uso de cuñas. La fig. III.2.10 muestra un anclaje activo típico para alambre y torón.

El gato Stronghold amordaza al mismo tiempo a todos los alambres y torones que, ya tensados en las cuñas de anclaje, empujan a éstas últimas hacia los orificios ahusados. La proyección requerida del tendón en el exterior del anclaje es de solo 20 ó 30 cm y de esta manera reduce el desperdicio de acero. Las fuerzas en aplicaciones más comunes varían desde 34 hasta 340 ton, independientemente de fuerzas mayores.

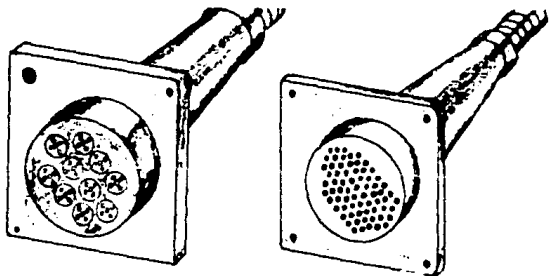


Fig. III.2.10. Anclajes del sistema Stronghold.

6.- Inyección del mortero. Una vez terminado el tensado y anclados los extremos de los cables en el concreto, se inyecta mortero de cemento en los citados alojamientos para que haya adherencia entre los cables y el concreto. Los cables envueltos por una capa bituminosa tratada para evitar que se endurezca, pueden usarse sin disponerlos dentro de tubos o vainas. La capa bituminosa permite el alargamiento de los cables dentro del concreto.

### III.3.- MONTAJE Y CONEXIONES.

El postensado es una técnica constructiva que se utiliza para presforzar elementos; o bien para ligar dovelas, elementos estructurales o estructuras completas. Como prefabricado se puede producir en planta o a pie de obra.

Si los elementos postensados son producidos en planta, se transportan, elevan y unen igual que si fueran elementos pretensados tal como se estudió en el subcapítulo II.3 del presente trabajo de tesis, por lo que a estos elementos ya sean pretensados o postensados se les conoce como presforzados, debido a que la diferencia más sobresaliente que existe entre ellos es la secuencia de la aplicación del presfuerzo dentro del proceso de fabricación del elemento. Pueden estar unidos por medio de placas soldadas, tornillos y pernos, como se muestra en el Anexo No: 2 (Conexiones típicas de elementos prefabricados).

Como ya se mencionó se puede utilizar el postensado como una conexión entre dos elementos presforzados o prefabricados asegurándose que en la totalidad de la estructura (incluyendo uniones) sólo se desarrollan compresiones, por lo que se adosan las superficies planas y el espacio entre ellas se rellena con mortero de cemento. De esta manera se pueden hacer vigas de gran longitud con piezas prefabricadas más cortas.

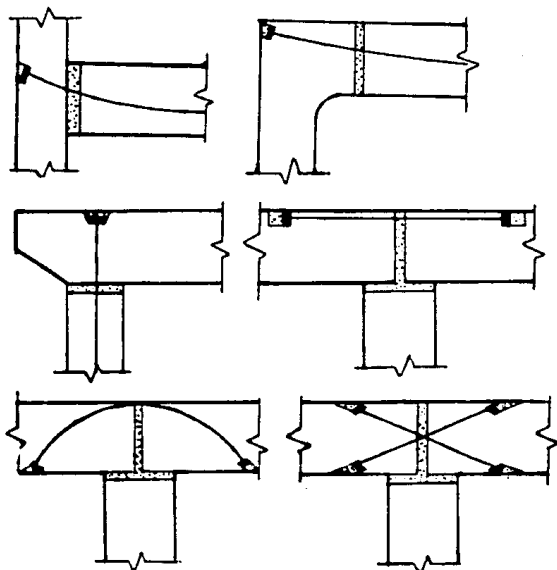


Fig. III.3.1. Principales soluciones para unir estructuras por la técnica del postensado.

En la fig. III.3.1 se esquematizan las principales soluciones para unir estructuras presforzadas. Todas estas uniones son rígidas por lo que transmiten momentos.

En la fig. III.3.2 se presenta un detalle de unión, en la que se aprecia que el mortero con el que se rellena el espacio entre las superficies de los elementos no penetra en los ductos de los cables de presfuerzo.

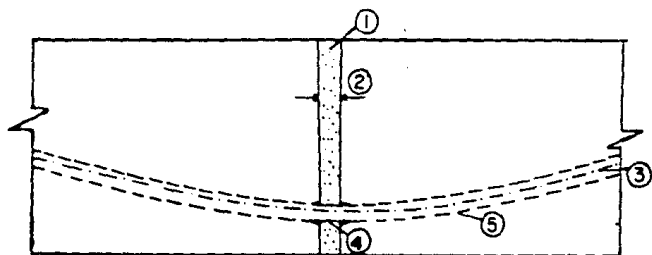


Fig. III.3.2. Detalle de unión.

En este detalle se indican los principales elementos que involucra una conexión sencilla con esta técnica:

- 1.- Mortero de cemento.
- 2.- Separación de 2 a 3 cm de ancho.
- 3.- Cables de postensado.
- 4.- Anillo de caucho.
- 5.- Conducto del cable.

En la siguiente figura se muestra la unión rígida entre un soporte y dos vigas pretensadas que se apoyan en él.



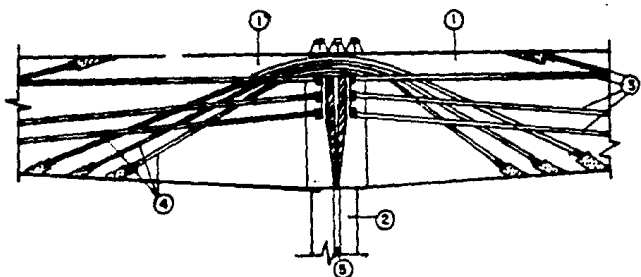


Fig. III.3.3. Unión rígida entre viga y soporte.

Una vez moldeados los espacios entre los elementos y endurecido el mortero, se tensan los cables de la unión, en la figura anterior tenemos:

- 1.- Viga de concreto pretensado.
- 2.- Soporte.
- 3.- Cables de pretensado en la viga prefabricada.
- 4.- Cables que se tensan después del montaje (postensados).
- 5.- Dos cable tensos (los últimos en tensar).

Si los elementos son producidos a pie de obra, el postensado se emplea tanto para dar el presfuerzo necesario a los elementos, como para unirlos. Se emplea frecuentemente en puentes, donde los elementos se fabrican en un frente, se

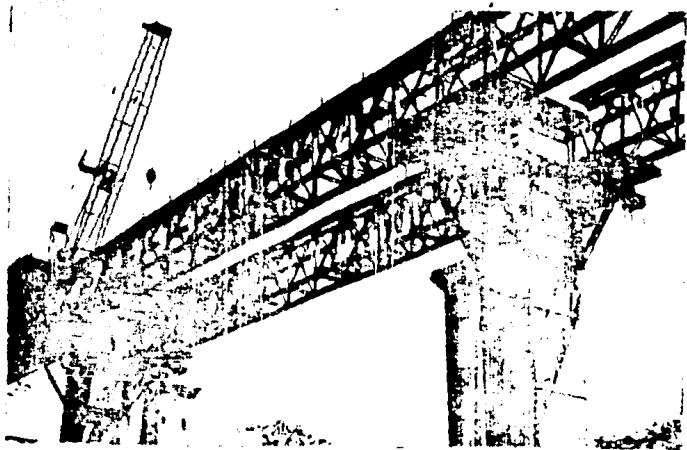


Fig. III.3.4. Puente Postensado.

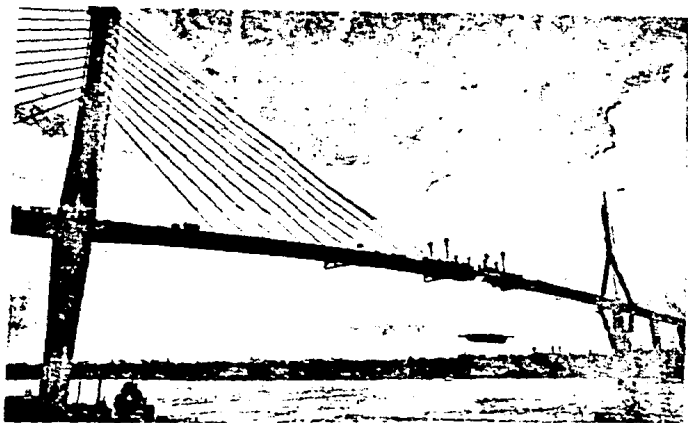


Fig. III.3.5. Última dovela del Puente Tampico.

tensan y se empujan, a este procedimiento se llama lanzado y consiste en impulsar por medio de gatos hidráulicos al elemento tensado siguiendo la trayectoria del puente hasta su posición final.

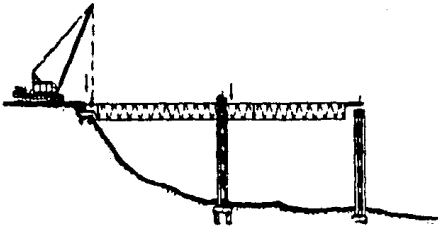
Otro sistema en el que se ha utilizado el postensado en puentes es el de las dovelas, un claro ejemplo de ello es el puente Rómulo Betancourt en la Autopista del Este en Venezuela. Con el fin de ejemplificar este procedimiento procederemos a describir las principales fases constructivas del mismo con el antecedente que está construido con dovelas prefabricadas que son colocadas sobre una armadura metálica que le sirve de obra falsa, para despue. aplicar el postensado.

- Las dos armaduras que constituyen el soporte (obra falsa) son ensambladas en tierra. Una vez ajustadas en cuanto a sus direcciones y niveles, son lanzadas hacia adelante hasta alcanzar el primer apoyo.

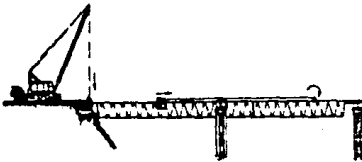
- Las dovelas prefabricadas del puente, son levantadas con una grúa camión y colocados uno por uno por medio de la misma sobre un mecanismo móvil de ajuste y empujados hacia adelante en forma longitudinal por medio de dos gatos fijados al soporte (fig. III.3.6 inciso B).

- Cuando todos los segmentos han sido colocados en su

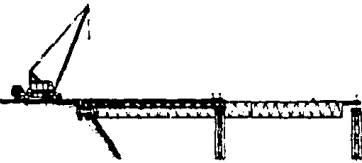
A)



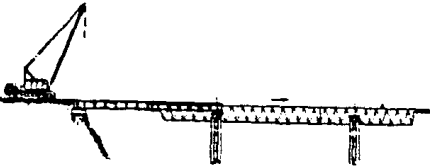
B)



C)



D)



E)

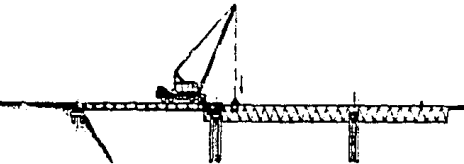


Fig. III.3.6. Secuencia de montaje del puente Rómulo Betancourt en Venezuela.

lugar son ajustados individualmente en las tres direcciones con el fin de obtener el perfil deseado en el plano y en niveles.

- Los cables de presfuerzo longitudinalmente son ensartados entonces, y las dovelas son comprimidas por una parte del esfuerzo que debe aplicarse a los cables presforzantes.

- La operación de terminación se lleva a cabo por medio de concreto colado en las juntas de 15 cm (Fig III.3.6. inciso C).

- Tan pronto como la junta de concreto ha alcanzado el esfuerzo requerido, los tendones son tensados hasta su valor final.

- Finalmente el peso de la estructura recién creada es transferido a sus apoyos permanentes de neopreno al ser cerrado el gato que lo apoya en el soporte (8,250 Ton).

- El soporte es lanzado sobre rodillos por medio de gatos auxiliares (Fig. III.3.6. inciso D).

- La grúa es movida al final de la estructura recién completada para entonces continuar colocando las dovelas (Fig. III.3.6. inciso E).

#### III.4- CRITERIOS DE APLICACION.

En el subcapitulo II.4 "Selección comercial de pretensados" presentamos un breve ejemplo, basado en los datos proporcionados por el fabricante, de la elección de un elemento de línea, esto debido a que la técnica del pretensado ha alcanzado una gran difusión en nuestro país y ya se cuenta con esta información impresa.

Sin embargo no es el caso del postensado, aunque han sido ejecutadas obras importantes en nuestro país, aún no se ha desarrollado esta técnica a la altura que la magnitud de los trabajos ejecutados lo requieren, sino que han sido las filiales de compañías extranjeras en nuestro país las encargadas de aplicar el presfuerzo a las piezas, consiguientemente han sido ellas quienes han dado impulso al desarrollo de esta técnica en nuestro país, patentando internacionalmente sus sistemas, sus componentes y en la mayoría de los casos sus procedimientos, por lo que tienen exclusividad en su uso.

Las empresas mexicanas de postensado empiezan a desarrollarse pero aún en forma somera, existen algunas empresas mexicanas que actualmente pueden efectuar el trabajo con esta técnica, pero no a la altura de un puente Tampico u obras de similar magnitud, esto se debe en gran parte a la falta de equipo y tecnología propia, y también a la falta de un mercado consistente para poder ofrecer sus servicios y

financiar la investigación.

A raíz de esto es muy lógico que no exista tan abiertamente la información técnica encaminada a difundir el sistema constructivo. Cuando una empresa o dependencia gubernamental requiere aplicar el postensado o tiene alguna necesidad que pueda resolverse con este procedimiento, acude directamente a alguna de las empresas especializadas, recibiendo asesoría técnica de ellas.

Sin embargo las compañías dedicadas a la postensión, suelen aplicar poco esta técnica a la prefabricación de estructuras, debido a dos razones fundamentales, primeramente porque suelen estar tan especializadas que se dedican única y exclusivamente a la aplicación del presfuerzo a los elementos, como es el caso de la filial de una empresa internacional francesa, quienes se han encargado de aplicar el presfuerzo al puente carretero "Tampico", en Tamaulipas, al puente ferrocarrilero "San Juan" en Jalisco, a la reparación de los puentes carreteros Río Grande y Tuxtepec, en Oaxaca, Río Mayo en Sonora así como al Tembembe en el Estado de Morelos, por mencionar algunos solamente, y la obra civil la ha efectuado una compañía mexicana.

La segunda razón es que la técnica de postensado no requiere necesariamente la prefabricación, es decir, pueden ser colados en el lugar o prefabricados, prefiriéndose con

mucha frecuencia la primera opción por ser menos rígida en cuanto a su modulación y permitir elaborar un elemento más acorde con las necesidades de la obra en particular, sin embargo existen algunas técnicas constructivas que requieren la prefabricación y la aplicación del postensado al mismo tiempo, como la técnica del puente lanzado que fué aplicado en el puente "San Juan" en Jalisco, en donde se construye el puente en tramos en un patio de prefabricación al borde de uno de los apoyos extremos del mismo para después aplicarle la postensión que le permita resistir los esfuerzos a los que estará sujeto al ser lanzado por gatos hidráulicos hacia el vacío y librar los claros que existen entre apoyo y apoyo.

También se emplea el postensado dentro de la prefabricación en los elementos "pretensados-postensados", en donde debido principalmente a la falta de instalaciones suficientes en una planta de pretensados, no se puede aplicar al 100% la carga de pretensión diseñada. Para subsanar esta deficiencia se recurre a aplicar una parte del presfuerzo a base de pretensado y otra a base de postensión completando de esta manera el total de las cargas de diseño.

Las fuerzas que intervienen en ambos métodos, pre y postensado, son muy similares, por lo que su diseño estructural es también muy similar, sin embargo existen diferencias en las pérdidas de presfuerzo. En el postensado además de las pérdidas debidas al concreto (acortamiento



elástico, contracciones del concreto y flujo plástico), y al acero (relajación) debemos agregar las debidas a la fricción que se desarrolla entre los cables de presfuerzo y los ductos por los que se introducen, así como al deslizamiento del cable en los anclajes.

El cálculo de la tensión de los cables, considerando todas las pérdidas debe hacerse en dos etapas.

La primera consiste en determinar la tensión inicial en cualquier punto del cable en función de la tensión en el anclaje.

La segunda etapa consiste en determinar las pérdidas diferidas producidas en los cables como consecuencia de las deformaciones del concreto debidas a su contracción así como a su flujo plástico, y como consecuencia a la relajación del acero.

También es muy necesario tomar en cuenta algunos aspectos de los anclajes: sus dimensiones, las distancias mínimas admisibles entre el eje del anclaje y la pared de la cimbra más próxima, la amplitud necesaria detrás del anclaje para la colocación del gato, las sobrelongitudes necesarias para enganchar los torones al gato, las secciones de los gatos de tensión y las presiones máximas de utilización, así como la carrera máxima y el peso del gato.

El ingeniero estructurista debe indicar siempre la resistencia mínima del concreto para proceder a la aplicación de la fuerza de tensión, teniendo en cuenta, en particular, las condiciones de recubrimientos, de agrupamientos de los anclajes, dimensión de las placas de apoyo y prescribir el orden en el cual se deben tensar los cables. La elección de este orden es muy importante y puede influir en la resistencia requerida para cada fase de aplicación del postensado. Las acciones locales que se desarrollan en las inmediaciones de los anclajes toman valores muy importantes por lo que no deben dejar de evaluarse. Todos estos factores deben ser tomados en cuenta por el estructurista en el análisis de solicitaciones a la que está sujeto el elemento.

Por otro lado, el diseño y construcción de las conexiones en este tipo de elementos, suelen ser mucho más sencillas que las de los elementos pretensados, lo que representa una ventaja de este sistema constructivo sobre el que tratamos en el capítulo anterior, tampoco requiere de grandes instalaciones para llevarse a cabo por no utilizar mesas de tensado ni poder aplicar el curado a vapor.

Otras ventajas las encontramos en el transporte y montaje; no suele requerirse por no prefabricar los elementos debido a que no se aplica la prefabricación necesariamente porque tiene la versatilidad de poderse colar en el lugar o

bien prefabricarse, según las necesidades del proyecto, lo que significa un ahorro importante de recursos y cuando es colado en sitio el elemento no tiene la restricción del transporte en cuanto a las dimensiones y al peso del mismo. También se pueden dar trayectorias curvas en los cables de presfuerzo.

Sin embargo, también existen desventajas de un elemento postensado contra un pretensado, por ejemplo no se puede aplicar la producción en serie, es decir la fabricación de varios elementos al mismo tiempo; la calidad del concreto de las plantas de pretensados no se conserva y no es tan sencillo dar resistencias hasta de  $500 \text{ kg/cm}^2$ ; la rapidez en la ejecución disminuye al no poderse aplicar el curado con vapor y otras técnicas que hacen posible disponer del elemento en un tiempo menor; existen costos adicionales que deben cubrirse sobretodo por los anclajes que deben usarse y también por algunos otros componentes que intervienen como ductos y lechadas; y finalmente por las razones que mencionamos al principio de este subcapítulo, en lo que se refiere al requerimiento de patente para llevar a cabo estos trabajos.

La evaluación de estas desventajas contra las ventajas que se obtienen del sistema, análisis económico y funcional así como de seguridad, son las que determinan su uso en un proyecto determinado. Ahora bien existen algunos casos en donde si se requiere el empleo del postensado, estamos refiriéndonos a obras en que por su tamaño o características

particulares no puede emplearse otro sistema.

Pudiera pensarse que hasta el momento hemos descrito la aplicación del postensado en la construcción y reparación de puentes, sin embargo todo lo que se ha tratado en el capítulo es válido para otras aplicaciones del sistema postensado ya que su campo de aplicación es mucho más diverso y amplio, se usa en naves industriales, centros comerciales, estadios, estacionamientos, auditorios, silos, hospitales, escuelas, muelles y plataformas marinas, centrales nucleares, refuerzo y reparación de edificios o monumentos históricos, así como en el anclajes de rocas, por mencionar sólo algunos.

En realidad se puede usar este sistema en una variedad impresionante de situaciones que cada vez se diversifican más, llegándose por ejemplo a su uso en la aeronáutica francesa, para la elaboración de alas de aviones.

Finalmente, no queremos dejar de mencionar que las compañías que se dedican a este sistema son las más indicadas para ampliar y particularizar su aplicación de acuerdo a las necesidades del usuario y es a ellas a quien debe acudir en caso necesario, pudiéndose encontrar sus datos en el catálogo publicado por la Asociación Nacional de Industriales del Prefuerzo y la Prefabricación A.C. (ANIPPAC), o bien en el Directorio Profesional de la Industria de la Construcción.

## **CAPITULO IV**

### **PREFABRICADOS COMO ACABADOS**

#### IV. PREFABRICADOS COMO ACABADOS

En materia de acabados, en los últimos años se han elaborado diversos prefabricados a base de diferentes materiales, formando una amplia gama de elementos los cuales han sido utilizados para varios fines constructivos.

Dentro de la Ingeniería éstos permiten escoger entre varias alternativas para un problema dado, obteniendo economía en costos, disminución en tiempos de ejecución, así como la funcionalidad de la obra.

Por lo que se refiere a la Arquitectura, se cuenta con una serie de acabados para exteriores e interiores, colaborando en el aspecto estético para viviendas y edificios.

En el mercado existen actualmente, una gran variedad de empresas dedicadas a la fabricación y distribución de elementos prefabricados utilizados como acabados en las obras donde son requeridos.

Debido a que en los procesos constructivos modernos, se han utilizado los prefabricados como elementos importantes para su desarrollo, se hace indispensable incluir este tema

dentro este trabajo.

En el presente capítulo se expondrán algunos de los principales prefabricados que se utilizan en acabados; como es en el caso de muros, plafones, pisos, fachadas y techumbres. Hemos agrupado el desarrollo en dos subcapítulos, el primero se refiere a las fachadas precoladas muy usadas actualmente en nuestro medio, debido a los beneficios obtenidos esencialmente en tiempo, el segundo contiene descripciones de diversos productos que existen en el mercado, los cuales hemos seleccionado y agrupado bajo el título de varios, debido a la importancia que representan en la Industria de la Construcción.

#### IV.1.- FACHADAS PRECOLADAS.

Las fachadas en la edificación moderna permiten revestir a los espacios interiores con elementos que proporcionen la estanqueidad que requieren en cuanto a los agentes atmosféricos, así como a los ruidos, y variación de temperaturas. La tendencia actual es hacerlas prefabricadas, en elementos que deben cumplir con requisitos de estética y funcionalidad que agrupamos en las siguientes características:

- Forma.
- Textura.
- Color.
- Tamaño.
- Resistencia a la intemperie.

Generalmente estos elementos están modulados en paneles. De acuerdo con PCI (Prestressed Concrete Institute) y según su uso (estructural y/o estético) se clasifican en:

- + Paneles utilizados como muros cortina: Estos elementos sólo soportan las cargas debidas al viento, se puede retirar un elemento sin afectar la estabilidad de otros, ni a la estructura misma. La altura de éstos no puede ser mayor de un nivel.
- + Paneles portantes: Este tipo de panel debe cumplir al menos una de las tres condiciones siguientes:
  - 1.- Estar capacitadas para soportar cargas verticales con un aumento ligero de acero. Debido a su configuración estructural, presentan ventajas como por ejemplo: un mayor espacio al prolongar el acero para la columna.
  - 2.- Tener esquemas estructurales efectivos como se muestra en la figura IV.1.1. Tales formas de edificación facilitan la distribución de fuerzas laterales de viento y sismo.
  - 3.- Que los edificios estén diseñados con un núcleo rígido para absorber acciones laterales y transmitir las a la cimentación como se muestra en la figura IV.1.2.



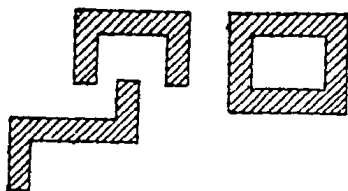


Fig. IV.1.1. Plantas de edificios para aplicación simple de paneles importantes.

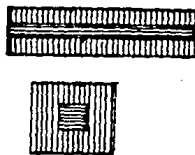


Fig. IV.1.2. Edificios con núcleo estructural.

En estos casos los paneles se diseñan preferentemente con una altura mayor a un nivel (aproximadamente 3 m) lo que reduce los detalles de conexiones que a su vez acarrea una notable disminución de los costos.

- + Elementos de muros autoportantes: Como su nombre lo indica soportan su peso propio, la totalidad o al menos una parte de él, para lo cual se debe diseñar un apuntalamiento que soporte la carga de los elementos prefabricados que estén por encima de él, estos puntales sufrirán deformaciones con el tiempo debido al peso propio de los elementos. Dichos muros autoportantes deben abarcar de una columna a otra.
- + Paneles utilizados como parte de cimbra: En este tipo de elementos es importante determinar cómo y dónde serán soportados los paneles durante el colado in-situ con el fin de diseñar su armado adecuadamente. Las superficies expuestas deben de

ser protegidas con plástico o estar revestidos para que el concreto fresco que se derrame sobre ellas pueda limpiarse con facilidad.

- + Paneles utilizados como muros de arriostramiento: Estos paneles de fachada en ocasiones pueden soportar fuerzas horizontales, solamente cuando sea práctico y económico, para este tipo de muros las uniones deben estar diseñadas para transmitir fuerzas horizontales, acomodarse a los movimientos térmicos y deformaciones diferenciales.

Para su diseño estructural se debe determinar:

- 1.-Las cargas, dividiéndose en cargas de servicio y de transporte y montaje, como consecuencia de ello obtendremos la resistencia del concreto en la que deberemos tener en consideración que el elemento al ser desmoldeado no necesariamente ha alcanzado la resistencia proyectada. De acuerdo al tipo de muro deberemos tener en cuenta las siguientes consideraciones para la evaluación de las cargas:
  - En los elementos para cerramientos: deberán considerarse los sismos.
  - En los elementos portantes: deberemos considerar las cargas por viento, movimientos térmicos, peso propio más carga permanente, sobrecarga más carga de construcción, fluencia y sismos.
  - En los elementos para arriostramiento: Cargas por

viento, movimientos térmicos, peso propio y fluencia.

- En los elementos usados como cimbra: cargas por viento, movimientos térmicos, peso propio, fluencia y cargas temporales.

Por otro lado los dispositivos de elevación deben estar diseñados para cargas reales y un factor de impacto que depende de las formas y acabados, debiendo estar perfectamente indicados en los planos de taller.

- 2.-Dimensión de elementos prefabricados, el largo y ancho del elemento dependerá exclusivamente de la modulación que lleve a cabo el proyectista arquitectónico, ahora bien las consideraciones que deben tomarse en cuenta para encontrar el espesor más adecuado son: las cargas de servicio (sólo para muros portantes) relación de esbeltez, cargas de manipulación y montaje, recubrimientos mínimos, tamaño de agregados y características funcionales (de acústica y autoextinguibilidad).

- 3.-Armados, generalmente son responsabilidad del fabricante, por tener mayor experiencia en ésto.

Finalmente todos los resultados del diseño se resumen en los planos de la obra que deben contener la información siguiente:

- Tamaño real del elemento.
- Configuración del elemento.

- Secciones necesarias para definir la forma del mismo.
- Acabado para las superficies expuestas.
- Detalles de esquina de las estructuras.
- Juntas con otros elementos.

Adicionalmente a los planos de obra se debe contar con los planos de taller, de instalaciones y con cualquier otro que sea necesario. En particular los planos de taller deben tener la situación del elemento, detalles de fabricación, marcas de identificación de elementos, armados, detalles de unión, dimensiones y relaciones con los elementos adyacentes. Estos planos se utilizan para convertir a los planos de proyecto en planos para la fabricación, manipulación y para el montaje.

Otro renglón que no podemos dejar de tratar por su importancia para la calidad de la obra, es el referente a los materiales, los cuales deberán cumplir con las especificaciones, normas y reglamentos del PCI, de las que podemos mencionar a las siguientes:

+ Para el cemento.

- Debe de ser de una sola clase y fuente de suministro para toda la obra.
- Cumplir las especificaciones de ASTM C150 .
- Cumplir con las especificaciones para cemento Portland.

+ Para los agregados:

- Deben ser de una clase y fuente de suministro para toda la obra.
- Deben estar limpios, duros, resistentes, libres de materiales nocivos.
- Es importante seleccionar el tamaño, color y calidad de los agregados con muestras de acuerdo al tipo de acabado que desee lograrse.
- + Para aditivos, deben ajustarse a las normas ASTM C260 y ASTM C494, se pueden utilizar todos los aditivos excepto aquéllos que contienen importantes cantidades de cloruro de calcio.
- + Para agua, no debe contener materias nocivas que puedan modificar el color, fraguado o resistencia del concreto.
- + Para armados, deben estar limpias de grasa y suciedad, pueden ser galvanizadas. Para paneles de grandes dimensiones y con pequeño espesor, se puede emplear el presfuerzo.
- + Para piezas metálicas, utilizadas en uniones, deberán ser de acero dulce y pintarse en el taller. Las piezas embebidas, pernos y otros accesorios deben estar galvanoplasteadas y hechas de materiales no corrosivos.
- + Los pigmentos u otros agentes colorantes deberán ser resistentes a la cal. La calidad y tipo de colorante que se utilice no debe afectar la calidad del concreto.
- + Los aislantes serán seleccionados y utilizados de acuerdo al ACI C533. Normalmente se utiliza:

- Espuma de poliestireno.
  - Vidrio celular.
  - Fibra de vidrio.
  - Concreto de agregados minerales ligeros.
- + Las propiedades que el concreto debe cumplir son:
- Resistencia a los 28 días ( $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ ), determinada con probetas normalizadas.
  - El contenido de agua deberá ser el mínimo permisible de acuerdo a la resistencia, durabilidad y manejabilidad del concreto.

Para cumplir con todas estas normas de calidad, las instalaciones de la fábrica podrán variar en tamaño y tipo, pero todas deberán contar con personal capacitado y un estricto control de calidad, auxiliado con un eficiente laboratorio.

Como hemos visto en capítulos anteriores, un elemento prefabricado disminuye su costo si su producción se estandariza. El uso correcto de este factor es muy importante para la economía de la obra. En el caso de las fachadas, para poder llevar a cabo la normalización de los elementos es necesario elaborar un molde patrón (ver fig. IV.1.3) el cual debe permitir un número mínimo de usos dentro del proyecto. Los elementos que sean colados en este molde no necesitan ser idénticos desde el momento en que pueden conseguirse cambios en los elementos con modificaciones del

molde previamente estudiadas, consiguiendo de esta manera considerables ahorros por los altos volúmenes manejados.

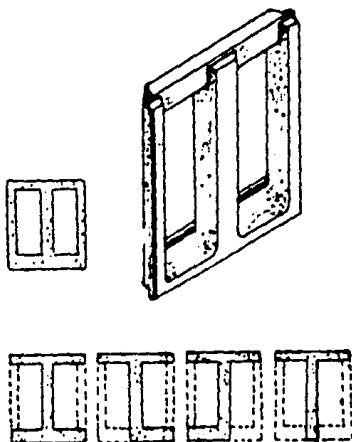


Fig.IV.1.3. Aplicación típica del concepto de molde patrón.

Otro factor que sin duda ayuda a la economía y a la calidad de la obra es que los procedimientos constructivos sean los adecuados, por ello hemos considerado conveniente agrupar algunas recomendaciones del PCI para la fabricación y montaje de estos elementos.

En cuanto a la fabricación, podemos mencionar:

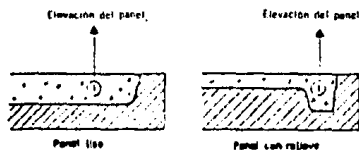
- + El molde deberá ser rígido y construido con materiales

que produzcan acabados de acuerdo a las formas, líneas y dimensiones especificadas en los planos de taller.

- + La mezcladora deberá ser capaz de producir concretos sin segregación
- + Las mezclas vaciadas en los moldes para estos elementos pueden ser para caras exteriores, rellenos y normales, la forma del vaciado dependerá del fabricante.
- + El vibrado y el curado del concreto en estos elementos es indispensable para retener la humedad necesaria e impedir la formación de fisuras en la superficie.
- + Los armados deberán tener cuando menos un recubrimiento de 3/4" y se colocarán de acuerdo a los planos de taller.
- + No es conveniente utilizar apoyos metálicos en el exterior por estética.
- + Los anclajes, placas y ángulos deben quedar lo suficientemente empotrados de acuerdo a los cálculos estructurales.
- + Las superficies externas de los elementos deben ser uniformes, estar de acuerdo con las muestras aprobadas y el aspecto similar a las superficies del entorno.



## MOLDES CERRADOS



## MOLDES CONVENCIONALES

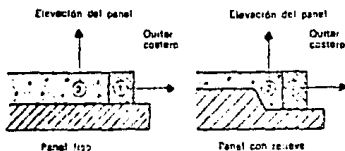


Fig.IV.1.4. Moldes cerrados y moldes convencionales.

Refiriéndonos de igual forma a las manipulaciones que deben llevarse a cabo con el elemento, principalmente al montaje, mencionaremos las siguientes recomendaciones:

- + Los elementos prefabricados se manipulan durante las etapas de fabricación, transporte y montaje de acuerdo a su forma y diseño, se elevan y sostienen de los puntos de elevación y apoyos por medio de dispositivos que al final generalmente son retirados.
- + Es conveniente la utilización de soportes superficiales y laterales para impedir alabeos, de igual forma es conveniente proteger los bordes contra la suciedad, descarapelado o fisuras.

- + El acceso a la obra, la coordinación de entregas y la elevación de los elementos son puntos que deben ser correctamente planeados para una correcta ejecución (ver fig. IV.1.5).

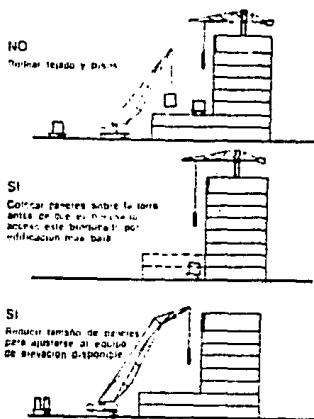


Fig. IV.1.5. Acceso para remolques y equipos de elevación.

- + Las zonas de descarga deben estar limpias, drenadas, con un buen acceso a las vías de comunicación y a las zonas de montaje.
- + El montador y su personal tendrán acceso ininterrumpido a la obra durante el montaje.
- + No es conveniente utilizar personal que no esté debidamente capacitado para manejar y montar elementos de concreto arquitectónico.

- + Los niveles, plomos y escuadras deberán ser cuidadosamente revisadas para no sobrepasar las tolerancias permisibles que están relacionados con el tamaño del elemento y aumentan a medida que aumentan las dimensiones del mismo.
- + Las juntas verticales y horizontales deberán estar correctamente alineadas, y su ancho será uniforme.
- + Cada elemento se montará de acuerdo a los planos de taller y al orden que está especificado.
- + Los cambios en las uniones deben ser evitados en la medida de lo posible porque pueden producir esfuerzos adicionales en los elementos.

Por otra parte, el manejo de fachadas involucra procesos que son exclusivos para las mismas, tal es el caso de las juntas entre los módulos que conforman a la misma. Dado que en la calidad de obra de estos elementos la estética juega un papel muy importante nos permitimos incluir también una serie de recomendaciones para el tratamiento de juntas:

- + En cuanto a su diseño, en las juntas debe considerarse:
  - Exposición a la interperie.
  - Función del edificio.
  - Exigencias estructurales.
  - Estética.
  - Economía.
- + Los criterios que a continuación mencionamos están interrelacionados con los anteriores.
  - Tipo; es decir de una o dos fases. Las juntas de

una fase tienen una línea de protección contra la intemperie, en estos casos generalmente se coloca un sellador cerca de la superficie exterior. Las de dos fases tienen dos líneas de protección, una que funciona como una barrera contra la lluvia colocada cerca de la cara exterior y un sellador contra el viento.

- Número, que sea el menor posible, con el fin de reducir el costo de mantenimiento de las mismas.
- Ubicación, que nos permitan ejecutarlas con la mayor facilidad.
- Separación, es decir el ancho de las mismas, que para ser determinadas deben tomarse en cuenta:
  - a) Los movimientos en las juntas. Debe de preverse que el concreto está sometido a deformaciones por fluencia, retracción y como consecuencia de variaciones de temperaturas.
  - b) Exigencias sobre tolerancias. Entre mayor es el panel, más ancha teóricamente debe ser la junta, con el fin de mantener las tolerancias por lo que respecta a la rectitud de los bordes del panel, la inclinación del borde y la anchura del panel.
  - c) Elección del sellador. Para lograr una óptima calidad en la instalación y funcionamiento de los selladores colocados en obra tal como se usan normalmente en el sellado de los elementos

prefabricados, el ancho debe estar entre 3/8" y 3/4".

- Profundidad del sellador; debe ser como mínimo de 1/4" pero no mayor que el ancho, para juntas mayores de 1/2" la profundidad debe ser la mitad del ancho.
- Materiales utilizados, que en buena medida determinan la calidad final de la obra, el material de relleno debe cumplir las siguientes características:
  - a) Controlar la profundidad del sellador.
  - b) Evitar que los selladores se peguen en la parte posterior de la junta.
  - c) Ayudar a la instrumentación de la junta.
- Degradación por intemperización.
- Tolerancias; están relacionadas con el tamaño del elemento y aumenta o disminuye a medida que lo hacen las dimensiones del mismo.

+ En cuanto a su ejecución, las juntas deben:

- Ajustarse cuando se presenten movimientos diferenciales
- Incluir el menor número posible, con el fin de disminuir los costos de mantenimiento.
- De existir demasiadas juntas colocar juntas falsas.
- Cuidar la calidad de los materiales ya que el funcionamiento de las juntas depende de ello.
- Estar situadas en la zona de mayor espesor del panel, porque de esta forma son más fáciles de

ejecutar y diseñar.

- Tener cuando menos un espesor de 5", que es el mínimo recomendado.

Otro proceso, que aunque no es exclusivo de las fachadas precoladas pero si es muy importante, son las conexiones, que servirán para fijar el módulo a la estructura del edificio. Existe una gran variedad de ellas, como puede verse en el anexo No. 2 que contiene los detalles de las conexiones recomendadas por el PCI; se utiliza básicamente el acero en sus diferentes modalidades. En este caso las recomendaciones para estas conexiones son las siguientes:

- + Las conexiones en zonas sísmicas deben ser dúctiles.
- + Es importante considerar los movimientos térmicos que se presentan en los muros.
- + Las piezas metálicas para conexiones no deben ser utilizados como dispositivos para la elevación.
- + El diseño y colocación de las piezas ahogadas en el concreto deben ser perpendiculares a la superficie o en su defecto deben estar en la línea de acción de la fuerza.
- + Las uniones deben estar protegidas de acuerdo a las condiciones reales de servicio, esta protección puede ser de:
  - Pintura rica en Zinc.
  - Metalización con Zinc.
  - Galvanización o tratamiento con cadmio.
  - Utilizando acero inoxidable.

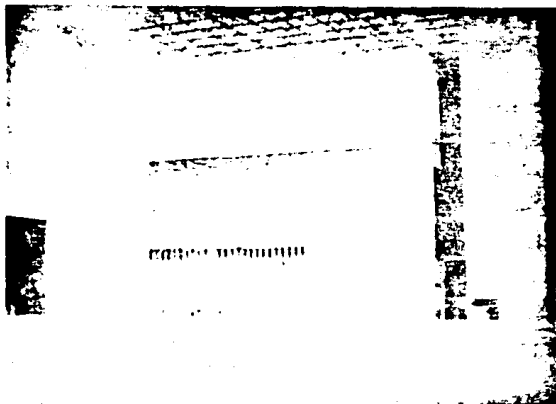


Fig. IV.1.6. Fachadas prefabricadas.

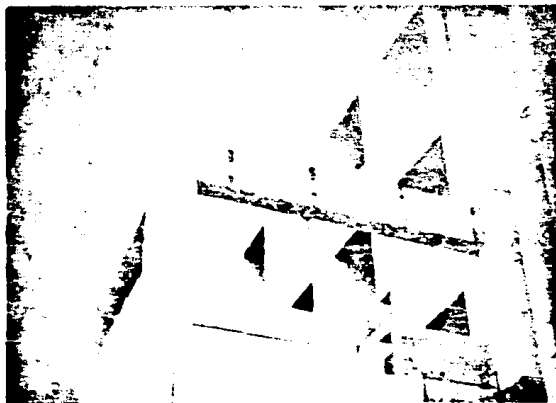


Fig. IV.1.7. Conexiones de fachadas.

- + Las conexiones normalmente se llevan a cabo con pernos o soldadura.

#### IV.2.- VARIOS

##### MULTYPANEL.

###### a) Descripción.

El sistema está formado por paneles modulares prefabricados, compuesto por dos láminas de acero galvanizado y pintado, integrados por un núcleo de espuma rígida de poliuretano.

###### b) Características y ventajas.

- 1.- Las cubiertas de los paneles son de lámina Pintro calibre 26 (0.020 pulgadas) como estándar.
- 2.- Se utiliza acero grado "A", con límite de fluencia mínimo de  $2320 \text{ kg/cm}^2$ .
- 3.- La pintura de acabado es aplicada sobre una base o primer-Epoxi (horneada), para recibir posteriormente el revestimiento acabado tipo poliéster.
- 4.- La espuma rígida de poliuretano tiene una densidad media de  $40 \text{ kg/m}^3$ .
- 5.- Es autoextingible.
- 6.- Tiene resistencia a la intemperie, como la luz solar y la lluvia, produciendo aparentemente solo



alteración del color.

c) Usos

Puede ser utilizado para muros exteriores o para muros divisorios (ver fig. IV.2.1) como es el caso del panel HM-90 de 0.90 m de ancho efectivo. Así como también para techos y fachadas, utilizando el panel RL-80 cuyo ancho efectivo es 0.80 m.

d) Desplante de muros multypanel.

- 1.- La instalación se hará a partir de un firme de concreto diseñado como losa de cimentación, el cual incluirá todo lo referente a las instalaciones (hidráulico-sanitarias y eléctricas).
- 2.- Colocación de accesorios para muros los cuales son fabricados en lámina pinto calibre no. 20.
  - 2.1.- Canal inferior exterior: Su función es servir como base para el desplante de los muros perimetrales (exteriores).
  - 2.2.- Canal inferior interior: Su función es servir como base para el desplante de los muros interiores, así como para rematar los cantos de los muros en caso de existir vancs tanto para puertas como para cancelería.
  - 2.3.- Esquinero interior y exterior: Mediante

estos perfiles se logra unir y fijar los paneles en las esquinas, rigidizándolas adecuadamente.

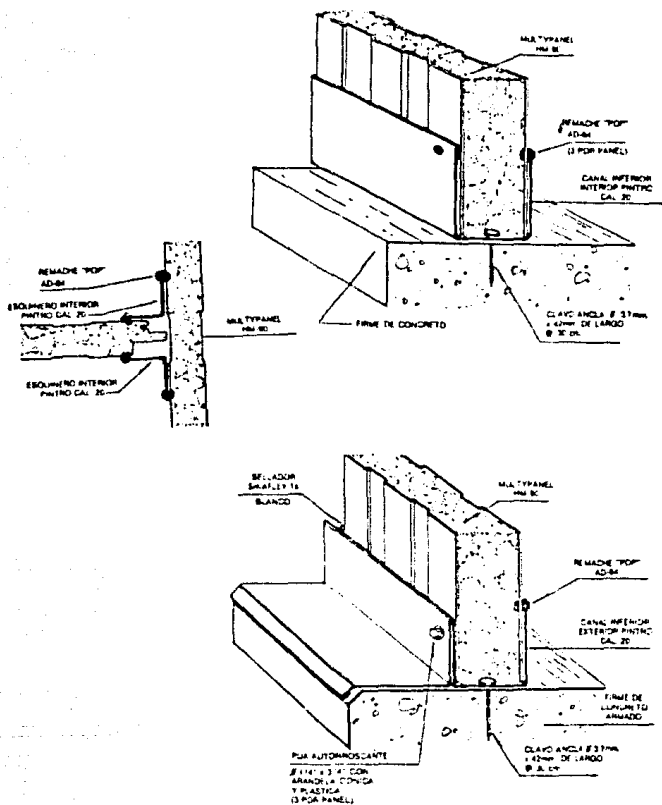


Fig. IV.4.1. Solución muro interior.

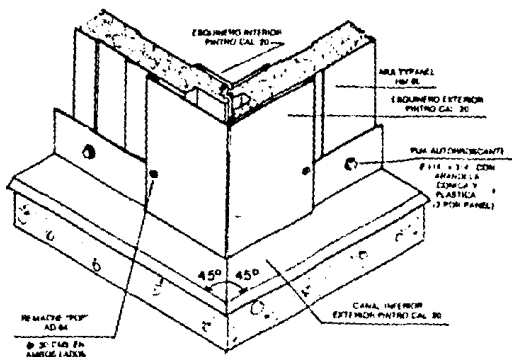


Fig.IV.2.2. Solución esquina.

En sistemas mixtos, las cubiertas con Multypanel RL-80 se pueden colocar en cualquier tipo de estructura de apoyo (acero, concreto, mixta etc.), utilizándose una placa de fijación y dos pijas autorroscantes para soluciones sobre acero hasta calibre 10.

Además para concreto se deberá auxiliar con un perfil metálico ligero anclado al elemento de apoyo.

Los paneles de muro y de cubierta se podrán suministrar con ducto de PVC (1/2" de diámetro) al centro con el fin de conducir los cableados de instalaciones eléctricas.

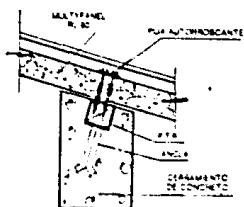
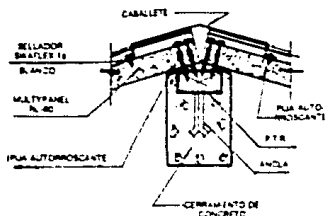
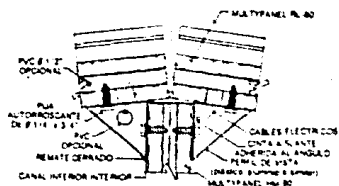


Fig. IV.2.3. Cubiertas con Multypanel.



SOLUCION DEL SISTEMA ELECTRICO

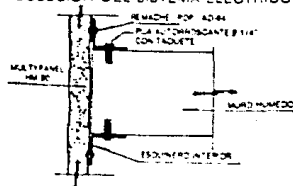


Fig. IV.2.4. Instalaciones en el sistema multypanel.

#### Sistema NOVATEC-EPS.

##### a) Definición.

Está basada en paneles de gran dimensión y ligereza producidos industrialmente en poliestireno expandido autoextinguible que funciona como aislante térmico y acústico.

##### b) Características.

- 1.- Componentes: Poliestireno expandido autoextinguible, acero y concreto.
- 2.- Elementos:
  - a) Núcleo central de poliestireno expandido formando paneles o placas para entrepisos y

techos, que funciona como separador aislante, con perforaciones simétricamente ubicadas en las dos direcciones de la placa.

- b) Malla electrosoldada 6x6-10/10,  $f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$ .
  - c) Conectores: Gancho estándar de acero trefilado, electrosoldado a la malla en cada una de las perforaciones.
  - d) Concreto lanzado  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ , en ambas caras. Tamaño máximo 3/16" (arena gruesa). Espesor 2.5 cm en cada cara.
  - e) Castillos en esquinas e intersecciones de muros opcional; para tubería en instalaciones hidráulico-sanitarias y eléctricas.
- 3.- Cimentación: El sistema de cimentación es con base en una losa corrida que permite apoyo de la construcción aun en terrenos compresibles.
- 4.- Instalaciones:
- a) Todo el ramal eléctrico se coloca dentro de los paneles en obra o en fábrica.
  - b) Hidráulico-sanitarias. Las tuberías se integran en los paneles, conectando únicamente con las tuberías ahogadas en la losa de cimentación.
- 5.- Acabados: Al no usar cimbra, la textura del muro puede ser completamente lisa (pulida), o con diversos grados de rugosidad. El sistema puede quedar aparente o aceptar pintura, yeso, tirol,

madera, azulejo, etc.

- 6.- Según el fabricante otras ventajas importantes son fácil colocación de los paneles sin necesidad de equipo y menor peso propio, que a su vez representa menores requerimientos de acero de refuerzo, entre otras.

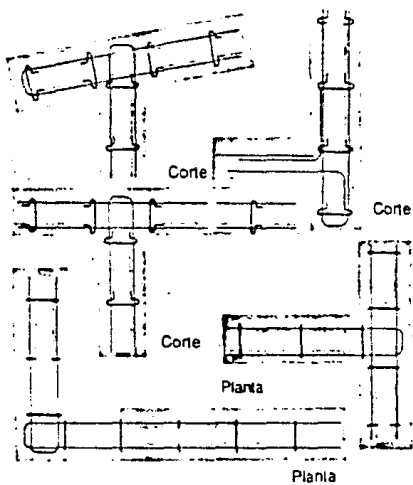
d) Usos.

Los paneles del sistema NOVATEC-EPS, se ensamblan en una obra de acuerdo al plano de despiece, quedando una estructura rígida, preparada para recibir concreto lanzado (manual o mecánicamente); se forman piezas que constituyen muros de carga y losas para entresijos y techos utilizando refuerzos estructurales a cada metro, o a una distancia conveniente que sea modular, para dar rigidez a los elementos constructivos.

Sistema EST-REY.

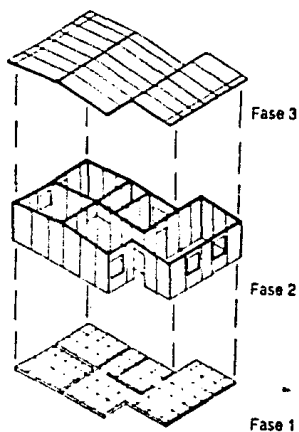
a) Definición.

El sistema constructivo EST-REY es un sistema industrializado, formado con elementos de lámina galvanizada de diferentes calibres con secciones diferentes formadas en frío. Estos elementos son: Canales, postes, vigas, sujeciones laterales, ángulos, placas unión y línea de tornillos autoinsertables y autorroscantes.

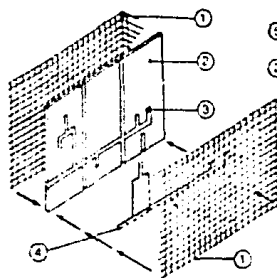


Detalles unión universal

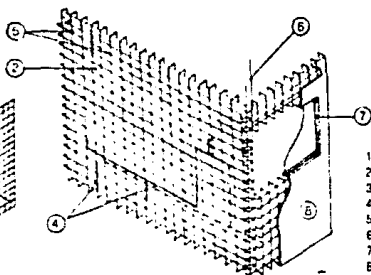
Planta



Proceso



Muro con instalaciones desde planta



Muro con instalación

- 1 Malla
- 2 Espuma de poliestireno
- 3 Ranurado
- 4 Instalación hidráulica
- 5 Perforación y conector
- 6 Refuerzos
- 7 Ventana
- 8 Aplanado

Fig. 4.2.5. Sistema Novatec-EPS.

b) Características y ventajas, (de acuerdo al fabricante).

1.- Componentes.

- a) Canales, postes, vigas, atiesadores, y conectores de lámina de acero galvanizado rolados en frío.
- b) Calibres: 22, 20, 18 y 16.
- c) Panel de yeso panel rey como revestimiento interior.
- d) Tableros de fibrocemento para exterior.
- e) Sustratos diversos para recibir aplanados.
- f) Diversos tipos de lámina y tableros para entrepisos y cubierta.

2.- Cimentación.

Por contacto con el terreno, mediante una losa de concreto de 10 cm,  $f'c=150$  ó  $200 \text{ kg/cm}^2$ , reforzada con malla electrosoldada 6x6-10/10, rigidizada con nervaduras perimetrales de concreto reforzado de aproximadamente 15x30 cm.

3.- Con este sistema se pueden construir edificios hasta de tres o cuatro niveles, siendo ideal su aplicación en zonas altamente sísmicas y/o de terrenos de alta compresibilidad.

4.- Comportamiento estructural: Debido al diseño de las secciones de los diferentes perfiles, se logra obtener resistencia, rigidez, así como estabilidad dimensional.

5.- Debido a que los muros presentan una cavidad



entre su membrana interior y exterior, se pueden colocar aislantes tanto térmicos como acústicos, según sea requerido, lo que lo hace aplicable a cualquier clima.

c) Usos.

Para la construcción de edificios, hasta de cuatro niveles tanto para muros, entrepisos, escaleras y techos.

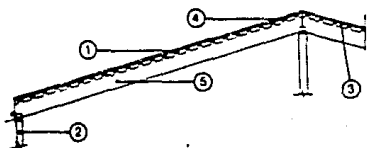
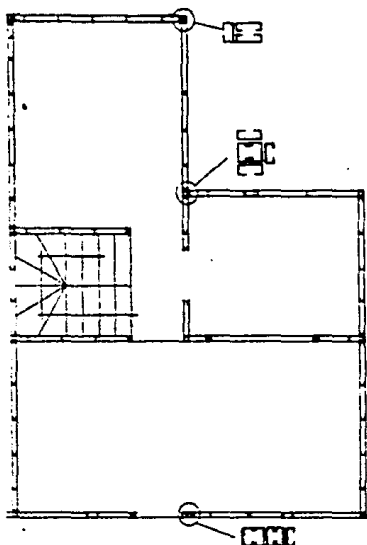
PANEL REY.

En varias construcciones se han sustituido los muros de concreto y mampostería así como plafones pesados por muros divisorios, muros de fachada y plafones a base de panel rey

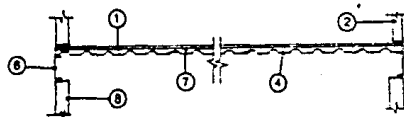
a) Características y ventajas para los diferentes usos (de acuerdo al fabricante).

- 1.- Ligereza: Es un elemento ligero debido al material del que está constituido así como a su espesor.
- 2.- Rapidez de instalación: Rápida colocación de los elementos que se deseen colocar con panel rey.
- 3.- Economía: Facilidad de instalación que se refleja en el costo, además de que resulta económico con respecto a sistemas tradicionales.
- 4.- Versatilidad: Es de fácil maniobra y transporte por ser un elemento de poco peso.
- 5.- Resistencia al fuego. Dependiendo de su ubicación, tipo de espacios a dividir, así como

tipo de elementos estructurales; y en el caso de plafón, de las instalaciones que se encuentren arriba de éste.

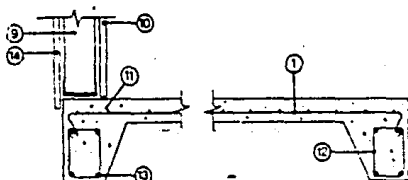


Cofre



Detalle entrepiso

1. Malla electrosoldada 6.5/10.76
2. Basador planta alta
3. Concreto Fc = 70 kg/cm<sup>2</sup>
4. Lámina acanalada cal. 25 galvanizada
5. Viga
6. Canal perimetral
7. Concreto ligero
8. Basador planta baja
9. Asentamiento térmico y acústico según se requiera
10. Panel de yeso  
Panel Ray de 12.7 mm ó 15.9 mm.
11. Firme de concreto Fc = 330 kg/cm<sup>2</sup>
12. Estribos de 1/4"
13. Varilla de 3/8"
14. Tablero exterior



Cimentación

Fig.IV.2.6. Sistema Est-Rey.

6.- Facilidad para remodelaciones.

7.- En el caso de muros divisorios, existe comodidad para alojar y reparar las instalaciones.

b) Usos.

Es utilizado para muros divisorios, muros de fachada, plafones, protecciones contra incendio, entre otros.

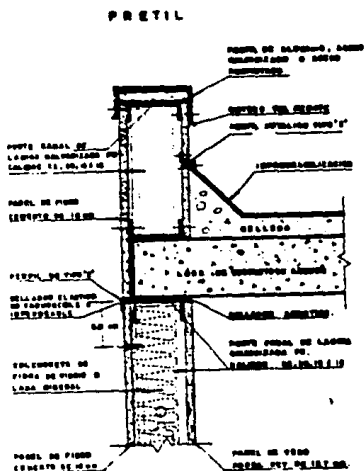


Fig. IV.2.7. Detalle muro fachada.

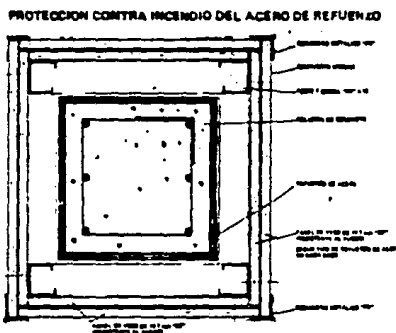


Fig. IV.2.8. Protección contra incendio del acero de refuerzo.

Lámina MUREKA.

La lámina mureka utilizada para el sistema de

construcción en seco o sistema de muro seco, está fabricada a base de fibras de cemento y fibras orgánicas.

a) Datos del producto.

- 1.- Dimensiones: Largo de 2.44 m, ancho de 1.22 m.
- 2.- Espesor: Cuenta con espesores de 8, 12 y 16 mm.
- 3.- Peso: 28, 42 y 56 kg de acuerdo al espesor de la lámina.

b) Ventajas en su uso (de acuerdo al fabricante).

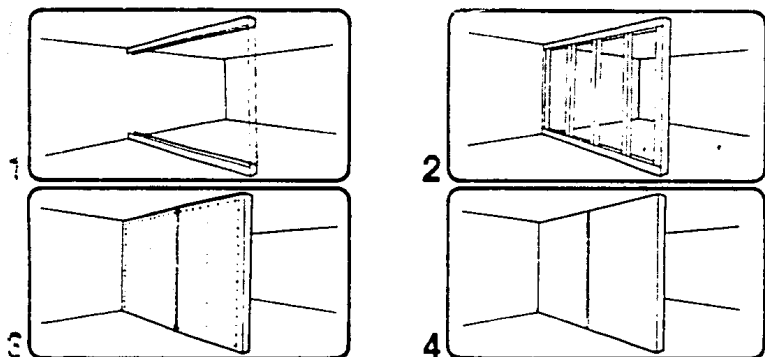
- 1.- Resistente a la intemperie.
- 2.- Anticorrosiva.
- 3.- Incombustible.
- 4.- Alta duración.

c) Sistema de colocación.

- 1.- Colocar los canales superior e inferior alineados y a plomo.
- 2.- Colocar postes galvanizados a cada 61 cm de centro a centro.
- 3.- Colocación de la lámina (según especificaciones).
- 4.- Se procede a darle el acabado final.

d) Usos.

Se utiliza para muros interiores.



- 1 Colocar los canales superior e inferior alineados y a plomo.
- 2 Colocar postes galvanizados a cada 0.61 cm. de centro a centro.
- 3 Colocar la lámina según punto 3 y separación entre lámina y lámina de 5 mm. mínimo.
- 3 Se procede a darle el acabado final.

Fig.IV 2 9. Sistema de colocación de lámina mureka.

#### FALSO PLAFON TYROACUSTIC.

El falso plafon Tyroacustic, es un producto integral resultado de la fusión por medio de una reacción de vulcanizado entre sus elementos que lo conforman. Dando como resultado un elemento compuesto a base de fibras inorgánicas mineralizadas, compuestas de cuarzo, sílice y carlita.

a) Características y ventajas (de acuerdo al fabricante).

- 1.- Es resistente a la humedad ambiental y a la acción directa de vapores naturales, salitre y agua en un 100%.
- 2.- Es ligero, debido a que tiene un peso promedio de  $8.5 \text{ kg/m}^2$ .
- 3.- Es térmico, ya que ofrece un aislamiento térmico de hasta  $300^{\circ}\text{C}$ , lo cual proporciona una agradable ambientación y ahorro de energía eléctrica.
- 4.- Es incombustible.
- 5.- Es registrable, tiene un buen rendimiento en su colocación, aceptando varios tipos de cortes con herramientas convencionales, y facilidad para detalles arquitectónicos de cajillo, faldón y diagonales para varios tipos de lámparas y difusores.

b) Usos

Es utilizado en centros financieros, hoteles, hospitales, entre otros.

PISO BESCO.

a) Definición.

El piso flotante besco consiste en placas o paneles removibles e intercambiables, soportados por pedestales ajustables y travesaños que permiten que la estructura se interconecte.

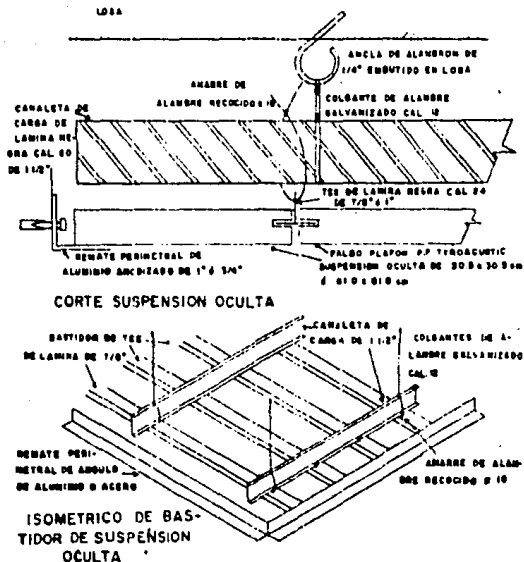


Fig.4.2.10. Colocación típica de Plafond Tyroacustic.

El piso está construido con elementos de aluminio y y acero galvanizado.

El piso besco ofrece una solución para alojar cables por debajo de este.

b) Características y ventajas.

1.- Los paneles son fabricados en dimensiones de (61.05x61.05 cm), con un núcleo de aglomerado de madera de alta resistencia, prensado dentro de

una charola troquelada en lámina de acero galvanizado de calibre 22, y cubierto dicho núcleo con lámina negra calibre 24. La superficie de la placa está cubierta por laminado plástico.

- 2.- Resistencia: El piso flotante es capaz de soportar una carga concentrada de 450 kg por placa, con una deflexión máxima de 2 mm, equivalente a  $1200 \text{ kg/m}^2$ .
- 3.- Recuperación de forma: No se deforma, retorna a su posición original, cuando la carga desaparece.
- 4.- Propiedades acústicas: Por su diseño aislante, en base a materiales resinosos, la resonancia de sonidos se minimiza.
- 5.- Peso: El peso aproximado tanto de los paneles como de la estructura, es de  $35 \text{ kg/m}^2$ .

#### c) Instalación.

El sistema de nivelación utilizado es de alta precisión que garantiza un máximo desnivel de +3 mm, por toda la superficie.

Se recomienda instalar el piso a 30 cm de altura para superficies menores a  $100 \text{ m}^2$  y a 40 cm en superficies mayores. La altura deberá medirse desde el piso firme hasta la cara superior de los paneles.



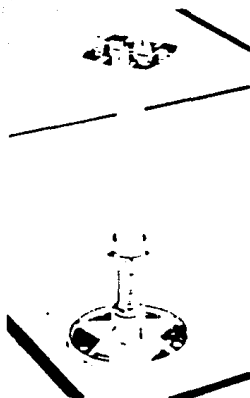


Fig. IV.2 11. Pedestal  
de piso besco.

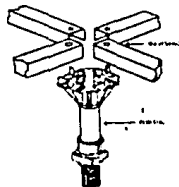


Fig. IV.2.12. Travesaños  
de piso besco.

#### SISTEMA EXTERFOAM.

##### a) Descripción.

Este sistema está compuesto de paneles aligerados, que son fijados por medio de bastidores galvanizados y tornillos autoroscantes.

##### b) Características y ventajas.

- 1.- El panel está formado de una capa de aislante como acabado llamado makret, un centro de espuma de poliestireno de alta densidad con un espesor de 3" y una capa de makret que funciona como aislante oculta de suspensión.
- 2.- Sus dimensiones son generalmente de 1.22 m x

0.61 m, y 1.22 m x 2.44 m, pudiendo fabricarse en longitudes de hasta 3 m, cuenta además con un peso propio de 18.5 kg/cm<sup>2</sup>.

- 3.- Este panel es térmico y acústico debido a su centro de poliestireno; intemperizado porque la capa de makret, resiste cualquier agente externo (lluvia, aire, etc).
- 4.- Este sistema tiene una vida útil de aproximadamente 5 años.
- 5.- Estos elementos son generalmente de color beige y blanco.

c) Usos.

El principal uso de este sistema es para fachadas y muros interiores.

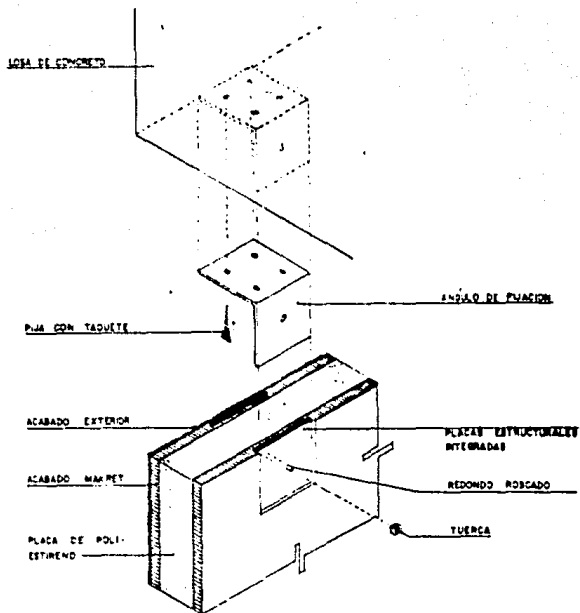


Fig. IV.2.13. Proceso de colocación de exterfoam en losa de concreto.

## **CAPITULO V**

### **PREFABRICADOS DIVERSOS**

## V.-PREFABRICADOS DIVERSOS

Los elementos prefabricados son muy variados porque responden a una extensa gama de necesidades. En los capítulos anteriores hemos tratado los más importantes, sin embargo existe todavía una gran variedad de prefabricados que no pueden englobarse en ellos, por lo que en el presente capítulo trataremos de este tipo de elementos.

Aunque debemos advertir que son de muy diversa índole, pues incluimos prefabricados muy importantes dentro de las estructuras como las columnas y pilotes, así como también prefabricados que pudieran parecer intrascendentes ingenierilmente pero que por el ahorro de recursos y tiempo no lo son, como es el caso de las pantallas, ductos y postes de alumbrado.

Con esta diversidad de por medio, decidimos agrupar a este tipo de prefabricados, para efectos del presente capítulo, en prefabricados estructurales y no estructurales, que formarán subcapítulos en este apartado.

En el primer subcapítulo, es decir prefabricados estructurales, agrupamos a todos aquellos elementos que por su

aplicación, no pueden incluirse dentro de los capítulos de presfuerzo; y en el segundo, a aquellos elementos cuya función primordial es diferente a la estructural, es decir porque no genera esfuerzos como parte de una estructura y que por su importancia dentro de la Industria de la Construcción vale la pena conocer.

#### V.1.- ESTRUCTURALES.

En los prefabricados estructurales trataremos 3 grupos de elementos, en primer lugar los referentes a vivienda o que pueden ser aplicados a esta necesidad, en segundo lugar los que forman parte de edificaciones más importantes y finalmente aquellos que son utilizados en otro tipo de estructuras, pero que por sí solos no tienen un uso particular.

##### - Vivienda.

La vivienda por un lado, encierra una gran problemática social que debe ser resuelta de forma más dinámica. La vivienda de interés social y la autoconstrucción son las respuestas del sector público y la sociedad ante las necesidades de la población, se ha desarrollado en la medida que la demanda de nuevas habitaciones no ha podido ser

satisfecha por la oferta de vivienda construida por particulares. Sin embargo en algunos casos la calidad de obra deja mucho que desear, principalmente en el renglón de autoconstrucción porque las viviendas son construidas por personal que no tiene la preparación adecuada ni la experiencia para ello. En este sentido la prefabricación permite estandarizar procesos complementándose con trabajos muy sencillos de ejecutar obteniendo la calidad que se requiere para la vivienda. Para satisfacer las necesidades que se han generado han sido desarrollados sistemas constructivos muy diversos, entre los que destacan los entrepisos y techos prefabricados, que a continuación abordaremos.

- Semivigueta y bovedilla.

En el mercado existe un sistema muy similar a la vigueta y bovedilla, conocido como KATZENBERGER, consiste en un sistema de semivigueta y bovedilla. Este sistema fué introducido a principios de la década pasada, por un grupo de ingenieros mexicanos, a quienes les concesionaron las técnicas para su elaboración.

Con este sistema se construye rápida y económicamente con beneficios técnicos palpables, permite construir losas de concreto nervadas en uno o dos sentidos, de tipo monolítico. El sistema cuenta con dos elementos fundamentales: el

larguero que sustituye a la vigueta y la bovedilla que desempeña al mismo fin del sistema pretensado.

El larguero que es quien toma la mayor parte del esfuerzo de la losa, está integrado por una armadura de acero de alta resistencia electrosoldada en forma tridimensional, sustituyendo al presfuerzo de la vigueta tradicional. En la parte inferior tiene un patín o zapata de concreto de 12 x 5 cms precolado (Ver fig. V.1.1).

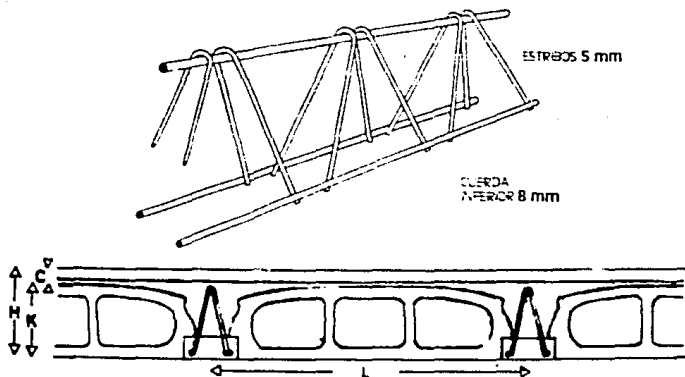


Fig. V.1.1. Semivigueta Katzenberger.

Los claros entre largueros son cubiertos con bovedillas que son piezas de concreto ligero prensado prefabricadas en serie, que se apoyan sobre las zapatas de éstos; funcionan como cimbra durante la construcción y forman parte integral de la losa terminada.



Finalmente, una vez que ya han sido colocados largueros y bovedillas, son complementadas con un firme de compresión de concreto que es reforzado con malla electrosoldada 6x6/10-10, logrando un grado de monolitismo que le permite trabajar estructuralmente en forma adecuada

Este sistema es muy recomendable para los autoconstructores, ya que para claros económicos (menores a 5 m) las soluciones estructurales son muy sencillas y fáciles de ejecutar; aunque por supuesto es conveniente que se cuente con la supervisión de personal técnico adecuado.

- Placas.

Existen también otros sistemas de entrepisos compuestos por una placa prefabricada que hace las veces de cimbra y por un firme de concreto que es vaciado sobre la placa y proporciona continuidad y cualidades de una losa monolítica convencional.

Son fabricadas en tres modalidades:

- + Cimbra losa: está diseñada como libremente apoyada en sus extremos con carga uniformemente repartida. Tienen dentellones que proporcionan mayor adherencia entre uno y otro bloque de concreto. El acero de refuerzo longitudinal absorbe los

momentos positivos y se coloca de acuerdo al diseño y a la carga especificada, que puede ser desde  $350 \text{ Kg/m}^2$  hasta  $950 \text{ Kg/m}^2$ .

El concreto que ha de ser vaciado en obra debe ser de  $f'c=200 \text{ Kg/cm}^2$ , es fabricado con anchos de 50 cm y tiene una longitud máxima de 3.65 m.

+ Cimbra placa: es un elemento más delgado que el anterior (3 cm) que debe ser apuntalado para soportar el colado, tiene un acabado aparente que permite el pintado directo de plafones, hecho de concreto  $f'c=200 \text{ Kg/cm}^2$  y acero de alta resistencia de  $f_y=7.500 \text{ Kg/cm}^2$  tiene integrado el armado de una nervadura en la parte superior sin colar, lo que contribuye al funcionamiento estructural de la losa. Se fabrican con anchos de 90 cm y longitud hasta de 3.75 m.

+ Losa reticulada: es el elemento más robusto, formado por una pieza de concreto con nervaduras semihuecas para recibir concreto de un firme de compresión, proporcionando rapidez en la construcción al eliminar completamente las cimbras, y monolitismo con el firme y las nervaduras. Tiene la posibilidad de cubrir longitudes de 4.00 a 10.00 metros, y es suministrada en anchos de 90 cm.

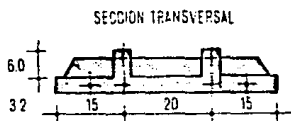
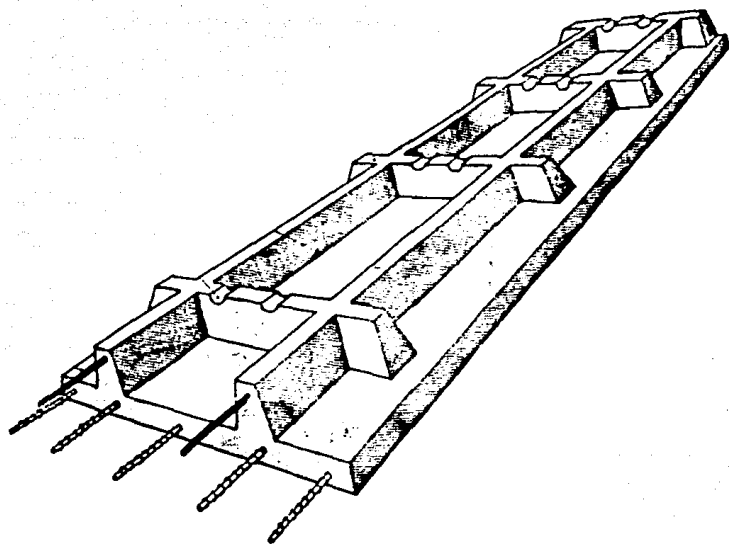


Fig. V.1.2. Cimbra losa.

Los tres tipos de elementos pueden dejar de ser libremente apoyados y transformarse en elementos continuos,

siempre y cuando se diseñe y coloque acero de refuerzo sobre los apoyos de los mismos.

Las losas de concreto hechas con placas tienen un nivel de calidad deseable, sin embargo es necesario contar con la maquinaria ligera o con la suficiente mano de obra para montar los elementos, esto limita prácticamente su uso a la vivienda de interés social dejando al autoconstructor al margen porque es muy difícil que cuente con los recursos para llevar a cabo el montaje.

-Muros de carga.

Otro tipo de elementos de la vivienda que puede ser prefabricado es el muro de carga, el método tradicional consiste en la sobreposición de piezas de materiales pétreos (llámese tabique, tabicón, block, etc), sin embargo si se cuenta con la maquinaria adecuada puede pensarse en colocar paneles más grandes o bien muros transversales y longitudinales completos.

Actualmente se fabrican fuera del país módulos que incluyen todos los muros y techumbres de una habitación de una casa en un solo elemento, sin embargo nuestra tecnología no nos permite llegar hasta ese grado de prefabricación.

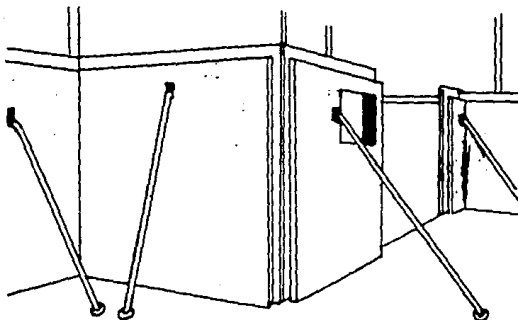


Fig. V.1.3 Paneles huecos de concreto.

Una solución sencilla es la utilización de paneles huecos que pueden ser rellenos con concreto. Esta formado por 2 placas de concreto reforzado unidos por medio de conectores metálicos. Esta condición permite contar con un muro continuo al llenarse el hueco entre placas con concreto simple. Las piezas pueden fabricarse en módulos de 90 cm pudiendo ser también de 1.80 y 2.70 m por 2.70 m de altura.

Puede ahorrarse el tiempo del colado interior de los muros al utilizar paneles completos de concreto reforzado, pero requieren de equipo de elevación y montaje más pesado lo que limita su uso.

Pudiera pensarse que al ser utilizado este tipo de

elementos por ser de concreto son mucho más caros que el sistema tradicional, sin embargo el costo está en función principalmente de la cantidad de casas que se construyan, ya que mientras se construya un mayor número de viviendas se amortiza el precio de los moldes y de muchos factores más, además que de acuerdo a los resultados obtenidos en algunas unidades habitacionales, el tiempo de ejecución es considerablemente menor, con lo que se pueden satisfacer más rápidamente las necesidades.

#### - Cimentaciones.

Las cimentaciones para vivienda no están excluidas de la prefabricación, existe en el mercado un elemento llamado zapatrabe; es una pieza de concreto reforzado que puede resolver problemas particulares de cimentación en forma rápida.

Las piezas se colocan una a continuación de la otra, colocando el armado de la cadena o contratrabe de distribución de carga en la muesca preparada ex-profeso. Se fabrican para muros centrales y muros de lindero.

Los cimientos como se puede observar en la figura V.1.4, son de dos tipos: el normal o estándar, que va bajo un tramo de muro recto, y el especial que se coloca bajo la intersección de dos muros y que puede ser de crucero, "T" y esquina.

Las piezas estándar se modulan para largos de 0.50 m y la fracción de ajuste varía en todos los casos de 10 en 10 cm.

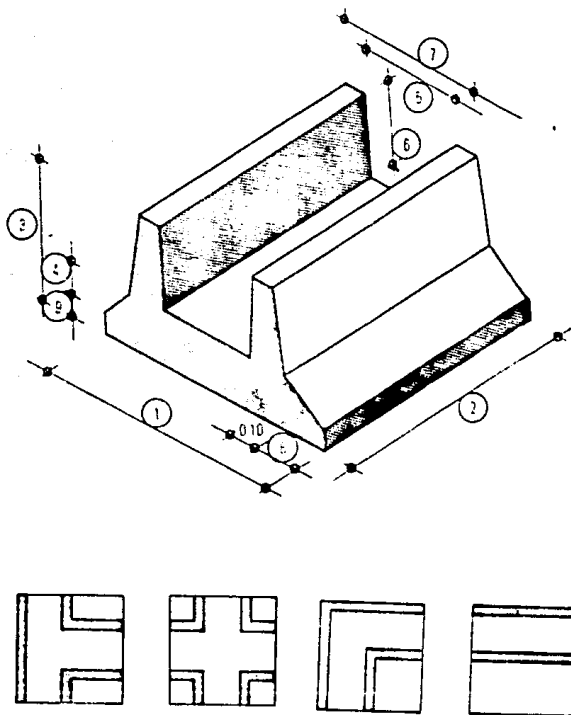


Fig.V.1.4. Tipos de elementos del sistema zapatrabe.

DIMENSION (M)	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	TIPO VI	
1	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	
2	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
3	0.21	0.28	0.35	0.27	0.29	0.31	
4	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	
5	A	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
	B	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
	C	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
7	A	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	B	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	C	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
8	A	0.07	0.12	0.17	0.22	0.27	0.32
	B	0.085	0.145	0.195	0.245	0.295	0.345
	C	0.12	0.17	0.22	0.27	0.32	0.37
9	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	

Tabla V.1.1 Características geométricas de la zapatrabé.

En la figura V.1.4 y la tabla V.1.1 se muestran las diferentes medidas y sus combinaciones que pueden ser obtenidas con facilidad al ser fabricadas de línea, cabe aclarar que las zapatas en sus medidas 5, 7 y 8, la primera opción (a) es para desplantar muros de tabique o block y la segunda y tercera (b y c) son para desplantar o colocar paneles prefabricados.

El proceso de montaje de estos elementos es muy sencillo y puede resumirse en las cuatro etapas siguientes:

- 1.- Colocación de las piezas en las cepas previamente excavadas.



- 2.- Armado de las dalas y/o contratraves y castillos o columnas.
- 3.- Colado del concreto.
- 4.- Desplante de muros o paneles.

Es importante tener en cuenta que para poder dar uso a este elemento las condiciones de suelo deberán ser las adecuadas, es necesario recordar que el tipo de cimentación depende directamente de las cargas que se transmiten al suelo y de la resistencia de este último, por lo que cada solución es particular para cada estructura y este tipo de elementos deben ser usados con reserva, previa revisión estructural. Sin embargo si constituye una buena solución para suelos con buena resistencia y estructuras pequeñas.

#### - Edificación.

Trataremos ahora elementos usados en otro tipo de construcción, la edificación, abarcando losas, columnas y un tipo específico de cimentación prefabricable.

Existen actualmente algunos sistemas de entrepisos y cubiertas parcialmente prefabricados que tienen algunas ventajas sobre los sistemas convencionales, entre ellos estudiaremos dos: la losacero Romsa Y el sistema Joist Losa.

- Losacero Romsa.

La losacero Romsa QL-99 consiste de un elemento de lámina de acero, que actúa como viga y de un firme de compresión que se cuela encima de la lámina.

La lámina de acero es un diafragma metálico formado de acero laminado en frío (Ver fig. V.1.6) el cual es rolado en continuo configurando el acanalado trapezoidal, está provisto de una serie de indentaciones formadas en las caras horizontales superiores y relieves en las caras verticales. Su función es transferir el esfuerzo cortante entre ambos elementos para formar un elemento monolítico, asimismo los relieves longitudinales formados en las paredes de cada canal de lámina actúan como conectores mecánicos que unen el acero y el concreto, evitando la separación vertical. Se fabrica en calibre 18, 20 y 22, de longitud variable, por un ancho constante de 0.875 m. Se unen entre sí mediante un ensamble engargolable lateral, las juntas transversales se llevan a cabo a tope, con una longitud máxima de 10 m, se forman de tal manera que su sección transversal tenga un módulo de sección y momento de inercia óptimos, los cuales son determinados por las condiciones de carga y deflexión.

El concreto actúa como un elemento de compresión efectivo y rellena los canales de la lámina, proporcionando una superficie plana para recibir los acabados, debe estar reforzada con una malla electrosoldada de alta resistencia

para evitar agrietamientos. Su espesor varía en función de los claros y las cargas impuestas por el proyecto.

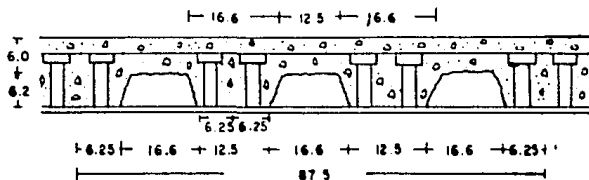


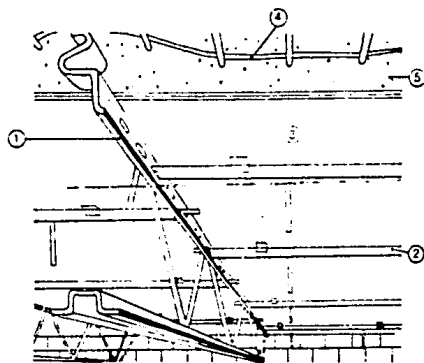
Fig. V.1.6 Sistema Losacero Romsa

Este sistema es recomendable, por su menor peso propio, la sustitución de cimbras por apuntalamiento y armados de varillas por malla electrosoldada, la disminución de tiempo de ejecución hasta en un 50% en etapas de cimentación, entrepisos y techos para la vivienda, oficinas, hospitales, escuelas, estacionamientos y centros comerciales.

- Joist Losa.

Otro sistema de entrepiso y cubiertas que puede ser aplicado a la solución de los problemas de edificación es el Joist losa, compuesto principalmente por vigas de alma abierta, separadas a cada 1.25 m en el sentido horizontal (joist), y una losa de concreto reforzada con malla electrosoldada de alta resistencia con espesor mínimo de 6.5 cm.

La viga de alma abierta tiene un perfil especial en la cuerda superior para formar, después de que el concreto de la losa haya fraguado, una viga de sección compuesta estructural, lo que permite sustituir el tardado y delicado armado de la losa convencional por una malla electrosoldada de fácil colocación.



- 1.- Viga Joist.
- 2.- Barras de apoyo.
- 3.- Cimbra de triplay.
- 4.- Malla electrosoldada.
- 5.- Losa de concreto.

Fig. V.1.6. Sistema Joist Losa.

Otra ventaja reside en la facilidad de la colocación de la cimbra, se usa triplay de medidas estándar (1.22 x 2.44 m) apoyada sobre barras de acero cuyos extremos se insertan en perforaciones ovaladas hechas con ese propósito en la cuerda superior de los mismos. Al mismo tiempo las barras proporcionan rigidez lateral a la cuerda superior antes del fraguado del concreto y están diseñadas para apoyar el concreto fresco y recibir una carga viva uniforme de 200 Kg/cm<sup>2</sup> (fig. V.1.6).

Por otro lado su menor peso propio que conduce a menores costos en cimentación, su rapidez de ejecución (de acuerdo con el fabricante se tiene un rendimiento de 450 m<sup>2</sup>/día con una cuadrilla de montaje), la facilidad con que se dejan preparaciones para agujeros en la losa, el usar equipo de izaje y herramienta menor (malacate o garrucha) lo hacen recomendable para tapas de cimentación, entrepisos y techos para vivienda, oficinas, hospitales, escuelas, estacionamientos y centros comerciales.

- Columnas.

Los elementos verticales de transmisión de carga para la edificación son agrupados en columnas y muros siendo ambos prefabricables. En este apartado trataremos únicamente columnas debido a que en muros la tendencia en nuestro medio es a usar elementos muy similares a las losas pretensadas de tipo extruido.

La utilización de columnas cae dentro del sistema a base de esqueleto prefabricado; para llevarlo a cabo existen dos enfoques; el primero, llamado tradicional por algunos autores, consiste en despiezar la estructura monolítica por los nudos, según formas y dimensiones convencionales, es decir en columnas y trabes, el segundo es

el de construir elementos más complejos a fin de conseguir un montaje más simple.

Esto incide directamente sobre el diseño de las columnas, ya que se hacen complejas en mayor o menor grado en la medida que es empleado alguno de los enfoques de diseño. De esta forma las columnas pueden variar desde la columna con ménsulas para el posterior montaje de vigas y losas, hasta los pórticos o marcos compuestos por las columnas propiamente dicho y elementos que funcionan como traveses, como puede verse en la fig. V.1.7.

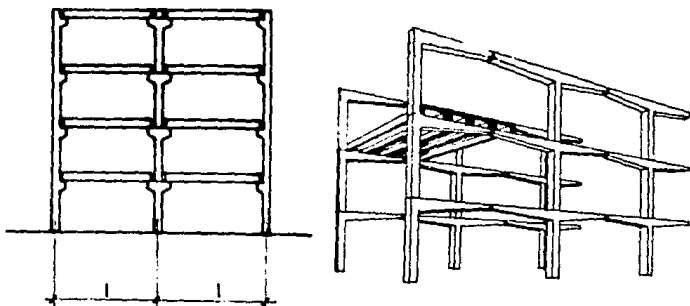


Fig. V.1.7. Tipos de columnas.

Por otro lado, la fabricación de este tipo de elementos, es mas sencilla que la de cualquier elemento

presforzado, porque el acero de refuerzo que se utiliza es convencional, como consecuencia, no requiere de equipo tan especializado para llevarlo a cabo y en cuanto a su montaje, puede efectuarse con la misma maquinaria de elevación de los elementos presforzados siempre y cuando ésta sea correctamente elegida.

La secuencia de montaje más usual consiste en tirar verticalmente de la columna. Para conseguirlo y con el fin de evitar transporte horizontal, la columna debe producirse en un lugar y en una posición tal que el punto de suspensión caiga sobre su cimiento. Pero si la maquinaria de elevación es capaz de moverse con la pieza suspendida de ella, entonces es admisible que la producción de columnas menores se haga en otro lugar.

Generalmente se lleva a cabo como se puede ver en la figura V.1.9, en donde se muestra que antes de la colocación, el elemento se eleva provisionalmente a 1 m y se coloca una pieza para apoyarlo (inciso B de la figura V.1.9). Posteriormente se baja el soporte, se monta una protección de acero en su base y se le coloca por debajo un carretón y finalmente se le sujeta un cable de retención y otro en la parte inferior de la columna (de tracción).

Al elevar la columna el punto de suspensión asciende verticalmente y su parte inferior, que descansa en el

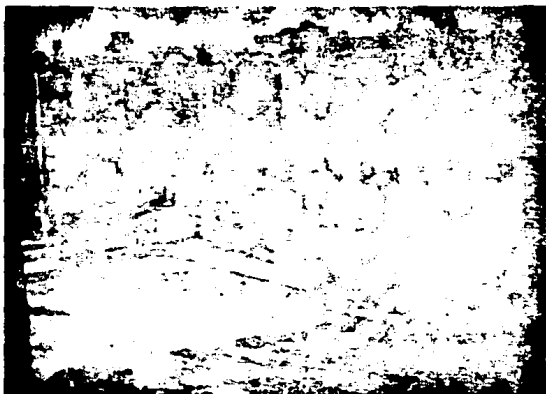


Fig. V.1.8. Columnas prefabricadas en una obra de la Cd. de México.



carretón, se mueve hacia el cimiento. El cable de tracción, del que tira un cabrestante de 2 Ton, se emplea para mantener el cable de elevación en posición vertical. Una vez elevada la columna a la altura requerida, se emplea el cable de retención para disminuir y finalmente eliminar el balanceo de la columna.

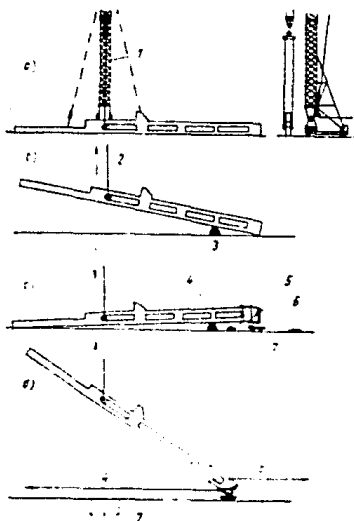


Fig. V.1.9. Secuencia de montaje de columnas.

Una vez elevado, debe descender sobre el cimiento. En la superficie superior del cimiento, así como en los

costados del soporte, deben marcarse los dos ejes de este último antes de que empiece la colocación final. El ajuste de la columna se lleva a cabo en la base con un gato y cuñas, y para plomearlo, se emplean cables provistos de tensores que sujetan al soporte en tres ó cuatro direcciones.

Cuando se tiene la seguridad de que ya está correctamente colocado y fijado el soporte, debe hacerse la conexión de la columna y el cimiento, de acuerdo con alguno de los detalles marcados para este efecto en el anexo No. 2 en su sección de conexiones columna-cimentación. La máquina de elevación no podrá soltar la pieza hasta que la junta esté terminada.

Algunos proyectistas de estructuras tienen la opinión de que las columnas prefabricadas serán sustituidas por elementos más complejos, sin embargo en los países que más han desarrollado esta técnica se siguen utilizando por su versatilidad. Creemos que en México se seguirá con esta línea.

#### - Cimentaciones Profundas.

Las cimentaciones profundas en la Ciudad de México son muy socorridas para dar la solución a los problemas que presenta el muy particular suelo con el que contamos.

La aplicación más sobresaliente, por su grado de desarrollo en nuestro país, son los pilotes. En el Centro de la Ciudad de México y en muchos otros lugares en el interior del país, es indispensable para que las estructuras de dimensiones mayores a los seis pisos funcionen adecuadamente, que las cimentaciones se efectúen por medio de pilotes en cualquiera de sus tipos, es decir de punta, de fricción o de control.

Esta solución se tiene que llevar a cabo forzosamente con elementos prefabricados, debido al proceso constructivo que se sigue. Siendo primeramente fabricados fuera de la obra con técnicas que pueden involucrar incluso el pretensado y postensado, y después son hincados con equipo especial.

Por otro lado, es muy conveniente que la fabricación se haga a gran escala, por razones que hemos descrito con anterioridad, en secciones que permitan una fácil elaboración de los moldes, es decir octagonales, cuadradas, rectangulares, triangulares o circulares. generalmente las dimensiones de estas secciones varían desde 25 hasta 45 cm de 5 en 5 cm; cuando se requieren dimensiones mayores es recomendable usar secciones huecas postensadas, generalmente cilíndricas, ya que resisten casi el doble de los pilotes sólidos de concreto del mismo peso y se adaptan fácilmente para aquellas aplicaciones en las que el pilote estará sujeto

a cargas axiales y a flexión.

El uso de pilotes prefabricados presforzados únicamente resulta económico para condiciones uniformes del suelo, ya que el trabajo y el desperdicio que involucra recortar los pilotes excedidos ocasionados por condiciones especiales en el suelo o bien la fabricación de extensiones, lo hacen incosteable. Cuando se presentan las condiciones de uniformidad, los pilotes de concreto presforzado presentan algunas ventajas contra el funcionamiento de los fabricados con concreto reforzado. Cabe destacar que los altos esfuerzos a que da lugar el hincado por percusión son mejor resistidos por los pilotes presforzados, porque reducen la tensión y las posibilidades de agrietamiento en el concreto.

El éxito en la utilización de estos elementos radica esencialmente en la correcta selección del tipo de pilote, puesto que la conveniencia de usarlos está supeditada al tipo de suelo.

- Otro tipo de estructuras.

Existen algunos tipos de estructuras, que no hemos tocado hasta el momento, en las que intervienen los prefabricados en forma importante, tal es el caso de las vías férreas, que por medio de terracerías forman su estructura y transmiten las cargas al suelo.

- Durmientes.

Al igual que los pilotes tratados en el punto anterior, los durmientes tienen que fabricarse fuera del sitio que ocuparán en la vía, la madera ha sido el material más socorrido desde hace muchas décadas, en nuestro país se introdujo la innovación de fabricarlos con concreto reforzado en un principio y posteriormente con concreto presforzado. La técnica con la que se fabrican estos últimos, proviene de diferentes países de Europa (Inglaterra, Alemania, etc.). y fué adoptada por empresas mexicanas, quienes por la demanda que existe de este producto se dedican al por completo a la fabricación de durmientes de concreto presforzado. Tienen en sus plantas un alto grado de tecnificación gracias a que el producto se presta para ello.

Todas las técnicas que se utilizan para la prefabricación de elementos pretensados (vigas, losas, etc.), pueden ser aplicados a este elemento, incluyendo especialmente el curado a vapor, que permite acelerar la obtención de las resistencias requeridas para la aplicación del presfuerzo.

En el caso particular de los durmientes "DYWIDAG" de patente alemana, el concreto utilizado es de consistencia seca de revenimiento cero con una relación agua cemento baja,

lo que permite que pueda desmoldearse inmediatamente después del vibrado y compactado a los que son sometidos con mesas vibratorias. Consiguiéndose una línea continua de colados con tan sólo seis moldes.



Fig. V.1.9 Almacenaje de durmiente DYWIDAG.

El curado del concreto es acelerado, como ya hemos mencionado, con la aplicación de vapor, y una vez que ha sido obtenida la resistencia necesaria se lleva a cabo la aplicación del presfuerzo en dos horquillas que son colocadas en los ductos, dejados ex-profeso, por medio de gatos hidráulicos capaces de tensar las cuatro puntas de ambas hoquillas de acero.

El proceso finaliza cuando se inyectan los ductos con

lechada a presión y las cabezas del durmiente son retacadas con mortero aplicándoles una película de impermeabilizante para proteger al acero de presfuerzo de la corrosión durante la vida útil del durmiente.

Los durmientes de concreto presforzado pueden diseñarse de acuerdo a cada velocidad, ancho de vía y fijación del riel que se requiera conforme al proyecto. Su uso está ya muy difundido en redes de ferrocarriles principales, vías secundarias, ferrocarriles industriales, vías de empalme, tranvías y trenes metropolitanos. Las ventajas de la prefabricación del durmiente de concreto presforzado sobre las antiguas piezas de madera y aún sobre las convencionales de concreto reforzado son innumerables, entre ellos podemos mencionar que la resistencia, la durabilidad y la estabilidad son mucho mayores; en general es muy recomendable el uso de estos productos.

## V.2.- NO ESTRUCTURALES.

Como apuntamos al principio de este capítulo, existe una diversidad muy grande de elementos prefabricados, esto se pone de manifiesto cuando nos referimos en particular a los prefabricados diversos no estructurales. Dentro de este grupo, tan solo los prefabricados elaborados con concreto son muy abundantes, se pueden fabricar por ejemplo: pantallas,

pasamanos, placas de pavimentación, jardineras, pedestales, guarniciones para aceras, soportes y postes, obras ornamentales, esculturas, etc.. Por ello intentar abarcarlos todos dentro de este apartado, resultaría infructuoso, podremos solamente tratar algunos que no pueden considerarse los más importantes, sino solamente los que a nuestro criterio resultan una aplicación interesante para la construcción.

- Pantallas.

Daremos inicio con un elemento que bien pudiera considerarse una fachada, pero que por la variedad de usos que puede dársele, consideramos que deben estar fuera de este grupo. Nos referimos a las pantallas; son elementos de concreto reforzado generalmente huecas y de formas caprichosas fabricadas de acuerdo a un diseño.

Las pantallas pueden usarse para renovar la fachada de viejos edificios, para proteger un espacio contra la luz solar, o bien simplemente para delimitar áreas escondiendo zonas de la vista del público.

En cuanto a su fijación pueden ser portantes, es decir utilizados como elementos estructurales, de soportes de



muros o formar parte de muros cortina, cuando se usan como muros divisorios o como cercas, pueden soportarse libremente.

Este es un elemento que con mucha facilidad puede adaptarse a un uso particular y proporciona estética al conjunto del que forma parte.

- Postes.

Otro tipo de elemento prefabricable son los postes que se utilizan como elementos de soporte para cables, arbotantes, antenas, etc.. Estos postes generalmente son de concreto aunque también los hay de acero y de madera. Cuando son de concreto este puede ser presforzado, pretensado, o reforzado; pudiéndose fabricar con diversas secciones y longitudes y con moldes de metal o fibra de vidrio, en diferentes líneas de producción, curándose a vapor para aumentar rápidamente su resistencia lo que permite aumentar la producción de los mismos.

Algunos postes se han utilizado como torres para subestaciones eléctricas, pero en general su uso se restringe a las aplicaciones convencionales de elementos de soporte para cables e instalaciones. Se fabrican de acuerdo a las especificaciones de la Comisión Federal de Electricidad, con las características geométricas que se detallan en la Tabla V.2.1 y figura V.2.1.

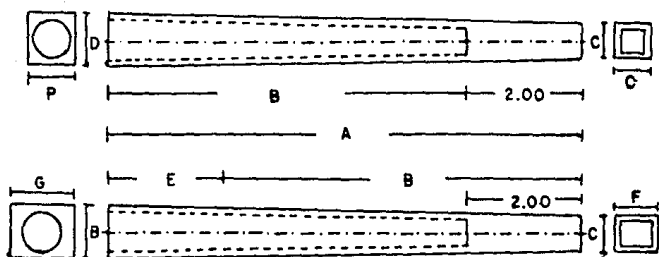


Fig. V.2.1 Características geométricas de los postes.

DIM.	P-7-800	P-9-500	P-11-500	P-11-800	P-13-800	P-14-800
FIO.	1	1	1	2	2	2
A (m)	7.00	9.00	11.00	11.00	12.00	14.00
B (m)	5.00	7.60	9.40	9.40	11.20	12.10
C (mm)	125	125	125	125	125	125
D (mm)	202	224	240	240	268	279
E (mm)	2.00	1.60	1.60	1.60	1.80	1.80
F (mm)	180	----	----	180	180	180
G (mm)	257	----	----	301	323	334
RES (Kg)	800	500	500	800	800	800
PES (Kg)	375	500	610	850	1200	1350

Tabla V.2.1 Características geométricas de los postes.

Como se emplea concreto  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$  con la

técnica del presfuerzo, los postes tienen mayor resistencia al agrietamiento, lo que los hace recomendables para sustituir con éxito a los postes hechos con otros materiales o con concreto reforzado.

- Ductos.

Las instalaciones eléctricas y de telefonía que son conducidas bajo tierra, deben tener una excelente protección contra los agentes del medio al que están expuestos, principalmente a la humedad, para ello se usan ductos de concreto simple. Son elementos de concreto extruido y vibrocompactado con  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , se fabrican con dos o cuatro vías de 10 cm de longitud cada una de ellas, miden un metro de longitud y tienen un sistema de machihembrado para ser juntas.

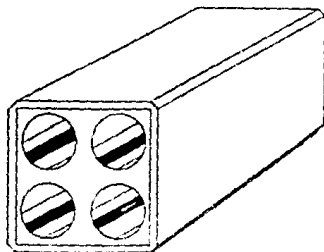


Fig. V.2.2. Ductos para instalaciones subterráneas.

Posteriormente son tendidos a lo largo de la línea de instalaciones y son junteadas con mortero, generalmente a base de cemento y arena, para finalmente entrar en uso al alojar los cables de conducción.

Su uso se ha generalizado en instalaciones eléctricas y de acuerdo a los fabricantes, proporciona una adecuada protección a las líneas y con la misma mano de obra se pueden colocar hasta cuatro vías para uso inmediato o futuro y el junteo es muy fácil de llevar a cabo. Los resultados que se han obtenido del uso de estos elementos ha sido adecuado, siendo esto la razón fundamental para que se haya generalizado hasta el grado de formar parte de la estandarización del proceso de tendido de nuevas líneas de la empresa Teléfonos de México.

- Barreras centrales.

La seguridad en las carreteras es de fundamental importancia para su buen funcionamiento, de esa manera la separación de las vías en uno u otro sentido, juega un papel importante, ya que debe ser lo suficientemente resistente para soportar fuertes impactos sin permitir que el vehículo accidentado la traspase.

A mediados de la década de los 80's, como respuesta a

estas necesidades, se introdujo al mercado un producto que cumple con estos requisitos: la barrera de seguridad Tri-Bloc. Este producto evita los accidentes en la carretera al amortiguar los efectos del impacto de los vehículos al estrellarse contra ella, y ayuda a disminuir la aceleración, evitando colisiones mayores.

El objetivo general del diseño de la barrera es la absorción de la energía cinética del vehículo, lo que se consigue mediante la flexibilidad de los elementos que la componen.

Esta absorción se realiza durante un espacio de tiempo relativamente largo, minimizando así la brusquedad del impacto. La barrera tiene una sección tal que permite que el vehículo vuelva a su carril sin sufrir daños de ningún tipo con ángulos pequeños de impacto.

Con altas velocidades y ángulos de impacto más severos, provoca la destrucción de la rueda delantera izquierda del vehículo, para asegurar su posterior deslizamiento a lo largo de la barrera con desaceleración controlada y sin provocar daños graves.

La barrera está formada por módulos de concreto reforzado que se unen entre sí, su altura está diseñada para brindar protección contra el deslumbramiento y pueden ser

utilizadas indistintamente tanto en tramos rectos como curvos.

En caso de que la calzada requiera reparaciones, los bloques pueden desmontarse y posteriormente colocarse en su lugar nuevamente.

Este es un claro ejemplo de la aplicación de nuevas técnicas a la Ingeniería Civil, aprovechando las cualidades físicas de los materiales y las geométricas del diseño, creemos que su uso se incrementará para dotar de mayor seguridad a la red de transporte terrestre del país.

- Fosas sépticas.

Cuando la población en la que se edifica no existe alcantarillado, la fosa séptica es la solución adecuada para desalojar las aguas negras altamente nocivas.

La construcción tradicional de fosas sépticas se hace mediante la excavación de un volumen que regularmente no es menor a los  $4.00 \text{ m}^3$ , involucra la construcción de firmes, muros y aplanados que le dan su forma final.

En el <sup>\*</sup>mercado existen fosas sépticas prefabricadas de

dimensiones bastante menores (Ver Tabla V.2.2), lo que representa ventajas en suelos particularmente duros, permite dar servicio a 9 ó 14 personas, su fabricación le da condiciones de impermeabilidad, hermeticidad y resistencia, aunque no son elementos estructurales y por lo tanto no debe soportar cargas provocadas por rellenos ni cargas vivas.

CAPACIDAD	PESO (K.G.)	A (mm)	D (mm)	B (mm)
9 PERSONAS	205	1440	1295	215
14 PERSONAS	465	1560	1465	215

Tabla V.2.2. Características geométricas de las fosas sépticas

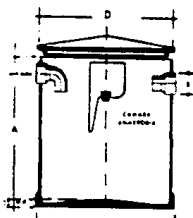


Fig. V.2.4 Características geométricas de las fosas sépticas Mexalit.

El proceso séptico que se produce en las fosas consiste en la descomposición de los sólidos que llevan las aguas negras, mediante procesos bacterianos anaeróbicos.

permitiendo acondicionar estas aguas para que puedan ser infiltradas en el subsuelo.

Están elaboradas con fibrocemento y para su funcionamiento adecuado es necesario instalarle un campo de oxidación, es decir, una red de zanjas que pueden formarse con tubos perforados y relleno de grava. En rigor debiera hacerse también en las fosas sépticas convencionales.

Este producto permite resolver rápidamente el problema para el que está diseñado, sin embargo tendrá que hacerse una rápida estimación del factor costo-beneficio para tomar la decisión de instalarlo.

Finalmente, y para concluir el presente capítulo, queremos enfatizar que la diversidad de elementos prefabricados y que pueden hacerse de esta forma, tienen como límite el propio ingenio y la imaginación de quienes se dedican a esta actividad.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar este trabajo, después de haber efectuado la investigación documental y visitas a diversas empresas prefabricadoras nos hemos percatado de que el estado que guarda esta actividad dentro de la Industria de la Construcción en nuestro país es de desarrollo acelerado, ocupando un lugar cada vez más importante dentro de la misma.

Los sistemas de construcción que utilizamos actualmente en México no pueden considerarse artesanales, es decir a base de trabajos desarrollados in-situ por obreros poco calificados. En las obras de edificación, por ejemplo se ha generalizado el uso de fachadas precoladas y es cada vez más frecuente el uso de sistemas de entrepisos prefabricados, y ya es posible encontrar obras que son construidas en su totalidad con estos elementos. En general, los elementos prefabricados tanto estructurales como no estructurales son más utilizados ahora que hace 10 años.

Es conveniente destacar que la decisión de usar o no este tipo de elementos en obras como puentes, edificios, casas habitación y muchos otros tipos, reside fundamentalmente en el proyectista basándose en un análisis

de los requerimientos de tipo estructural, financiero y funcional contra los beneficios que reportaría inclinarse por alguna de las opciones.

Otro factor que puede influir cuando la decisión final está en manos de los constructores es que el personal responsable tenga conocimiento pleno de los procesos constructivos, ya que de no ser así se caerá en errores que repercuten en el buen desarrollo de la obra, porque en la prefabricación no son admisibles imprevisiones muy válidas en la obra tradicional.

Por otro lado con la prefabricación se obtiene un mejor control de calidad en la elaboración de los elementos estructurales, gracias a que los procesos de fabricación en una planta están más estandarizados y regularmente se emplea maquinaria y equipo que propicia un correcto desarrollo de los procesos y permite la obtención de la calidad necesaria para las obras. Este aspecto cobra relevancia en eventos como los sismos y situaciones de cargas extremas, como es el caso del sismo ocurrido en la Cd. de México en septiembre de 1985, donde debido a una insuficiente o deficiente supervisión, se produjeron numerosos colapsos en las edificaciones de la capital del país.

Por lo que toca a las restricciones en el uso de los elementos prefabricados, debemos señalar particularmente dos:

el transporte y el montaje, recordando que ambas están relacionadas con características geométricas y físicas de la pieza.

Por una parte, el tamaño de los elementos prefabricados suele ser muy variable, sin embargo no pueden ser muy largos, muy altos o muy anchos debido a que durante el transporte existen obstáculos muy diversos que bien pueden ser el gálibo de un puente, una curva muy cerrada en el camino o bien el ancho del carril por donde se circula; desatender a las recomendaciones de dimensiones máximas puede provocar riesgos innecesarios tanto a las personas que circulen por la vía de comunicación como al elemento mismo.

En cuanto al montaje, el peso es la característica que puede provocar dificultades. Los equipos con que se lleva a cabo esta actividad tienen rangos de operación óptimos, salirse de ellos lleva a alguno de los extremos, es decir si se emplea un equipo inadecuado para elevar un elemento muy ligero y muy pequeño generalmente se cae en la subutilización del mismo, lo que económicamente es muy malo ya que incluso el consumo de combustibles y lubricantes es mayor que el empleado con un equipo más pequeño y puede llegarse al extremo de ser más conveniente dejar inactivo al equipo mayor y rentar uno más pequeño con un operador que no tiene la capacitación que requiere el manejo de equipos mayores y por lo tanto tiene un sueldo menor, por otro lado

si se usa un equipo para elevar un elemento más pesado de lo recomendable se corre el riesgo de dañar al equipo o al prefabricado mismo por la dificultad para levantarlo o incluso en el peor de los casos de no poder levantarlo o provocar el colapso del equipo.

Otro factor que es muy importante dentro de la construcción con prefabricados son las conexiones, que juegan un papel primordial en el funcionamiento estructural de la obra al unir entre sí a los diversos elementos prefabricados o colados in-situ. De ahí que deban ser correctamente seleccionadas de acuerdo al tipo de elemento que unen y al trabajo estructural que desempeñan. En la medida de lo posible deben ser sencillas en su diseño para que puedan ser elaboradas con facilidad.

Por otro lado, en el mercado nacional existe una amplia variedad de elementos prefabricados; en elementos estructurales existen vigas, losas, cimentaciones, columnas, muros, etc.; en acabados predomina el uso de fachadas precoladas aunque cabe aclarar que se cuenta con diversos elementos utilizados tanto para interiores como exteriores. De igual forma, en lo referente a la vivienda existe también gran variedad de elementos que facilitan el proceso constructivo y disminuyen los tiempos de ejecución. Entre los prefabricados diversos, tal como se clasificaron al

inicio del presente trabajo, podemos encontrar una amplia gama de elementos como durmientes, pilotes, fosas sépticas, etc. En general consideramos que la variedad de estos elementos seguirá ampliándose en la medida que surjan nuevas necesidades puesto que los prefabricados son una respuesta a ellas.

Finalmente consideramos que es muy importante que esta técnica tenga una mayor difusión entre aquéllos que toman las decisiones o llegarán a tomarlas. Por ello creemos que la transmisión de conocimientos a los estudiantes de las carreras relacionadas con la construcción y diseño de obras civiles juega un papel muy importante, y debe impulsarse con mayor dinámica en nuestra Facultad de Ingeniería, ya que el auge que ha tenido este proceso lo justifica. De esta manera los futuros profesionistas podrán seleccionar entre mejores alternativas la solución a sus problemas cuando la responsabilidad de hacerlo esté en sus manos.

**ANEXO I**

**NORMAS**

# NORMAS



## NORMA OFICIAL MEXICANA TERMINOLOGIA USADA EN ELEMENTOS DE CONCRETO PRESTFORZADO.

NOM  
C-112-1978

### TERMINOLOGY USED IN PRESTRESSED CONCRETE ELEMENTS.

#### 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta norma establece las definiciones de los términos utilizados en los elementos de concreto prestforzado.

#### 2. DEFINICIONES.

Se establecen las siguientes definiciones.

##### 2.1 Alambre para Prestuerzo

Elemento de acero que, tensado y anclado, se emplea para impartir prestuerzo al concreto.

##### 2.2. Anclaje

Dispositivo para mantener los tendones bajo tensión.

##### 2.2.1 Anclaje de Postensado

Dispositivo colocado en forma permanente en los extremos del tendón, por el cual se transmite al concreto endurecido la fuerza prestforzante.

##### 2.2.2 Anclaje de Pretenido

Dispositivo temporal que mantiene la fuerza de tensión en el acero de prestuerzo hasta la transferencia.

##### 2.3 Banco (véase inciso 2.6)

##### 2.4 Barrilete.

Componente del anclaje en cuyo interior se alojan las cuñas que sujetan el extremo del tendón de prestuerzo.





**NORMA OFICIAL MEXICANA**  
**"DIMENSIONES Y TOLERANCIAS DE LOS**  
**ELEMENTOS PREFABRICADOS TIPO ARQUITECTÓNICO"**

**(DIMENSIONS AND TOLERANCES IN AR-**  
**CHITECTURAL TYPE PREFABRICATED ELEMENTS)**

**0 INTRODUCCION**

Los elementos prefabricados de concreto hidráulico reforzado para fines arquitectónicos, requieren de un proceso adecuado de fabricación así como de un determinado cuidado en su transporte y manejo para lograr en su aplicación en la construcción de una calidad aceptable.

**1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta Norma establece las especificaciones que deben cumplir los elementos prefabricados de concreto hidráulico reforzado de tipo arquitectónico, para su correcta aplicación en la construcción.

**2 REFERENCIAS**

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas en vigor:

NOM-C-155 CONCRETO PREMEZCLADO

NOM-C-1 CEMENTO PORTLAND.

NOM-C-2 CEMENTO PORTLAND PUZOLANA.

NOM-C-175 CEMENTO PORTLAND DE ESCORIA DE ALTO HORNO.

NOM-B-6 VARILLAS CORRUGADAS Y LISAS DE ACERO, PROCEDENTES DE LINGOTE O PALANQUILLA PARA REFUERZO DE CONCRETO

NOM-B-18 VARILLAS CORRUGADAS DE ACERO PROCEDENTES DE RIEL, PARA REFUERZO DE CONCRETO

NOM-B-281 PLANCHAS DE ACERO, CALIDAD ESTRUCTURAL CON RESISTENCIA A LA TENSION BAJA E INTERMEDIA



**NORMA OFICIAL MEXICANA**  
**ELEMENTOS DE CONCRETO PRESTREZADO\***  
**(PRESTRESSED CONCRETE ELEMENTS)**

**0 INTRODUCCION**

Las especificaciones indicadas en esta Norma, se refieren a los sistemas de pretensado del concreto, donde el tendido del acero se realiza dentro de los límites que se señalan para producir elementos aceptables de concreto prestresado.

**1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION**

Esta Norma establece las características que deben cumplir los elementos de concreto prestresado que se fabrican por los procesos de pretensado y postensado, o la combinación de ambos.

**2 REFERENCIAS**

- Son complemento de esta Norma las siguientes Normas Oficiales Mexicanas en vigor:
- NOM-C-112 "Terminología usada en Elementos de Concreto Prestresado"
  - NOM-C-113 "Cemento Portland"
  - NOM-C-175 "Cemento Portland de Escoria de Alto Horno"
  - NOM-C-155 "Concreto Premezclado"
  - NOM-C-255 "Aditivos Químicos que reducen la cantidad de Agua y/o Modifican el Tiempo de fraguado del Concreto"
  - NOM-B-6 "Varillas Corrugadas y Lisas de Acero, Procedentes de Lingote o Palanquilla, para Refuerzo de Concreto"
  - NOM-B-18 "Varillas Corrugadas y Lisas de Acero, Procedentes de Hierro, para Refuerzo de Concreto"
  - NOM-B-32 "Varillas Corrugadas y Lisas de Acero, Procedentes de Eje, para Refuerzo de Concreto"
  - NOM-B-292 "Tarjas de Siete Alambres sin Recubrimiento, Relevado de Esfuerzos para Concreto Prestresado"
  - NOM-B-293 "Alambre sin Recubrimiento, Relevado de Esfuerzos para uso en Concreto Prestresado"
  - NOM-B-294 "Varillas Corrugadas de Acero Tipo 304 en Frío, Procedentes de Lingote o Palanquilla para Refuerzo de Concreto"
  - NOM-B-267 "Laminas de Acero al Carbono, laminadas en Frío, Caladas Embudadas"

## **ANEXO 2**

### **DETALLES DE CONEXIONES TÍPICAS**

## ANEXO 2

### DETALLES DE CONEXIONES TIPICAS.

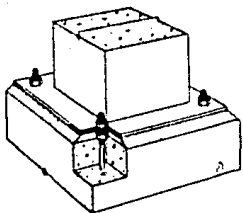
Este anexo presenta una diversidad de arreglos de conexiones típicas. Existen muchos más arreglos posibles, y una variedad sorprendente de detalles para conexiones.

Los arreglos que se muestran son para conexiones de bases de columnas (CB), viga a columna (VC), columna a columna (CC), losa a viga (LV), losa a muro (LM), muro a cimentación (MC), de fachadas (F) y de vigueta y bovedilla. Las ideas presentadas para determinada categoría pueden aplicarse para un tipo diferente de conexión que de por resultado arreglos diferentes. Estos esquemas no limitan otras posibilidades ni son necesariamente los mejores arreglos. Los detalles que son usados finalmente para cierta situación se determinan ya sea de acuerdo con los requisitos de montaje o producción, con el prefabricado, prefabricado, en la zona en la que se lleva a cabo la construcción.

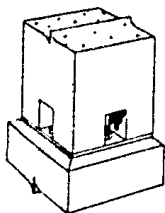
#### 2.1. BASE DE COLUMNA (CB).

Los detalles CB-1 hasta CB-5 presentan cinco arreglos comunes para la conexión de una columna a una pila de cimentación, a una cimentación de muro, a una zapata extendida o a una cabeza de pilotes. Todos los detalles usan lechada de cemento sin contracciones y un sistema de doble tuerca. Si la conexión se hace en la parte superior del muro o de la pila vaciada en la obra, es obligatorio que se coloquen suficientes estribos en la parte superior de la pila o del muro, para confinar los pernos del anclaje.

CB-1. Este detalle tiene una placa de base de dimensiones mayores que la sección transversal de la columna. Típicamente se usan cuatro pernos de anclaje con doble tuerca, y existe una separación de 50 a 55 mm para la lechada de cemento sin contracciones, entre la parte superior del cimiento y la parte inferior de la placa de base. Los pernos de anclaje están colocados, ya sea en las esquinas o en el centro de los lados, dependiendo de los requisitos de montaje. Los refuerzos de la columna están soldados a la placa de base.

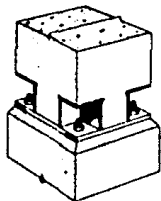


CB-1

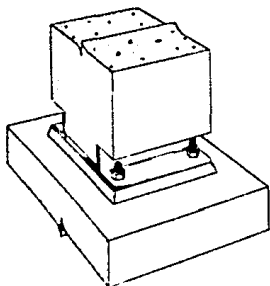


CB-2

CB-2. El detalle de la llamada placa de base interna tiene una placa que es del mismo tamaño o menor que la sección transversal de la columna y tiene huecos para los pernos de anclaje o desbastes en la base de la columna. Es similar a CB-1, usando el sistema de doble tuerca, lechada de cemento sin contracciones y unión soldada del refuerzo de la columna a la placa. Las dimensiones de la placa de base, son generalmente menores que las de la columna cuando se necesita el tratamiento arquitectónico de la junta. Después del montaje, normalmente se rellenan con lechada los huecos para los pernos de anclaje.



CB-3

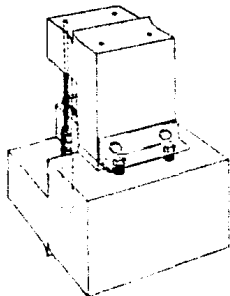


CB-4

CB-3. Este detalle es un refinamiento de CB-2 debido a que no se usa una placa completa inferior de la base. Un ángulo, generalmente de 13 mm de espesor se deja embebido en las esquinas con una placa de base de 20 mm o mayor, soldada al ángulo. Para impedir que el concreto llene el hueco formado

por el ángulo, se suelda una placa de 3 mm como tapa, en la parte superior del ángulo. Las barras de refuerzo pueden soldarse en la placa inferior o en los lados interiores de los ángulos, y traslaparse con las barras de refuerzo de la esquina de la columna que se alinean aproximadamente con la línea central de los pernos de anclaje. Una ventaja de este tipo de detalle es que permite que una placa de base "normal" se ajuste a muchos diversos tamaños de columnas.

CB-4. Los ángulos están unidos con soldadura al refuerzo principal o espigas que traslapan con el refuerzo principal. En ocasiones se requiere la instalación de placas planas de base entre los ángulos. Para impedir la rotación, pueden unirse pernos soldados a las patas verticales de los ángulos, o los ángulos pueden sujetarse por medio de atiesadores.

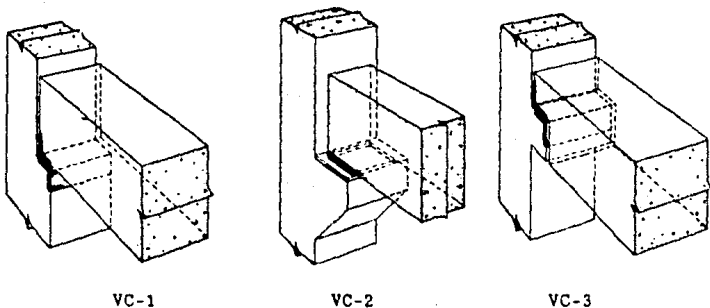


CB-5

CB-5. En este detalle, las barras principales de refuerzo de la columna sobresalen de la parte inferior de la columna y se insertan en el ducto metálico pulido, flexible, relleno de lechada de cemento empotrada en el cimiento. Es necesario un apuntalamiento temporal de la columna hasta que la lechada haya obtenido la resistencia deseada. Un método de contraventeo es atornillar un ángulo a los insertos colocados dentro de la columna y la base, tal como se muestra en el dibujo.

## 2.2. VIGA A COLUMNA (VC).

Las conexiones del tipo VC-1 hasta VC-7 son sólo unas cuantas combinaciones de conexiones que se usan para las vigas a columna. Por sencillez, todas las vigas que se muestran son rectangulares, aunque pueden ser trabes de repisa doble, vigas "T" o doble "T".

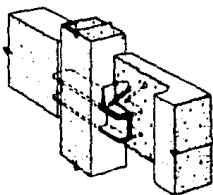


VC-1. Este detalle muestra una cornisa o ménsula sin usar una viga con el extremo trabajando como se muestra en VC-3. En este diseño se requieren ángulos de confinamiento y/o amortiguadores de apoyo. El detalle que se muestra es para una condición simplemente apoyada. Puede también usarse para una conexión para momentos que use lechada sin contracciones entre el extremo de la viga y la columna, y que proporcione la transferencia de tensión en la parte superior de la viga.

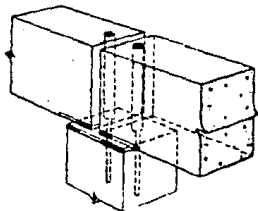
VC-2. Esta es una variación de VC-1 con la ménsula de concreto reforzado que sobresale de la columna. Se muestra con un amortiguador elastomérico de apoyo y placas tanto en la ménsula como en la viga. Como en el VC-1, este detalle se muestra para una condición de apoyos simples, pero puede desarrollarse a una conexión para momentos, en caso deseado. Los amortiguadores de apoyo son opcionales, de acuerdo con los requisitos del diseño.

VC-3. Este detalle se llama frecuentemente una conexión de extremo rebajado y normalmente se requiere ángulos de confinamiento debido a los elevados esfuerzos. Para desarrollar este detalle en una conexión que resiste momentos, se requiere lechada no contráctil en dos superficies de contacto diferentes, lo cual es un procedimiento difícil en la obra. La colocación del refuerzo en este detalle es probablemente el más crítico de todos los detalles de la viga a columna que se muestran; en ningún lugar debe presentarse un plano de cortante sin reforzar entre el refuerzo de la conexión y el acero principal a la flexión.

VC-4. Este detalle se usa frecuentemente cuando se desea ocultar la conexión de viga a columna. Se muestra una sección de patín ancho que sobresale de la columna. Pueden usarse otros perfiles de acero estructural, empotrado como vigas-T, canales dobles o placas dobles. Nuevamente, como en VC-3 la viga rebajada requiere cuidado en su detalle y colocación del refuerzo. Deberán colocarse estribos bastante cercanos, en la columna inmediatamente arriba y abajo del perfil de acero estructural empotrado.



VC-4



VC-5

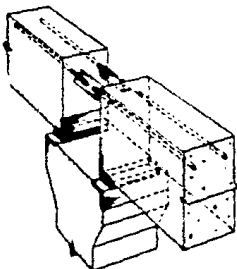
VC-5. Esta es una conexión por medio de espigas con varillas que sobresalen de la columna dentro de ductos o tubos de acero colocados dentro de la viga. Después se llena el tubo, con lechada. Para impedir restricción contra la rotación por cambio de volumen puede colocarse vermiculita, arena u otro material suelto en la parte interior del tubo, antes de colocar la lechada. En temperatura de congelación, es importante impedir que el agua penetre a los tubos antes de la inyección de lechada. En las superficies de apoyo se usan amortiguadores de apoyo, placas de acero o ángulos confinados.

La conexión puede hacerse continua colocando acero de refuerzo a la tensión traslapado o soldado similar al que se muestra en VC-6. Las varillas de tensión pueden también colocarse en la parte superior, o en los desbastes superiores de las vigas.

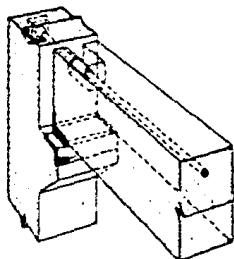
VC-6. Este detalle es una variación de conexión para momentos de VC-5, logrado por varillas de refuerzo soldadas a ángulos. Tiene la ventaja de permitir una extensión futura de la columna, colocando un perno de anclaje o insertos en el concreto vaciado en la obra entre los extremos de las vigas.



Cuando se hace esto, las varillas confinadas con estribos de la columna, deberán sobresalir al cerramiento vaciado en la obra de la columna de abajo.



VC-6



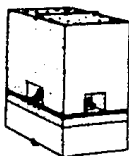
VC-7

VC-7. Este detalle muestra una varilla recta para postensado que se tensa después de la colocación de la lechada no contráctil, entre la columna y el extremo de la viga. Esto requiere un buen anclaje mecánico para impedir pérdida del esfuerzo de postensado, debido a deslizamiento o asentamiento. También requiere la colocación apropiada de los estribos de confinamiento para impedir un esfuerzo excesivo del apoyo bajo el anclaje extremo. El tendón podrá también curvarse y anclarse en la parte inferior de la viga, o hacerse continuo a través de ella.

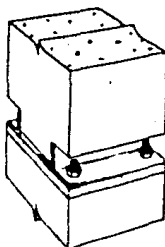
### 2.3. COLUMNA A COLUMNA (CC).

Los detalles CC-1 hasta CC-5 presentan algunas uniones de columna. En la mayoría de las uniones de columna se usa lechada sin contracciones entre las superficies de contacto de los miembros para evitar las variaciones dimensionales debido a tolerancias de la construcción. Cuando se usan placas de base o superiores, éstas pueden tener el mismo tamaño de la columna o remeterse de 25 a 30mm, dependiendo de los requisitos arquitectónicos. Deberán colocarse estribos de confinamiento muy cercanos en las columnas inmediatamente arriba y abajo de la junta. Pueden hacerse las conexiones con pernos de anclaje, barras de refuerzo con rosca o insertos. Deben tomarse providencias

para el montaje y la alineación, como usar el sistema de doble tuerca.



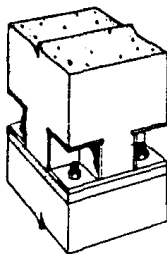
CC-1



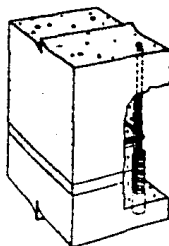
CC-2

CC-1. Este detalle usa cavidades para pernos de anclaje similares a CB-2. El refuerzo principal de la columna o las espigas que traslapan el acero de la columna están soldados a la placa de base. Las cavidades pueden colocarse en las esquinas o en los lados, tal como se muestra en el diseño.

CC-2. Esta es similar a CB-4, y usa los mismos detalles de refuerzo y de amarre. El ángulo que se muestra remetido para propósitos arquitectónicos y de protección contra incendios, está cubierto con lechada sin contracciones.



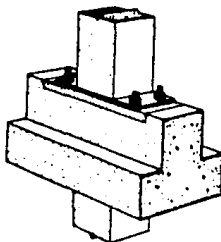
CC-3



CC-4

CC-3. Este detalle es similar al detalle CB-3. Como se muestra aquí, se usa una placa de base de tamaño completo en vez de placas más pequeñas soldadas a los ángulos como se muestra en CB-3, también se muestra una placa superior en la parte de arriba de la columna abajo de la junta. El uso de placas superiores en las uniones de columnas dependen de los requisitos de diseño.

CC-4. Esta es similar a CB-5 y requiere todas las mismas consideraciones de detalle. Sin embargo, se han diseñado otros esquemas de unión temporal cuando las columnas que se unen tienen la misma sección transversal.

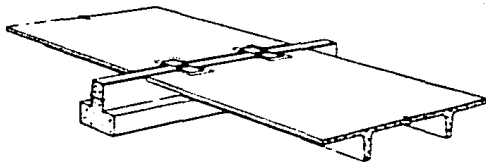


CC-5

CC-5. El detalle que se muestra en CC-5 es una de las muchas variaciones para una columna unida a través de una viga continua. Pueden usarse todos los detalles CC-1, CC-2, CC-3 y CC-4 cuando las columnas están separadas por una viga. Es importante proveer refuerzo dentro de la viga, para transmitir las cargas entre las columnas. Deberá usarse lechada sin contracciones de 50 a 65 mm de espesor, bajo la placa de base para asegurar la transferencia de las cargas axiales de la columna.

#### 2.4. LOSA A VIGA (LV)

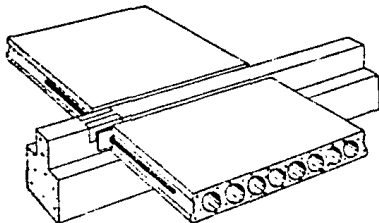
El diseño de todas las conexiones de losa a viga, ya sea para pisos o techos, debe considerar los efectos de cambio de volumen y la transferencia de fuerzas horizontales de losa a la viga cuando se asume que el piso o techo actúa como diafragma. Los movimientos en la conexión entre losas de techo y las vigas pueden dañar el techado, por lo que debe considerarse un detalle especial de expansión. En pisos con recubrimiento vaciado en la obra, deberá colocarse un refuerzo o malla adicional a través de la viga para disminuir el agrietamiento.



LV-1

LV-1. Este detalle muestra un marco de miembro de techo sobre un largero. Usando las placas superiores soldadas y amortiguadores de apoyo, se transfieren las cargas laterales, pero se permite cierto movimiento por cambio de volumen. Las placas superiores soldadas pueden no necesitarse en todos los miembros ni en cada una de las espigas.

Son posibles diversas variaciones de este detalle. Por ejemplo los extremos de las patas de la "T" pueden rebajarse para acomodarse a un mayor peralte de construcción o si se requiere continuidad por el diseño, puede ser deseable soldar las espigas, considerando plenamente los efectos de cambio de volumen. Para pisos con recubrimiento pueden eliminarse las placas soldadas. Sin embargo deberá revisarse el efecto de los amortiguadores de apoyos, ya que ellos permiten cierto movimiento y esto puede ser suficiente para ocasionar grietas en el recubrimiento.

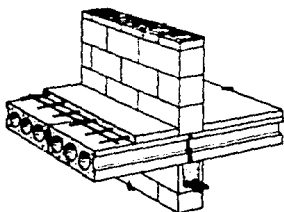


LV-2

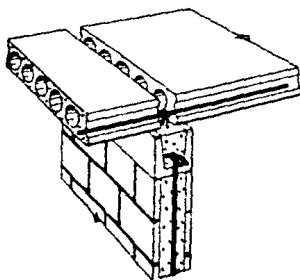
LV-2. Este detalle muestra una forma para desarrollar la acción de diafragma en un viga en un sistema de techo de núcleo hueco si la fricción no es suficiente para transferir las fuerzas laterales y por lo tanto se requiere un conexión positiva. Las placas se embeben en la posición superior del larguero y las espigas soldadas de varilla corrugada se prolongan dentro de la unión rellena de lechada entre las losas. las consideraciones de montaje pueden dictar un detalle diferente, como tener la parte superior de la viga más baja que la parte superior de las losas para permitir la colocación de varillas de refuerzo continuo en los cuñeros de la losa. Los detalles deben limitarse a los recomendados por los fabricantes locales siempre que corresponda a los requisitos de diseño. Los pisos con recubrimiento no requieren usualmente ninguna conexión adicional a la viga.

## 2.5. LOSA A MURO (LM).

Los detalles muestran algunas de las combinaciones de losas apoyadas sobre muros. También se muestra la conexión de una losa de techo a un muro paralelo. En la mayoría de los diseños se requiere cierto grado de continuidad en la conexión de losa a muro sin embargo en general no es deseable una conexión completamente fija, especialmente con las losas en forma de "T", de claros mayores, y esto se impide usando amortiguadores de apoyo.



LM-1

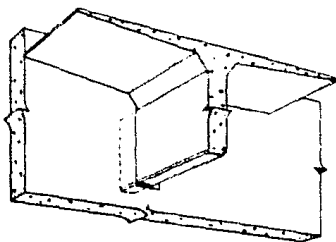


LM-2

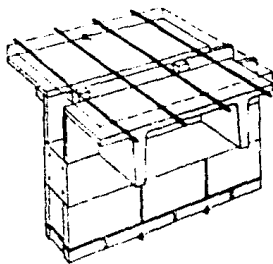
LM-1. Este detalle presenta una instalación típica de losas de núcleo hueco sobre muros de mampostería. Se ha previsto una viga de unión directamente abajo de las losas y la unión entre los extremos de éstas se rellena de lechada. En construcciones de pisos múltiples, es necesario asegurar que los extremos de las losas pueden transmitir las fuerzas verticales de compresión. En construcciones de naves

múltiples, deberá tomarse en consideración las fuerza desarrolladas debido a la restricción de cambio de volumen.

LM-2. En este detalle se produce un ancaje positivo de las unidades del núcleo hueco al muro, insertando varillas en forma de horquilla en la viga de unión y empotrándola en la ranura para lechada entre los extremos de las losas. De ser necesario pueden dejarse varillas empotradas en forma de "L" dentro de la viga de unión y dentro de los núcleos llenos de mortero del bloque, como se muestra, con objeto de transmitir las fuerzas al muro para una acción positiva de diafragma de techo, o cuando se no use recubrimiento en los pisos, puede empotrarse en lechada una varilla de refuerzo dentro de los cuñeros entre las losas y el núcleo hueco. Esta varilla también sirve para amarrar entre si las losas previniendo los problemas en las juntas.



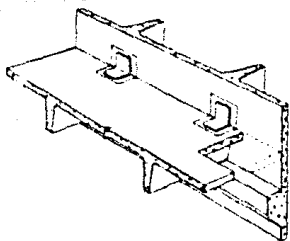
LM-3



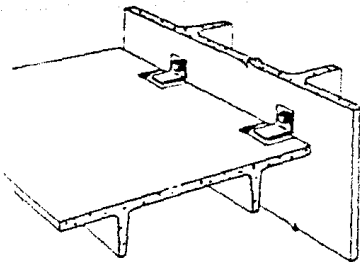
LM-4

LM-3. Este detalle muestra una estructuración de "T" sencilla dentro de una cavidad en un muro vaciado en la obra. En este tipo de conexión, es importante hacer la cavidad en un tamaño suficientemente amplio para evitar problemas al colocar los miembros. Si se usan recubrimientos, las espigas con rosca dentro de los insertos embebidos en el muro amarrarán las unidades del piso a éste. Pueden usarse amortiguadores elastoméricos de apoyos para reducir los efectos de momento negativo.

LM-4 - Este detalle muestra un piso de doble "T", apoyado en un muro de mampostería con una viga de unión vaciada en la obra. En la construcción de edificios múltiples se usa frecuentemente rellenos prefabricados entre las alas de la "T" como moldes para el concreto colocado entre ellas. Los refuerzos pueden colocarse en el recubrimiento como se muestra para disminuir el agrietamiento en el muro.



LM-5



LM-6

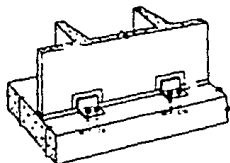
LM-5. Los miembros de piso y techo frecuentemente se apoyan en ménsulas vaciadas a unidades de doble "T" o "T" sencilla que se usan como tableros de muro. Los amortiguadores elastoméricos bajo las patas se usan para impedir la formación de pares de momentos. Las conexiones atornilladas ranuradas verticalmente, sirven para amarrar los miembros a la flexión en forma positiva a los tableros que conducen la carga, pudiendo usarse placas y ángulos soldados como se indica.

LM-6. Para conectar una losa de techo a un muro paralelo es importante reconocer que la losa puede tener cambios cíclicos en la contraflecha y podrán sufrir deflexiones conforme se colocan recubrimientos, techado y otras cargas. Esto requiere una conexión que pueda acomodar los movimientos verticales. Los ángulos ranurados con roldanas de baja fricción permiten este movimiento proporcionando simultáneamente un soporte lateral al muro y al mismo tiempo transferir las cargas laterales.

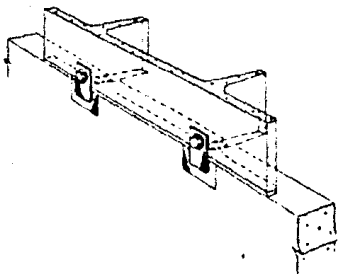
Otro detalle que se usa frecuentemente, es el de soldar el patin de la losa directamente al muro. La rotación de la losa alrededor de la soldadura acomoda la mayoría de los movimientos verticales de ella. Cuando se solda la losa al muro, deberán considerarse los efectos de los cambios volumétricos axiales de la losa.

## 2.6. MURO A CIMENTACION (MC).

Es esencial proporcionar dos partidas en cualquier conexión de un tablero de muro prefabricado a un muro de cimentación o a una zapata continua: (1) un método de unión a la zapata o a un piso capaz de tomar el cortante en la base en cualquier dirección; y (2) un método para nivelar y alinear el tablero del muro. Los siguientes detalles describen algunas de las formas para manejar estos requisitos. Las características que se muestran en los diferentes detalles pueden combinarse con el objeto de cumplir ambos requisitos.



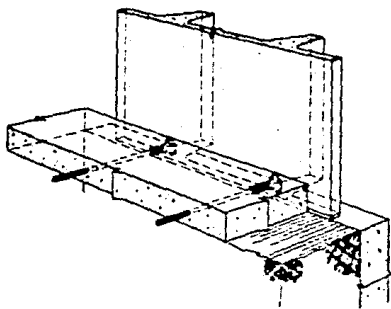
MC-1



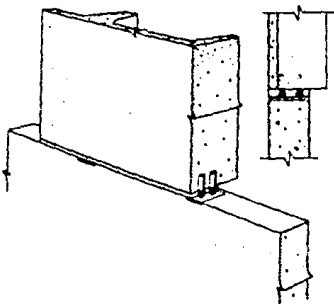
MC-2

MC-1. El tablero de muro está unido a la base por medio de ángulos soldados a placas embebidas en el tablero del muro. Los ángulos están unidos a la base con pernos de anclaje empotrados y taladrados dentro. La nivelación y alineación se hace a través del uso de calzas. El espacio entre el tablero y la zapata, se empaqa con lechada no contráctil despues de la unión, con objeto de transmitir la carga de diseño a la zapata.

MC-2. La placa ranurada se une a la base por soldeo a una placa embebida en el interior y a los tableros del muro por medio de pernos dentro de los insertos embebidos en los muros. Las calzas abajo de las nervaduras, de las T, proporcionan la nivelación y la lechada no contráctil, proporciona la transferencia uniforme de la carga.



MC-3



MC-4



MC-3. En este detalle, se ha previsto un amarre entre la unidad del muro y la losa del piso por medio de barras con roscas en espiral dentro de los insertos colocados en los tableros. Para nivelar se usan calzas y lechada, análogamente a MC-1 y MC-2, y se debe proporcionar un contraventeo temporal hasta que el piso esté vaciado y alcance el nivel requerido de resistencia.

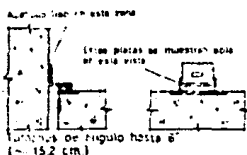
MC-4. En este detalle se coloca un perno de vástago cuadrado, de cabeza redonda en un inserto que se embebe y se taladra dentro de la base de un tablero de muro. Las cabezas se apoyan entonces sobre placas de acero embebidas dentro de los cimientos y los ajustes de nivelación se efectúan simplemente haciendo girar los pernos. También se proporcionan estribos similares a los que se muestran en los detalles anteriores y el espacio entre los tableros y los cimientos deberá llenarse con lechada no contráctil.

## 2.7. FACHADAS PREFABRICADAS (F).

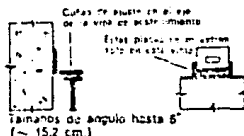
Uniones de soporte de cargas.

F-1. Una unión simple, adecuada para paneles por debajo de 3.600 Kg. (menos de 18.50 m cuadrados y menos de 3.00 m de dimensión máxima). Con algún ajuste posible en la dirección vertical, las variaciones en el espacio de ajuste no son críticas. No es posible el ajuste para dimensiones aumentadas de separación, haciendo crítico este detalle.

F-2. Como para F-1, pero representado para soporte sobre vigas de acero. La dimensión de separación es especialmente crítica, ya que el sostenimiento debería ser sobre el eje de la viga de acero.

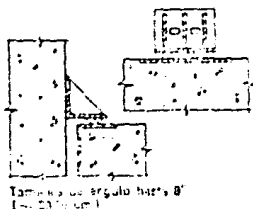


F-1

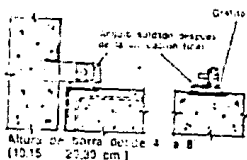


F-2

F-3. Es una unión relativamente sencilla para paneles con pesos entre 2.500 Kg y 5.000 Kg y menos de 30 metros cuadrados de superficie y 3.60 m de dimensión máxima). Igual que F-1, no es posible el ajuste para dimensiones aumentadas de separación, haciendo crítico este detalle.



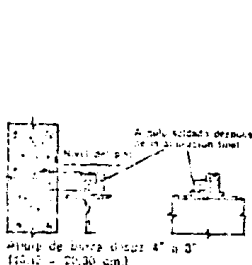
F-3



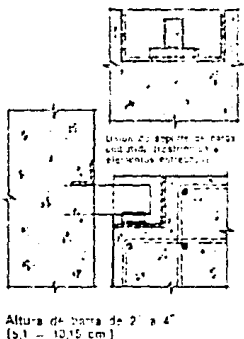
F-4

F-4. Unión común para paneles pesados por encima de los 4,500 Kg y para construcciones en zonas sísmicas. Aplicación posible en el caso de medidas con holguras. Los ajustes en la dirección vertical no son posibles, pero puede tolerarse suministrando un amplio espacio de separación. Las tolerancias de fabricación son bastante estrechas, exigidas con respecto a la situación y desviaciones de los ángulos.

F-5. Como F-4, pero mostrado para soportes de viga de acero. Es necesario hacer énfasis en cargas sobre el eje de la viga de acero. Alternativamente, las vigas de acero pueden rigidizarse para impedir el giro.



F-5

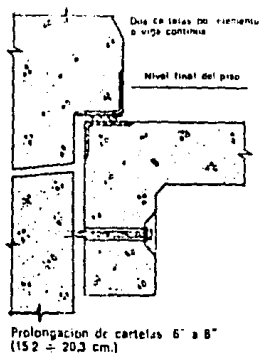


F-6

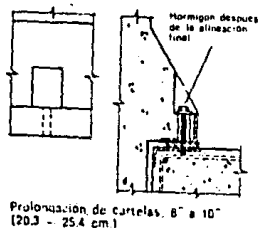
F-6. Como en F-4, embutido para exigencias de colados a ras o para posterior protección contra fuego con concreto. Las

barras deben diseñarse para una altura mínima. Como en F-4, es posible un pequeño ajuste de distancias. Es importante prestar atención a detalles y colocación adecuados de los redondos en las vigas de soporte.

F-7. Típico soporte del tipo cartela, adecuado para cualquier carga, incluyendo cargas sísmicas medias. Es una unión a prueba de fuego. Los ajustes en dirección vertical no son posibles pero pueden tolerarse previendo un amplio espacio a las prolongaciones de ajuste. Es importante un diseño y colocación apropiados de los redondos en las cartelas.



F-7

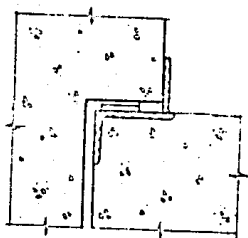


F-8

F-8. Como F-7 pero presenta una mayor capacidad para soportar cargas laterales grandes cuando se une con pernos o se suelda.

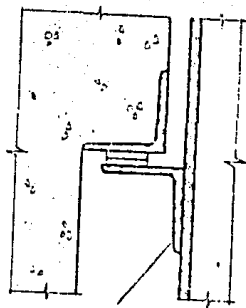
F-9. Soporte tipo variación de cartela (o viga); el suplemento en el elemento facilita el espesor mínimo donde pasa la viga de borde. Puede diseñarse para la mayoría de las cargas de servicio, se muestra el caso de un panel ligero. El pedestal fino del elemento puede crear dificultades de manipulación y almacenamiento.

F-10. Similar a F-9, pero para soporte sobre estructura de acero fuera de columnas, eliminadas las consideraciones sobre la viga de borde. Adecuado para la mayor parte de los tamaños de panel y trabaja de una forma excelente para juntas horizontales.



Se muestra cargando directamente  
sobre el tornillo para del elemento,  
comprobar la presión de carga.  
Prolongación o suplemento, 4" a 8"  
(10,15 - 20,30 cm.)

F-9



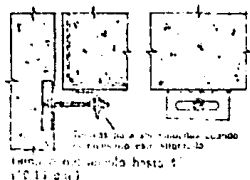
El soporte del ángulo normalmente  
se fija a las piezas en el taller.  
Prolongación o suplemento, 4" a 6"  
(10,15 - 15,2 cm.)

F-10

### Uniones laterales.

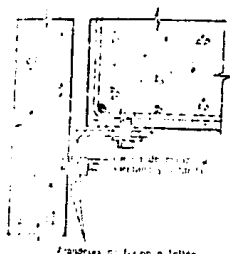
F-11. Unión lateral sencilla y fácil de montar. Tiene capacidad limitada por inserción en ranura. Excelente para ajuste final después de una fijación temporal. No es adecuada para resistir grandes cargas internas y tiene exigencias considerables de espacio.

F-12. Se trata de una unión lateral corriente. Tiene buena capacidad para soportar presión y succión, a diferencia de F-11 no tiene exigencias grandes de espacio. Permite ajustes limitados para variaciones en dimensiones de la estructura. La flexibilidad descansa en el deslizamiento de las arandelas.



Se muestra cargando directamente  
sobre el tornillo para del elemento,  
comprobar la presión de carga.  
Prolongación o suplemento hasta 6"  
(15,24 cm.)

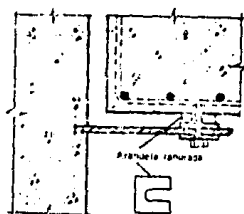
F-11



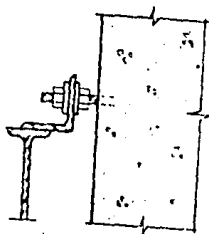
Arandelas de nylon o teflón

F-12

F-13. Es una unión lateral adecuada para uniones temporales rápidas. Puede dimensionarse para la mayoría de las condiciones de carga. Los elementos metálicos salientes del elemento prefabricado requieren algunas consideraciones de almacenamiento y manipulación. Los ajustes tras las succiones temporales no son simples.



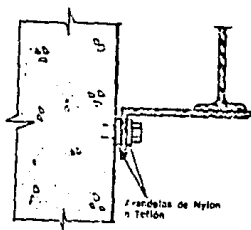
F-13



F-14

F-14. Como F-12, pero para estructuras de acero.

F-15. Es una variación de F-12, con flexibilidad en el ángulo o placa doblada. En la figura se puede apreciar el detalle para vigas de acero.

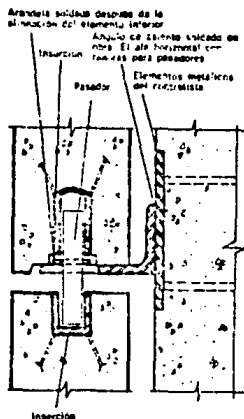


F-15

Unión de revestimiento de columna combinando el soporte de cargas y la unión lateral.

F-16. Adecuada para la mayoría de los recubrimientos de

columnas y otros elementos frente a obstáculos tales como muros, soldando el ángulo de acero a la estructura de acero en obra; los detalles son adecuados para el armazón de acero del edificio. Exige tolerancias de fabricación estrechas para los elementos metálicos de fábrica y su colocación en los paneles.

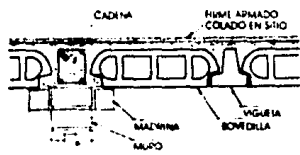


Al soldar el ángulo de acero a la estructura de acero en obra, dichos detalles son adecuados para la estructura de acero del edificio.

F-16

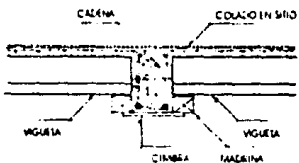
## 2.8. VIGUETA Y BOVEDILLA (VB).

En las uniones referentes a la vigueta y bovedilla las soluciones de los problemas más frecuentes a los que suele presentarse un constructor están esquematizados en las siguientes páginas de la figura VB-1 a la VB-16. sin embargo esto no quiere decir que sean los únicos que puedan presentarse en este sistema constructivo, ya que su aplicación es cada vez más extensa y se ha vuelto más versátil.



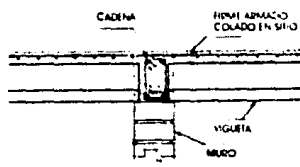
CONEXION DE BONDILLA CADENA

VB-9



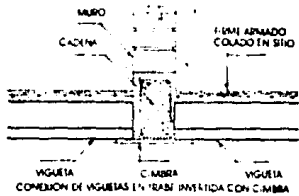
CONEXION DE VIGUETAS EN TRABE PERALTADA CON CIMBRA Y MADRINAS FUNCIONANDO COMO CIMBRAS LATERALES

VB-10



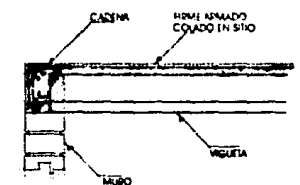
APOYO DE VIGUETAS EN MURO

VB-11



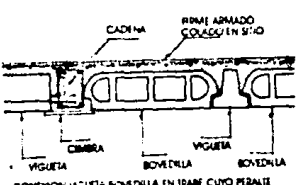
CONEXION DE VIGUETAS EN TRABE INVERTIDA CON CIMBRA

VB-12



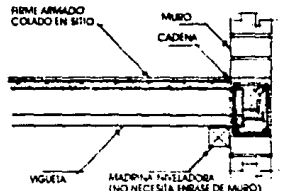
APOYO DE VIGUETA EN MURO

VB-13



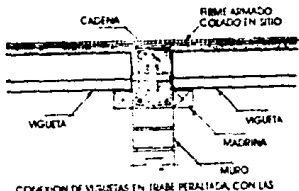
CONEXION VIGUETA BONDILLA EN TRABE CUYO PERALTE PUEDE SER EL DE LA LOSA

VB-14



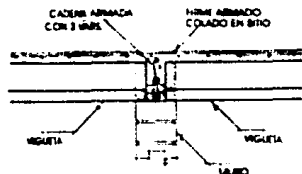
CONEXION VIGUETA CADENA CON MADRINA NIVELADORA COMO CIMBRA LATERAL

VB-15

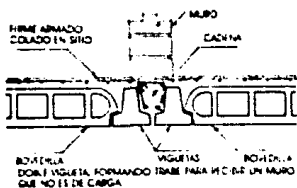


CONEXION DE VIGUETAS EN TRABE PERALTADA CON LAS MADRINAS FUNCIONANDO COMO CIMBRAS LATERALES

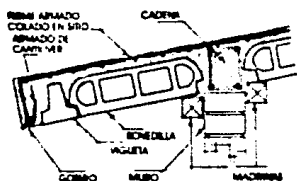
VB-16



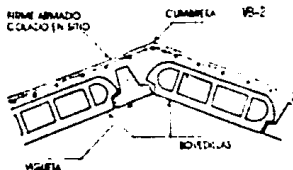
15-1 APOYO DE VIGUETAS EN MURO



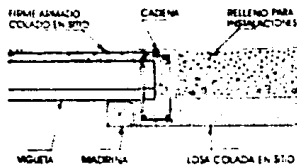
15-2 CONEXION DE VIGUETA-BOWENIAS EN CUMBREA



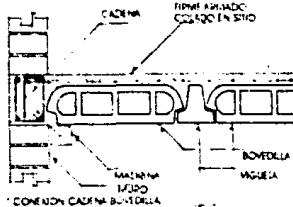
15-3 LOSA INCLINADA EN CANTILVER



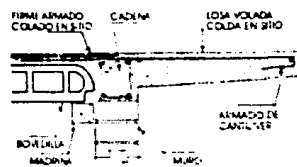
15-4 CONEXION DE VIGUETA-BOWENIAS EN CUMBREA



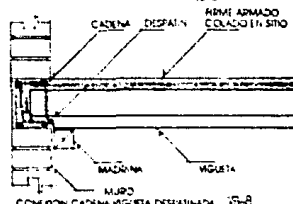
15-5 CONEXION DE VIGUETA-TRABE CHARCA DE BANDO



15-6 CONEXION CADENA-BOWENIA



15-7 CONEXION DE BOWENIA-CADENA EN EL CASO DE UN CANTILVER



15-8 CONEXION CADENA-VIGUETA DESPAINADA



## ANEXO 3

### AYUDAS DE DISEÑO



CLAVE

82

ITT 101

ELEMENTO

LOSA TT

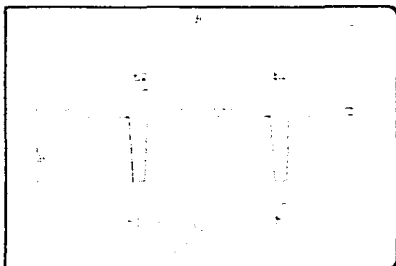
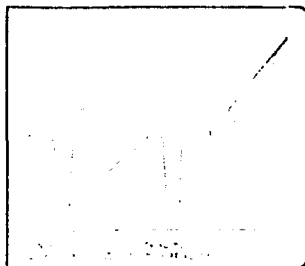
SECCION SIMPLE



SECCION COMPUESTA

USO

CUBIERTAS INTERIORES, FACHADAS, PASOS PEATONALES, ETC.



## PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

No.	Mód.	E			A			I			W			I.P.
		cm	in	ft	cm	in	ft	cm <sup>4</sup>	in <sup>4</sup>	ft <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	in <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	
1.00		52	2.1	1.6	31	1.2	0.9	212	14	0.9	1.2	1.4	1.4	1.4
1.04		52	2.1	1.6	41	1.6	1.2	371	22	1.4	1.8	1.8	1.8	1.8
1.08		52	2.1	1.6	51	2.0	1.5	520	32	2.0	2.6	2.6	2.6	2.6
1.12		52	2.1	1.6	61	2.4	1.8	823	50	3.1	4.0	4.0	4.0	4.0

NOTA: E=ANCHO DE LA SECCION; A=AREA DE LA SECCION; I=MOMENTO DE LA SECCION; W=AREA DE LA SECCION; I.P.=PUNTO CENTRAL DE LA SECCION.

MU	MOMENTO ULTIMO EN TON. M
B	ANCHO TOTAL DE LA SECCION
H	ALTO TOTAL DE LA SECCION
X <sub>1</sub>	DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE
X <sub>2</sub>	DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE
I <sub>1</sub>	MOMENTO DE SECCION INFERIOR
I <sub>2</sub>	MOMENTO DE SECCION SUPERIOR
I	MOMENTO DE INERCIA
P	RESO PROPIO EN KG/M

## DESCRIPCION

Con elemento en forma de L, se permite profundidad variable y sujeción de tubo en el borde de la sección. Para el uso de este tipo de elemento se requiere un tipo de concreto de alta resistencia y un acero de refuerzo de alta resistencia. El elemento debe ser diseñado para resistir los momentos de flexión y las fuerzas de corte. El elemento debe ser diseñado para resistir las tensiones de tracción y compresión. El elemento debe ser diseñado para resistir las tensiones de torsión.

Para el uso de este tipo de elemento, se requiere un tipo de concreto de alta resistencia y un acero de refuerzo de alta resistencia. El elemento debe ser diseñado para resistir los momentos de flexión y las fuerzas de corte. El elemento debe ser diseñado para resistir las tensiones de tracción y compresión. El elemento debe ser diseñado para resistir las tensiones de torsión.





CLAVE

84

I-TT-101

ELEMENTO

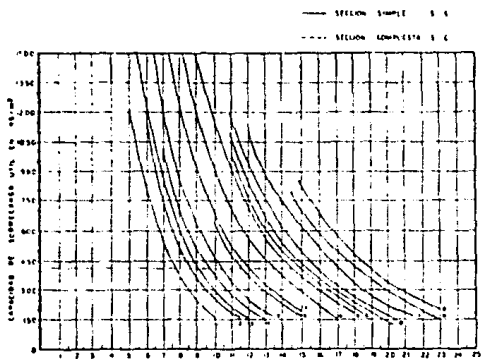
LOSA TT

SECCION SIMPLE

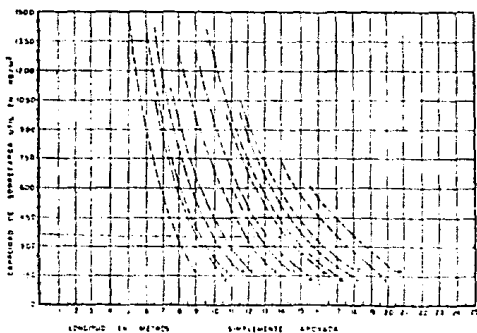
SECCION COMPUESTA

USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, FACHADAS, PASOS PLATONALES, ETC.



GRAFICA 5.1



GRAFICA 5.2

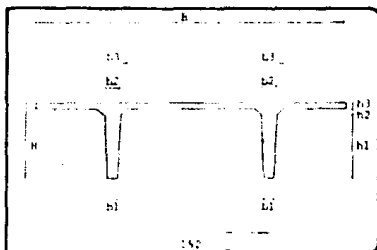
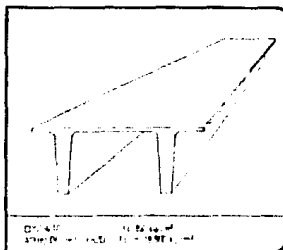
ELEMENTO	LOSA TT	
SECCION SIMPLE		SECCION COMPUESTA
USO	CUBIERTAS ENTREPISOS, FACHADAS, PASOS PLATONALES, ETC	



CLAVE

85

I TT-101



**PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION**

SECCION	MATERIAL	h	MOMENTO			AUTOMIA			V	Vc	Vd	Vt	Ic	Ic	Ic	Ic	Ic	Ic
			Y1	Y2	Yc	h1	h2	h3										
11.51	30	9	125	225	5	40	5	10	60	10	200	100	1774	52104	137			
12.51	30	9	141	241	5	50	5	10	60	10	200	100	1774	52104	137			
13.51	30	9	157	257	5	60	5	10	60	10	200	100	1774	52104	137			
14.51	30	9	172	272	5	70	5	10	60	10	200	100	1774	52104	137			
15.51	30	9	187	287	5	80	5	10	60	10	200	100	1774	52104	137			
16.51	30	9	202	302	5	90	5	10	60	10	200	100	1774	52104	137			

NOTA: A esta tabla le corresponde la tabla 1 y la tabla 2.

MU = MOMENTO ULTIMO EN TON · M  
 B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION  
 H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION  
 Y1 = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE  
 Y2 = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE  
 Yc = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE  
 S1 = MODULO DE SECCION INFERIOR  
 S2 = MODULO DE SECCION SUPERIOR  
 I = MOMENTO DE INERCIA  
 P.P. = PESO PROPIO EN KÓ · M

**DESCRIPCION**

Este momento es el resultado de un cálculo por el cual, se ha considerado el peso propio de la estructura y el peso propio del concreto. Para el momento de diseño se ha considerado un factor de seguridad de 1.4. Este momento es el momento de diseño para el cual se ha calculado el momento de diseño.

Este momento es el momento de diseño para el cual se ha calculado el momento de diseño. Este momento es el momento de diseño para el cual se ha calculado el momento de diseño.



CLAVE

86

I-TT-101

ELEMENTO

LOSA TT

SECCION SIMPLE

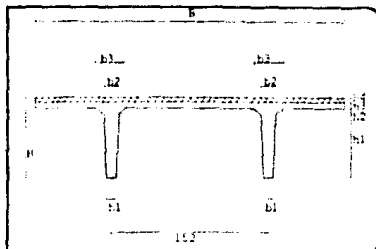
SECCION COMPUESTA

USO

CUBIERTAS, ENTREPISOS, PUNTES, PASOS PLATONALES, ETC.



CLAVE: I-TT-101  
 MATERIAL: CEMENTO  
 FERRALLADO: 1.50 CM



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

Clase	Mu	H	B	b1	b2	h1	h2	h	Y1	Y2	S1	S2	I	P.P.
CL-10	ED	5	115	200	50	50	50	50	47.5	52.5	475	1500	5000	1100
CL-15	ED	8	140	240	60	60	60	60	50.0	50.0	610	2200	8000	1200
ED-10	ED	5	150	250	50	50	50	50	50.0	50.0	500	1500	4000	1100
ED-15	ED	8	180	300	60	60	60	60	50.0	50.0	610	2200	8000	1200
ED-20	ED	10	210	360	70	70	70	70	50.0	50.0	710	3000	11000	1500

NOTA: A ESTA TABLA LE CORRESPONDE LA GRAFICA 5.4 Y LA TABLA 5.4

- MU = MOMENTO ULTIMO EN TON.M
- B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION
- H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION
- Y1 = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE
- Y2 = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE
- S1 = MODULO DE SECCION INFERIOR
- S2 = MODULO DE SECCION SUPERIOR
- I = MOMENTO DE INERCIA
- P.P. = PESO PROPIO EN KG/M

DESCRIPCION

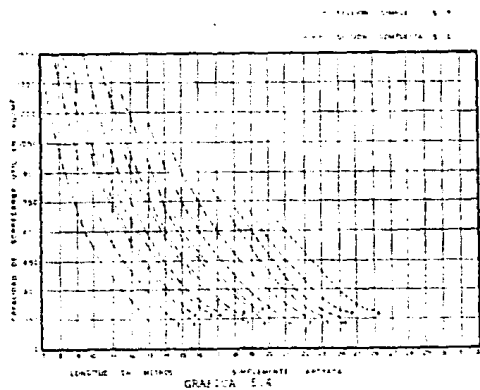
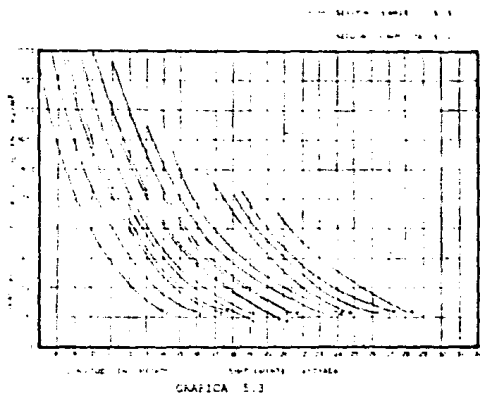
Para lograr una correcta adherencia entre la Losa TT y el firme se debe aplicar una capa de mortero de la losa con un espesor de 2 cm. y unido con el firme con una capa de arena de 2 cm. en cada uno de los extremos de las losas.

Los materiales: Ed. losas de albañil, yendas, clincos y morteros, entre otros, materiales y métodos, especificados en los planos, especificaciones, etc.

ELEMENTO	LOSA TT
SECCION SIMPLE	SECCION COMPUESTA
USO CUBERTAS ENTREPISOS FACHADAS PASOS PEATONALES, ETC	



CLAVE
87
I-TT-101

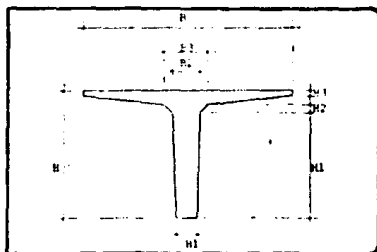
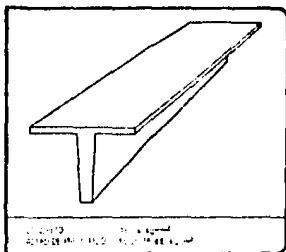






ELEMENTO	TRABE "T"
SECCION SIMPLE	SECCION COMPUESTA
USO	ENTREPISOS, CUBERTAS, MUROS DE FACHADA, PASOS PEATONALES, PUNTES, ETC.

	CLAVE
	101
	IT-101




T.M.	C.C.	B	PERALTE			H	ALTIMA				S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	I	P.P.
			H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>		H <sub>4</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>				
1.8	20	218	20	47	470	80	50	18	27	182	170	2024	16348	451
1.9	20	219	21	46	470	80	50	19	26	181	168	2024	16348	451
2.0	20	220	22	45	470	80	50	20	25	180	164	2024	16348	451
2.1	20	221	23	44	470	80	50	21	24	179	160	2024	16348	451
2.2	20	222	24	43	470	80	50	22	23	178	156	2024	16348	451
2.3	20	223	25	42	470	80	50	23	22	177	152	2024	16348	451
2.4	20	224	26	41	470	80	50	24	21	176	148	2024	16348	451
2.5	20	225	27	40	470	80	50	25	20	175	144	2024	16348	451
2.6	20	226	28	39	470	80	50	26	19	174	140	2024	16348	451
2.7	20	227	29	38	470	80	50	27	18	173	136	2024	16348	451
2.8	20	228	30	37	470	80	50	28	17	172	132	2024	16348	451
2.9	20	229	31	36	470	80	50	29	16	171	128	2024	16348	451
3.0	20	230	32	35	470	80	50	30	15	170	124	2024	16348	451
3.1	20	231	33	34	470	80	50	31	14	169	120	2024	16348	451
3.2	20	232	34	33	470	80	50	32	13	168	116	2024	16348	451
3.3	20	233	35	32	470	80	50	33	12	167	112	2024	16348	451
3.4	20	234	36	31	470	80	50	34	11	166	108	2024	16348	451
3.5	20	235	37	30	470	80	50	35	10	165	104	2024	16348	451
3.6	20	236	38	29	470	80	50	36	9	164	100	2024	16348	451
3.7	20	237	39	28	470	80	50	37	8	163	96	2024	16348	451
3.8	20	238	40	27	470	80	50	38	7	162	92	2024	16348	451
3.9	20	239	41	26	470	80	50	39	6	161	88	2024	16348	451
4.0	20	240	42	25	470	80	50	40	5	160	84	2024	16348	451

NOTA: LA ESTA TABLA LE CORRESPONDE LA CATEGORIA S-3 Y LA TABLA S-5.

MU	=	MOMENTO ULTIMO EN TON. M
B	=	ANCHO TOTAL DE LA SECCION
H	=	PERALTE TOTAL DE LA SECCION
Y <sub>1</sub>	=	DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE
Y <sub>2</sub>	=	DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE
S <sub>1</sub>	=	MODULO DE SECCION INFERIOR
S <sub>2</sub>	=	MODULO DE SECCION SUPERIOR
I	=	MOMENTO DE INERCIA
P.P.	=	PESO PROPIO EN KG. M

DESCRIPCION
Se fabrican en moldes metálicos con concreto y acero que se vibrará para consolidar la sección y evitar la segregación. Se debe curar la parte superior que permite la adherencia posterior.
El peso propio de la tabla se considera en los cálculos de M <sub>u</sub> y M <sub>s</sub> y se toma en cuenta la carga propia de los pisos y techos que se apoyan en ella.
Se emplea acero de refuerzo de extremo y columna de refuerzo y carga propia de 32 mm.



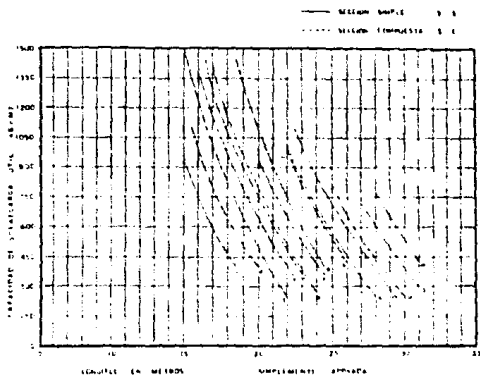
ELEMENTO		TRABE "T"	
SECCION SIMPLE		SECCION COMPUESTA	
USD		INTREPIZOS, CUBERTAS, MUROS DE FACHADA, PASOS PLATONALES, PUNTES, ETC.	



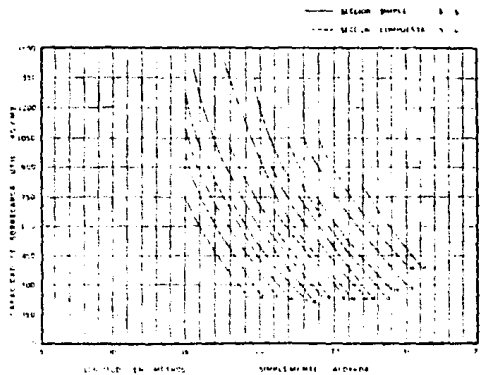
CLAVE

103

I-T-101



GRAFICA 5.5.A



GRAFICA 5.5.B



CLAVE

104

I.T.101

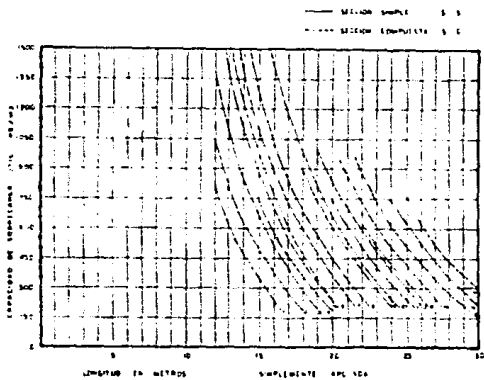
ELEMENTO

TRABE "T"

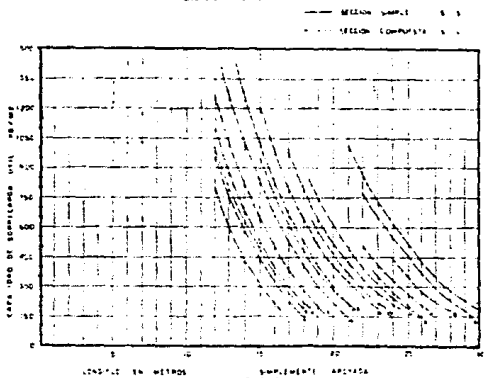
SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA


USO

ENTREPISOS, CUBIERTAS, MUROS DE FACHADA,  
PASOS PEATONALES, PUENTES, ETC

GRAFICA 5.5.C

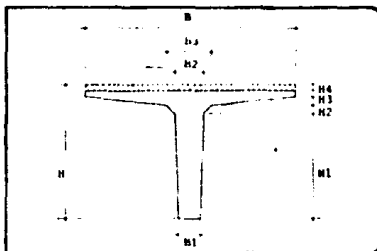
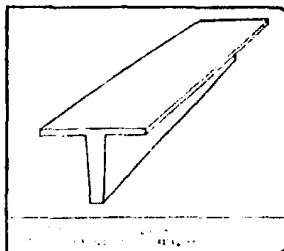


GRAFICA 5.5.D

ELEMENTO	TRABE "T"	
SECCION SIMPLE	SECCION COMPUESTA	
USO	ENTREPISOS, CUBIERTAS, MUROS DE FACHADA, PASOS PEATONALES, PUENTES, ETC.	



CLAVE
105
I-T-101



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION																
CANTIDAD	UNIDAD	SECCION SIMPLE				SECCION COMPUESTA				SECCION COMPUESTA						
		B	H	Ys	Ys1	B	H	Ys	Ys1	B	H	Ys	Ys1			
150	CM	150	200	75	50	150	475	110	50	150	715	230	240	90	1.870	68
175	CM	175	225	87.5	57.5	175	525	122.5	57.5	175	770	252.5	262.5	105	2.170	84
200	CM	200	250	100	65	200	575	135	65	200	825	275	285	120	2.500	100
225	CM	225	275	112.5	72.5	225	625	147.5	72.5	225	875	300	300	135	2.850	117
250	CM	250	300	125	80	250	675	160	80	250	925	325	325	150	3.220	135
275	CM	275	325	137.5	87.5	275	725	172.5	87.5	275	975	350	350	165	3.600	153
300	CM	300	350	150	95	300	775	185	95	300	1025	375	375	180	3.990	171
325	CM	325	375	162.5	102.5	325	825	197.5	102.5	325	1075	400	400	195	4.390	189
350	CM	350	400	175	110	350	875	210	110	350	1125	425	425	210	4.800	207
375	CM	375	425	187.5	117.5	375	925	222.5	117.5	375	1175	450	450	225	5.220	225
400	CM	400	450	200	125	400	975	235	125	400	1225	475	475	240	5.650	243
425	CM	425	475	212.5	132.5	425	1025	247.5	132.5	425	1275	500	500	255	6.090	261
450	CM	450	500	225	140	450	1075	260	140	450	1325	525	525	270	6.540	279

MU	=	MOMENTO ULTIMO EN TON · M
B	=	ANCHO TOTAL DE LA SECCION
H	=	PERALTE TOTAL DE LA SECCION
Ys	=	DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE
Ys1	=	DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE
Si	=	MODULO DE SECCION INFERIOR
Ss	=	MODULO DE SECCION SUPERIOR
I	=	MOMENTO DE INERCIA
PP	=	PESO PROPIO EN KG / M

**DESCRIPCION**

Sección de concreto armado, reforzada por barras de acero.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 400 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 450 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 500 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 550 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 600 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 650 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 700 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 750 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 800 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 850 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 900 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.


Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 950 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.

Sección de concreto armado reforzada por barras de acero, con un peralte total de 1000 mm, para ser utilizada en losas de piso y vigas de apoyo.





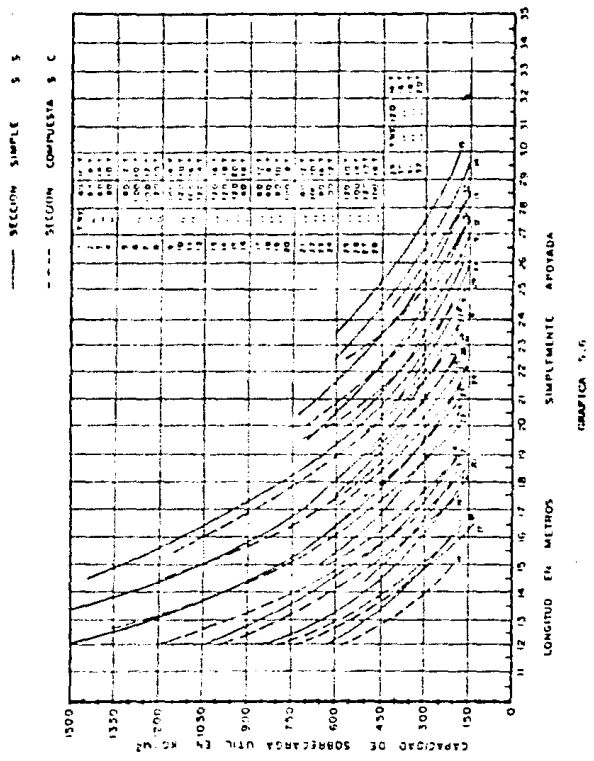
ELEMENTO	TRABE "T"
SECCION SIMPLE	SECCION COMPUESTA
USO	ENTRINCHOS, CUBIERTAS, MUROS DE FACHADA, PASOS PEATONALES, PUENTES, ETC.



CLAVE

107

1-T-101





ELEMENTO TRABE PORTANTE "T" INVERTIDA

SECCION SIMPLE SECCION COMPUESTA

USO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE CARGA

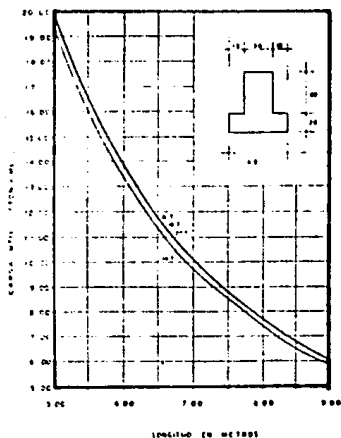


CLAVE

123  
I-TP-101

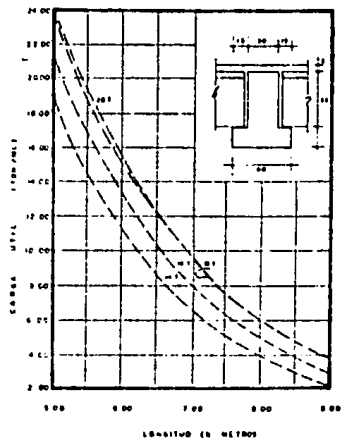
TRABE PORTANTE T INV

SECCION SIMPLE I



TRABE PORTANTE T INV

SECCION COMPUESTA I



## DESCRIPCION

Se fabrica en moldes de madera, metal o fibra de vidrio.

Se curan a vapor para incrementar su resistencia a corto plazo lo que permite incrementar su productividad.

Se pueden fabricar en diferentes anchos, peraltes o longitudes según las necesidades del proyecto. Se pueden emplear como trabes portantes de diferentes sistemas de entrepisos y cubiertas, y prácticamente en edificios y estructuras de concreto de cualquier índole.

Como se emplean concreto de alta resistencia y acero de presfuerza, se obtienen secciones más ligeras que en concreto reforzado, ya que el presfuerzo permite un comportamiento estructural más dúctil.

En el caso de la sección "T" invertida y de la "L", el peralte del nervio debe estar un función del sistema de entrepiso, estos perfiles casi siempre trabajan como sección compuesta al calar el firme en una segunda etapa, mejorando notablemente sus características geométricas para resistir las acciones de las cargas muertas adicionales y las vivas.



CLAVE

124  
I-TP-101

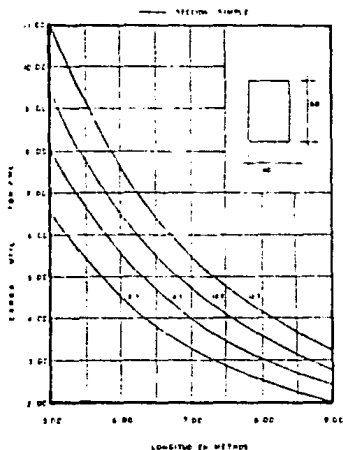
ELEMENTO TRABES PORTANTES RECTANGULARES.

SECCION SIMPLE

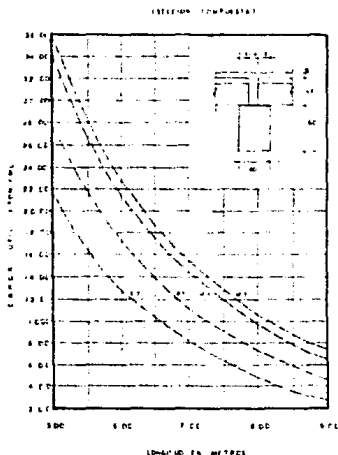
SECCION COMPUESTA

USO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE CARGA

TRABE PORTANTE RECTANGULAR



TRABE PORTANTE RECTANGULAR



## DESCRIPCION

Se fabrica en moldes de madera, metal o fibra de vidrio.

Se curan a vapor para incrementar su resistencia a corto plazo la que permite incrementar su productividad.

Se pueden fabricar en diferentes anchos, perfiles o longitudes segun las necesidades del proyecto. Se pueden emplear como trabes portantes de diferentes sistemas de entresijos y cubiertas, y especialmente en edificios y estructuras de concreto de cualquier indole.

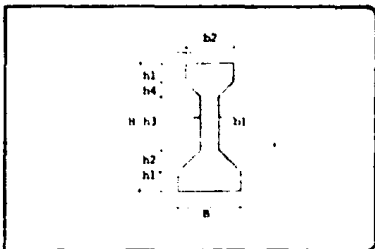
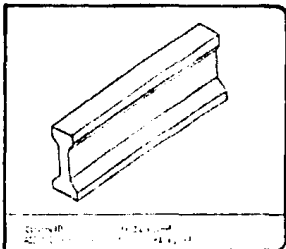
Como se emplean concreto de alta resistencia y acero de presfuerzo, se obtienen secciones con ligeros que en concreto reforzado, ya que el presfuerzo permite un comportamiento estructural mas plastico.

En el caso de la seccion "11" invertida y de la "12", el perfil del nervio debe estar unificado con el sistema de entresijo, estos perfiles casi siempre trabajan como seccion compuesta al cobrar el firme en una segunda etapa, mejorando notablemente sus caracteristicas geometricas para resistir las acciones de los cargas muertas adicionales y las vivas.

ELEMENTO	TRABE AASHTO.	
SECCION SIMPLE	<input checked="" type="checkbox"/>	SECCION COMPUESTA
USO	TRABES PARA PUENTES Y TRANES PORTANTES	

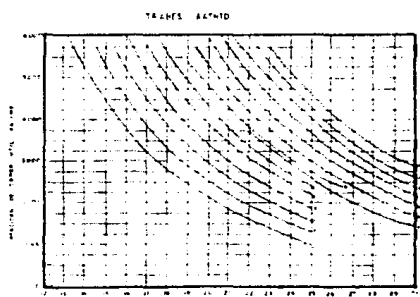


CLAVE
135
1.1A.101



**PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION**

SE	CLAS	h	b1	b2	h1	h3	h2	B	h1	h3	h2	B	h1	h3	h2	B
1	1	100	10	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	2	150	15	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
3	3	200	20	25	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
4	4	250	25	30	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
5	5	300	30	35	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
6	6	350	35	40	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
7	7	400	40	45	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
8	8	450	45	50	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
9	9	500	50	55	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
10	10	550	55	60	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55



NOTA : A ESTA GRAFICA LE CORRESPONDE LA TABLA S. B.





ELEMENTO TRABE CAJON CON ALETAS.

SECCION SIMPLE  SECCION COMPUESTA

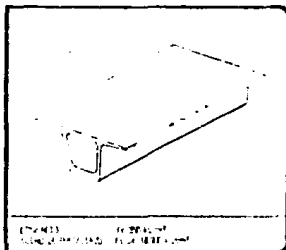
USO PUENTES, CARRETERAS, Y EN GENERAL PASOS PLATONALES.



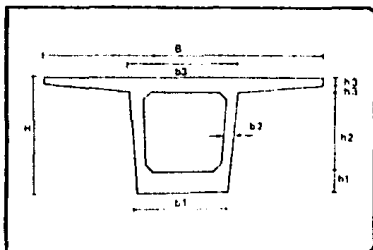
CLAVE

139

I-TC-074



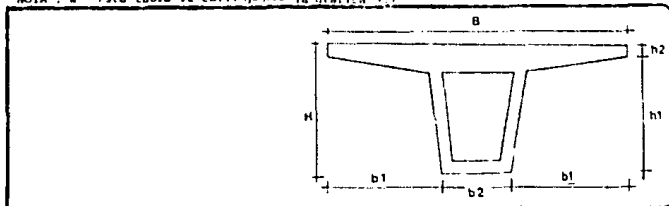
(C) 1983 CONATEC  
 DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS DE CONCRETO



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

SECCION	Módulo de Inercia	Base				Altura				I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>xy</sub> (cm <sup>4</sup> )	S <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> )	C <sub>x</sub> (cm)	C <sub>y</sub> (cm)	P.P. (kg/cm <sup>2</sup> )	
		b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>									
1-1	21	50	10	10	10	10	10	50	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2-2	24	30	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

NOTA: a esta tabla le corresponde la grafica N.º 2



DESCRIPCION

Es un elemento de concreto prestozado que puede fabricarse en peralte constante o en peralte variable y que presenta un aspecto muy agradable a la vista.

Puede fabricarse en planta o bien en columna directamente en la obra. En éste último caso, cuando se trata de puentes de grandes claros, suele procederse a colocar los dintellos simultáneamente en ambos extremos en voladizo con respecto a la pila, generalmente se utilizan cables de metal o de acero laminado sin corchetes plicados. De hecho pueden fabricarse en las plantas y laminados conforme a un proyecto específico.

Entre las ventajas principales de este tipo de elementos podemos citar su ligereza, su resistencia al fuego, concreto, dando a la estructura de la sección y a la gran capacidad para resistir las tensiones provocadas por el momento en la aplicación de la carga viva. En el caso de esta pieza se utiliza el pilar de refuerzo constructivo en del le voladizo se emplea en la construcción de puentes carreteros y de pasos peatonales debido a su gran capacidad de carga.









CLAVE

142

I-TC-074

ELEMENTO

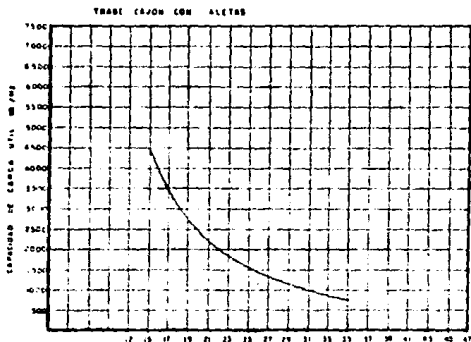
TRABE CAJON.

SECCION SIMPLE

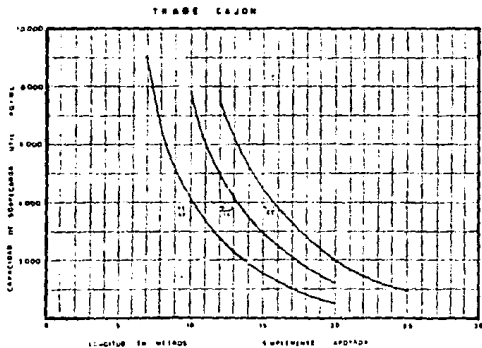
SECCION COMPUESTA

USO

PUNTES, CARRETERAS, Y EN GENERAL PASOS PEATONALES



GRAFICA 5.7



GRAFICA 5.8

ELEMENTO LOSA EXTRUIDA ALIGERADA.

SECCION SIMPLE  SECCION COMPUESTA

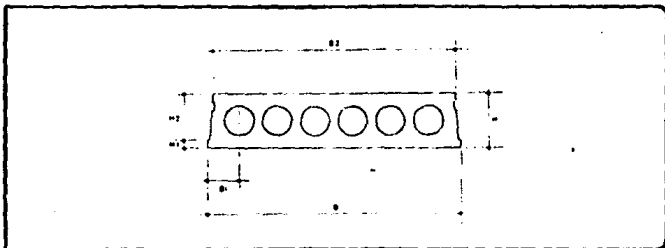
USO CUBERTAS, ENTREPISOS, MUROS DE CARA Y DE FACHADA.



CLAVE

145

I-LE-082



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

TIPO	M <sub>u</sub> (ton-m)	P	BASA			A. LORA						I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	S <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> )	S <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> )	P.P. (kg/m)
			B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>					
1/270-040	311	17	17	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
1/270-044	312	17	17	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
1/270-044	314	17	17	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
1/270-045	322	17	17	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
1/270-050	490	17	17	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
1/270-045	318	17	17	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
1/270-049	467	17	17	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
1/270-041	329	17	17	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
1/270-071	330	17	17	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8

NOTA: A ESTA TABLA LE CORRESPONDE LA GRAFICA 5.9

MU = MOMENTO ULTIMO EN TON-M  
 B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION  
 H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION  
 Y<sub>i</sub> = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE  
 Y<sub>s</sub> = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE  
 S<sub>i</sub> = MODULO DE SECCION INFERIOR  
 S<sub>s</sub> = MODULO DE SECCION SUPERIOR  
 I = MOMENTO DE INERCIA  
 P.P. = PESO PROPIO EN KG/M

Es un elemento de concreto precolado de sección rectangular y aligerado por medio de ductos de muy pequeñas perforaciones, formados sin necesidad de ningún otro elemento, formando etapas generalmente en forma de "Z" que aligeran el peso sin perder el colado de las superficies verticales.

Las vigas se pueden fabricar con diferentes anchos, espesores y alturas según se requiera el precolado. Se trata de un tipo de elemento prefabricado, resistente, ligero, económico, práctico, cómodo y en su mayoría de todo tipo, entre las ventajas se encuentra la ligereza de los elementos, muy buena característica de aislamiento térmico y acústico, facilidad para el enlucado de las superficies interiores y exteriores.



CLAVE

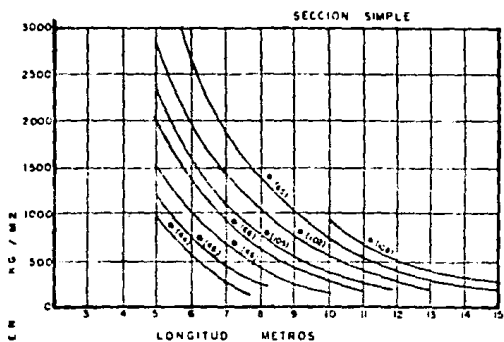
146

I-LE-082

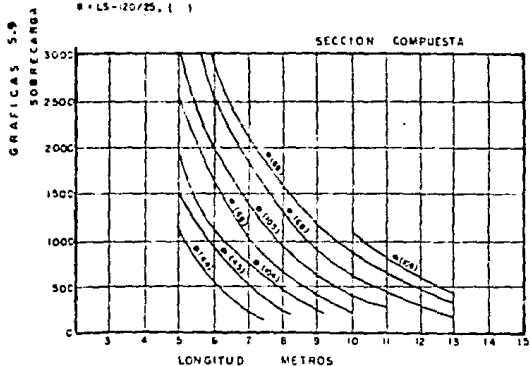
ELEMENTO LOSA EXTRUIDA ALIGERADA.

SECCION SIMPLE SECCION COMPUESTA


USO CUBERTAS, ENTREPISOS, MUROS DE CARA Y DE FACHADA.

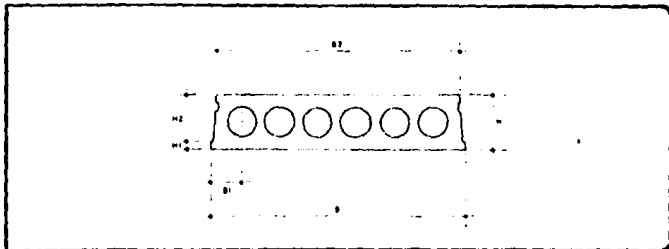


■ • LS-20/25. ( )



ELEMENTO	LOSA EXTRUIDA ALIGERADA.
SECCION SIMPLE	SECCION COMPUESTA
USO	CUBIERTAS, ENTREPIOS, MUROS EN CARA Y DE FACHADA.

	CLAVE
	147
	I.LI-082



PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION																		
TIPO	NO. DE VARIAS	E	LT	RAI	SI	ST	H	H1	H2	H3	H4	T1 (cm)	T2 (cm)	T3 (cm)	S1 (cm <sup>2</sup> )	S2 (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	P.P. (kg/m)
1020-04	35'	120	142	112.5	-	25	44	22.5	-	-	-	125	125	157.5	914	914	12702	378
1020-04	4.00	120	142	112.5	-	25	44	22.5	-	-	-	125	125	157.5	914	914	12702	378
1020-04	6.50	120	142	112.5	-	25	44	22.5	-	-	-	125	125	157.5	914	914	12702	378
1020-05	3.75	120	142	112.5	-	25	44	22.5	-	-	-	125	125	157.5	914	914	12702	378
1020-04	5.50	120	142	112.5	-	25	44	22.5	-	-	-	125	125	157.5	914	914	12702	378
1020-05	10.50	120	142	112.5	-	25	44	22.5	-	-	-	125	125	157.5	914	914	12702	378
1020-04	19.50	120	142	112.5	-	25	44	22.5	-	-	-	125	125	157.5	914	914	12702	378
1020-06	21.50	120	142	112.5	-	25	44	22.5	-	-	-	125	125	157.5	914	914	12702	378
1020-09	27.00	120	142	112.5	-	25	44	22.5	-	-	-	125	125	157.5	914	914	12702	378

NOTA: A ESTA TABLA LE CORRESPONDE LA GRAFICA 5.10

MU = MOMENTO ULTIMO EN TON · M  
 B = ANCHO TOTAL DE LA SECCION  
 H = PERALTE TOTAL DE LA SECCION  
 Yi = DISTANCIA DE LA FIBRA INFERIOR AL CENTROIDE  
 Ys = DISTANCIA DE LA FIBRA SUPERIOR AL CENTROIDE  
 Si = MODULO DE SECCION INFERIOR  
 Ss = MODULO DE SECCION SUPERIOR  
 I = MOMENTO DE INERCIA  
 P.P. = PESO PROPIO EN KG · M

Es un elemento de concreto premezclado de seccion rectangular y aligerado por medio de buros de muy variadas caracteristicas, formados en necesidad de ninguna forma o en cualquier caso usual, generalmente en sus cantos e perfiles, a su vez, permite el uso de una gran variedad de colores.

Formado en una gran variedad de elementos planos, rectos y curvos, según las necesidades de cada caso. Generalmente se usan en forma de losa, para pisos, muros, paredes, tabiques, etc., y en forma de vigas de tabiquería, para techos, paredes, etc. La ligereza de estos elementos permite transportarlos en cualquier forma y a gran velocidad para el montaje de instalaciones en cualquier obra.



CLAVE

148

I-EE-082

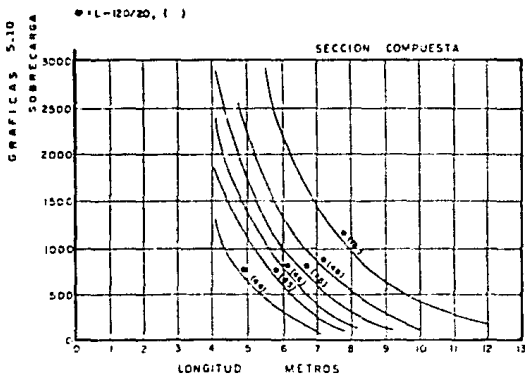
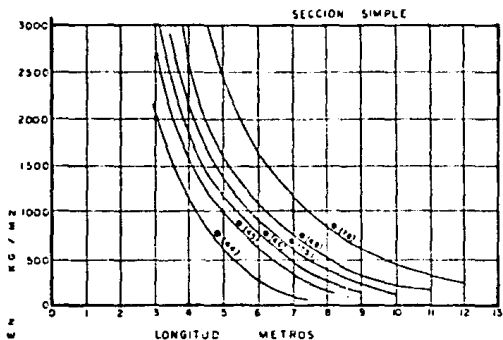
ELEMENTO LOSA EXTRUIDA ALIGERADA.

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

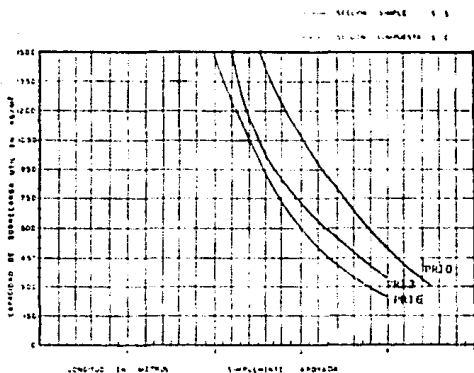
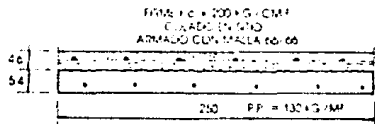
USO

CUBERTAS, ENTREPIOS, MUROS DE CARA Y DE FACHADA



ELEMENTO LOSA PRECOLADA Y/O PREFORZADA	
SECCION SIMPLE	SECCION COMPUESTA
USO CUBIERTAS ENTREPIOS Y Puentes.	

	CLAVE
	I.L.P-091
	171
	I.L.P-101



### DESCRIPCION

Es un elemento de concreto prefabricado o preforzado que se coloca sobre la estructura o sobre los muros cubriendo el área de la losa y sobre la que se coloca el fôrmeo para el gusar el piso final de la losa.

Se fabrica en diferentes perfiles y dimensiones según los planos de obra. En los subterráneos del preyecto.

Se colocan en losas de concreto prefabricado o preforzado, en losas de concreto armado, en losas de concreto prefabricado y en losas de concreto preforzado. Se colocan en losas de concreto prefabricado y en losas de concreto preforzado. Se colocan en losas de concreto prefabricado y en losas de concreto preforzado.

En la cara inferior de la losa se colocan los cables de acero que se colocan en las losas de concreto prefabricado y en las losas de concreto preforzado. Se colocan en las losas de concreto prefabricado y en las losas de concreto preforzado. Se colocan en las losas de concreto prefabricado y en las losas de concreto preforzado.

VIGUETAS, SEMIVIGUETAS Y BOVEDILLAS.

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

USO

LOSAS, CUBIERTAS Y ENTREPISOS.



CLAVE

I-VB-081

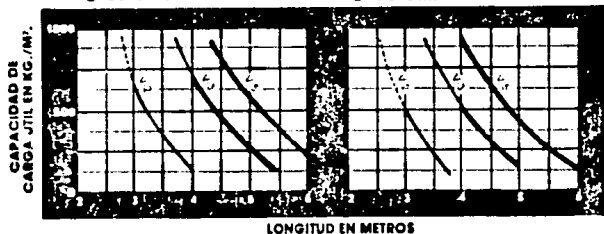
I-VB-092

I-VB-101

## GRAFICAS DE UTILIZACION

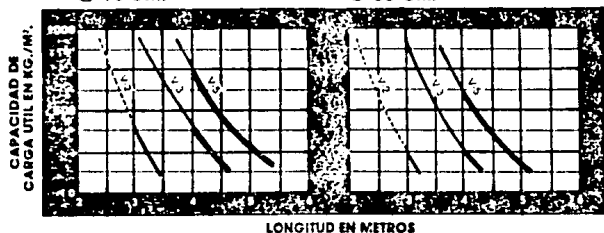
SEPARACION DE VIGUETAS  
@ 50 CM.

SEPARACION DE VIGUETAS  
@ 60 CM.



SEPARACION DE VIGUETAS  
@ 70 CM.

SEPARACION DE VIGUETAS  
@ 80 CM.



NOTA: LA CAPACIDAD DE CARGA ES INDEPENDIENTE DEL PESO PROPIO Y DEL FIRME.

----- NO SE REQUIERE APUNTALAMIENTO

————— SE REQUIERE APUNTALAMIENTO AL CENTRO DEL CLARO.

————— SE REQUIERE APUNTALAMIENTO A LOS TERCIOS DEL CLARO.

# VIGUETAS, SEMIVIGUETAS Y BOVEDILLAS.

SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

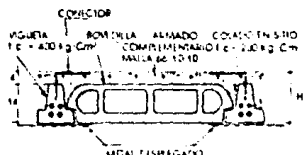
USO

LOSAS, CUBIERTAS Y ENTREPISOS.



CLAVE

1VB 081  
1VB 092  
1VB 101



Cargas limitadas en cuanto peso propio

carga muerta = 100 kg/m

carga viva = 250 kg/m

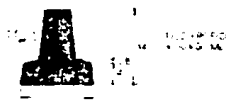
## TABLA DE UTILIZACION

ESPESOR DE LA LOSA (CM)	ANCHO			CLASE DE ACERO
	100	120	140	
10	10	10	10	ETS 475
12	12	12	12	ETS 495
14	14	14	14	ETS 520
16	16	16	16	ETS 545
18	18	18	18	ETS 570
20	20	20	20	ETS 595

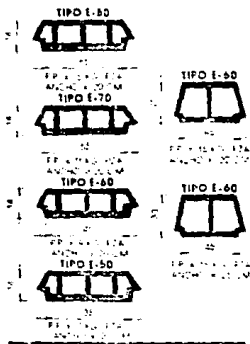
## VOLUMEN DE CONCRETO PARA COCADO COMPLEMENTARIOS

ANCHO DE LA LOSA (CM)	ESPESOR DE LA LOSA (CM)	VOLUMEN DE CONCRETO (M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup> )
10	10	0.08
12	12	0.09
14	14	0.10
16	16	0.11
18	18	0.12
20	20	0.13

## VIGUETA TIPO T-14



## BOVEDILLAS



Es un elemento estructural de concreto precastado y pretensado que asociado con la bovedilla y con el firme colocado en sitio conforma el sistema por tener permitida la conexión a losa prefabricada.

Se fabrican en un ancho de 60 cm y en un peso propio que varía entre 60 kg y 100 kg, permitiendo ser instalados en cualquier caso y con facilidad en el sitio de construcción. Las bovedillas se producen generalmente en un solo tipo, aunque existen variantes según el tipo de concreto utilizado. En estos casos, el peso propio de producción varía de acuerdo a la resistencia del concreto de acuerdo a las especificaciones.

Con este sistema es posible producir un tipo de fibras de vidrio y fibras de carbono que se aplican en la cantidad y en la posición que se requiere para reducir el peso propio de las viguetas y semiviguetas e incrementando las bovedillas adecuadas.

Alunque inicialmente se concebía este sistema para la aplicación en losas y viguetas, en la actualidad se ha aplicado en el tipo de losas y entrepisos, viguetas y cubiertas para el tipo de construcción de edificios de altura, permitiendo manejar mejor el momento y costo de los elementos prefabricados. Este tipo de viguetas y semiviguetas se aplican en los casos para las losas y viguetas de sistema de concreto pretensado, la capacidad de carga y para el tipo de construcción de edificios para el tipo de construcción.



ELEMENTO LOSA MULTIPLE NERVADA.

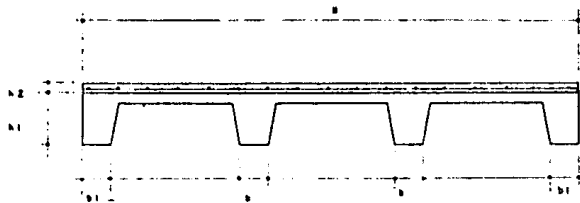
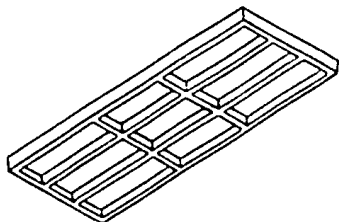
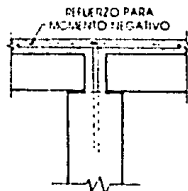
SECCION SIMPLE  SECCION COMPUESTA

USO ENTREPISOS Y CUBIERTAS.



CLAVE

175  
I-LMN-101



CONCRETO  $f_c = 20 \text{ kg/cm}^2$   
ACERO DE REFUERZO  $f_s = 2400 \text{ kg/cm}^2$

TIPO	B	H	$h_1$	$h_2$
2000	20	20	16	10
2075	20	25	21	10
2040	20	30	25	10
2040	20	40	35	10

### DESCRIPCION

Es un elemento prestozado pretensado que tiene varios nervios dependiendo de su ancho.

Estas piezas se pueden fabricar en diferentes perfiles, anchos y longitudes, para ajustarse a las necesidades del proyecto.

Se emplea en techos, entrepisos de claros intermedios, cubriendo una gran variedad de otros elementos, pudiendo resultar espacios o demasados pesados.

Debido a que no utilizan cimbras y sus tiempos de montaje son bastante reducidos, este sistema resulta bastante versátil a otros sistemas de construcción.



CLAVE

176

I-LMN-101

ELEMENTO LOSA MULTIPLE NERVADA.

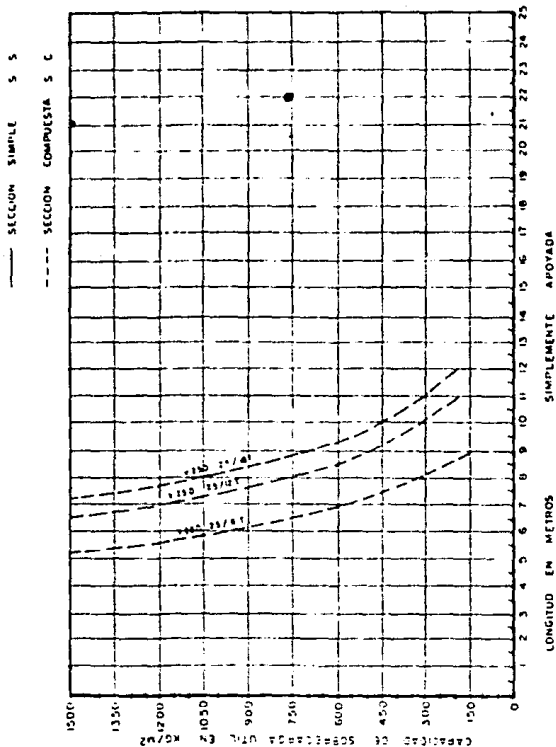
SECCION SIMPLE

SECCION COMPUESTA

USO

ENTREPOSOS Y CUBIERTAS.

GRAFICA PARA EL USO DE LOSAS MULTIPLES NERVADAS



No. DE CURVA	TIPO DE ELEMENTO	PERALTE (cm)	No. DE TORONES
1	TT 250	31	4
2	TT 250	31	6
3	TT 250	41	4
4	TT 250	31	8
5	TT 250	31	6
6	TT 250	41	8
7	TT 250	51	6
8	TT 250	51	8
9	TT 250	51	10
10	TT 250	61	8
11	TT 250	51	12
12	TT 250	61	10
13	TT 250	61	12
14	TT 250	61	14
15	TT 250	61	16

TABLA 3.1

No. DE CURVA	TIPO DE ELEMENTO	PERALTE (cm)	No. DE TORONES
1	TT 250	31	4
2	TT 250	31	6
3	TT 250	41	4
4	TT 250	31	8
5	TT 250	41	6
6	TT 250	51	6
7	TT 250	41	10
8	TT 250	51	8
9	TT 250	51	10
10	TT 250	61	8
11	TT 250	51	12
12	TT 250	61	10
13	TT 250	61	12
14	TT 250	61	14

TABLA 3.2

No. DE CURVA	TIPO DE ELEMENTO	PERALTE (cm)	No. DE TORONES
1	TT 300	51	6
2	TT 300	51	8
3	TT 300	51	10
4	TT 300	61	6
5	TT 300	51	12
6	TT 300	61	10
7	TT 300	61	12
8	TT 300	71	10
9	TT 300	81	10
10	TT 300	71	12
11	TT 300	81	12
12	TT 300	81	14
13	TT 300	91	16
14	TT 300	91	16
15	TT 300	91	20
16	TT 300	91	24

TABLA 3.3

No. DE CURVA	TIPO DE ELEMENTO	PERALTE (cm)	No. DE TORONES
1	TT 300	51	6
2	TT 300	51	8
3	TT 300	51	10
4	TT 300	61	8
5	TT 300	51	12
6	TT 300	61	10
7	TT 300	61	12
8	TT 300	71	10
9	TT 300	81	10
10	TT 300	71	12
11	TT 300	81	12
12	TT 300	81	14
13	TT 300	91	16
14	TT 300	91	18
15	TT 300	91	20
16	TT 300	91	24

TABLA 3.4

No. DE CURVA	TIPO DE ELEMENTO	PERALTE (cm)	No. DE TOPONES
1	T 100	60	8
2	T 100	60	10
3	T 100	80	8
4	T 100	60	14
5	T 100	60	10
6	T 100	100	8
7	T 100	80	12
8	T 100	120	8
9	T 100	100	12
10	T 100	120	10
11	T 100	100	14
12	T 100	120	12
13	T 100	120	14
14	T 100	120	16

TABLA 3.5 A

No. DE CURVA	TIPO DE ELEMENTO	PERALTE (cm)	No. DE TORONES
1	T 150	60	10
2	T 150	80	8
3	T 150	60	14
4	T 150	80	10
5	T 150	60	19
6	T 150	80	12
7	T 150	100	10
8	T 150	80	14
9	T 150	100	12
10	T 150	120	10
11	T 150	100	14
12	T 150	120	12
13	T 150	100	16
14	T 150	120	14
15	T 150	120	16
16	T 150	120	18
17	T 150	120	20

TABLA 3.5.B

No. DE CURVA	TIPO DE ELEMENTO	PERALTE (cm)	No. DE TORONES
1	T 200	60	8
2	T 200	60	10
3	T 200	80	8
4	T 200	60	14
5	T 200	80	10
6	T 200	120	6
7	T 200	80	12
8	T 200	100	10
9	T 200	100	12
10	T 200	120	10
11	T 200	100	14
12	T 200	120	12
13	T 200	100	16
14	T 200	120	14
15	T 200	120	16
16	T 200	120	18
17	T 200	120	20

TABLA 3.5.C

No. DE CURVA	TIPO DE ELEMENTO	PERALTE (cm)	No. DE TORONES
1	T 250	60	10
2	T 250	60	12
3	T 250	80	8
4	T 250	60	14
5	T 250	80	10
6	T 250	80	12
7	T 250	100	10
8	T 250	120	8
9	T 250	100	12
10	T 250	120	10
11	T 250	100	14
12	T 250	120	12
13	T 250	100	16
14	T 250	120	14
15	T 250	120	16
16	T 250	120	18
17	T 250	120	20

TABLA 3.5.D

No. DE CURVA	TIPO DE ELEMENTO	PERALTE (cm)	No. DE TOPONES
1	56	115	10
2	56	115	12
3	56	115	14
4	56	115	16
5	56	115	18
6	56	115	20
7	66	135	18
8	56	115	22
9	66	135	20
10	66	135	22
11	66	135	24
12	66	135	26
13	66	135	28
14	66	135	30

TABLA 3.8

## BIBLIOGRAFIA



## BIBLIOGRAFIA

- WALTER Rohm.  
"La prefabricación".
- REVEL Maurice.  
"La prefabricación en la construcción".
- AGUILO, Alonso, R. Arandes, René, F. Echeverría, Sainz y  
otros.  
"La prefabricación, Teoría y Práctica".
- F. VILAGUT, TOMO I  
"Prefabricados de Hormigón".
- CEBALLOS Lescourain.  
"La prefabricación y la vivienda en México".
- COLEGIO DE ARQUITECTOS DE MEXICO A. C.  
"Diseño con elementos prefabricados".
- Revista "Vivienda" Vol. 4 # 3 México  
Mayo/Junio de 1979. Pp. 236-247.  
"La prefabricación como una solución a los problemas  
constructivos".

- MAETTHERB.

Hormigón armado, armado ligero y pretensado".

REVERTE S. A. (1960).

- ANNIPAC.

Catálogo de productos.

- LASZLO HOKK.

"Construcciones con materiales prefabricados de hormigón armado".

UPHO España (1963).

- A. M. ALLEM.

"Introducción al concreto pretorzado".

IMCYC México (1980).

- PCI.

"Manual de diseño de fachadas prefabricadas".

- EMPRESAS DIVERPAS.

Catálogos de productos e información técnica.