



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE  
ARQUITECTURA**



**...PREFABRICADOS EN MÉXICO...  
MANUAL DE CONSTRUCCIÓN BASADO EN EL SISTEMA DE  
PREFABRICADOS EN CONCRETO**

REPORTE PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ARQUITECTO PRESENTA:

**ROBERTO ANTONIO JIMÉNEZ MARTÍNEZ**

**TERNA CONFORMADA POR...**

ARQ. JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ FUENTES  
ARQ. MARÍA LUISA MORLOTTE ACOSTA  
ARQ. RICARDO A. GABILONDO ROJAS

**JEFE DIRECTO:**

ING. ARQ. RAFAEL RUBÍ ESPINOSA

TALLER JOSÉ VILLAGRÁN GARCÍA

INPRESA S.A de C.V.

PAGINAS EN EL DOCUMENTO  
**82 páginas**

**SEPTIEMBRE 2007**



Colz. Desierto de los Leones 4073  
Col. San Ángel Inn, C.P.01060, México, D.F.  
Tel (01 55) 5683 3232, 5683 3461  
Fax (01 55) 5683 0164  
EMail: inpresa@prodigy.net.mx



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.

# SISTEMA CONSTRUCTIVO PREFABRICADOS (CONCRETO)



## PREFABRICADOS REPORTE FINAL

# ÍNDICE

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| <b>CAPÍTULO 1</b>  | 1  |
| INTRODUCCIÓN   | 1  |
| Prefabricados en México  | 1  |
| <b>INDUSTRIAL PREFABRICA S.A. De C.V.</b>  | 2  |
| Prefabricadora en México.  | 2  |
| <b>PRÓLOGO</b>   | 2  |
| El sistema de "Prefabricado  | 3  |
| Filosofía del Proyecto   | 3  |
| Objetivo del Proyecto  | 3  |
| <b>CAPÍTULO 2</b>  | 4  |
| <b>CONCEPTOS BÁSICOS DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO PRESFORZADO Y PREFABRICADO</b> | 4  |
| 2.1 GENERALIDADES  | 4  |
| 2.2 PRETENSADO Y POSTENSADO  | 4  |
| PRETENSADO   | 5  |
| POSTENSADO   | 5  |
| ELEMENTOS PRE Y POSTENSADOS  | 6  |
| 2.3 MATERIALES   | 6  |
| CONCRETO   | 6  |
| CONTRACCIÓN POR SECADO   | 6  |
| ACERO DE PRESFUERZO  | 6  |
| ALAMBRES.  | 7  |
| TORÓN  | 7  |
| VARILLAS DE ACERO DE ALEACIÓN  | 7  |
| ACERO DE REFUERZO  | 7  |
| ACERO ESTRUCTURAL  | 7  |
| MALLA ELECTROSOLDADA   | 7  |
| 2.4 ETAPAS DE UN ELEMENTO PRESFORZADO  | 8  |
| <b>CAPÍTULO 3</b>  | 9  |
| <b>ESTRUCTURACIÓN CON ELEMENTOS PREFABRICADOS</b>                                      | 9  |
| 3.1.1 INTRODUCCIÓN.  | 9  |
| SISTEMAS DE PISO   | 9  |
| 3.1.2 VIGUETA PRETENSADA Y BOVEDILLA   | 9  |
| PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE VIGUETA Y BOVEDILLA                | 10 |
| 3.1.3 SISTEMA DE MÓDULOS RECUPERABLES PREMEX CIMBRA.                                   | 11 |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.1.4 SISTEMAS DE PISO DE LOSAS EXTRUIDAS DOBLE T DE PEQUEÑO PERALTE (H = 30 centímetros) | 12        |
| 3.1.5 SISTEMAS DE PISO DE LOSAS ALVEOLARES  | 12        |
| 3.1.6 CONEXIONES EN SISTEMAS DE PISO PREFABRICADO   | 12        |
| 3.2 CONEXIONES EN MARCOS  | 13        |
| 3.2.1 CONEXIONES HÚMEDAS Y SECAS  | 13        |
| 3.2.2 CONEXIONES "FUERTES" MONOLÍTICAS  | 13        |
| CONEXIONES FUERTES COLUMNA-COLUMNA  | 14        |
| 3.2.3 EJEMPLOS DE CONEXIONES EN MARCOS DE CONCRETO PREFABRICADO                           | 14        |
| 3.2.4 MUROS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS   | 14        |
| CONEXIÓN ES ENTRE MUROS ESTRUCTURALES DE CONCRETO PREFABRICADO                            | 17        |
| <b>CAPÍTULO 4</b>   | <b>17</b> |
| <b>ELEMENTOS PREFABRICADOS</b>  | <b>17</b> |
| 4.1 MUROS PREFABRICADOS   | 17        |
| 4.2 TIPOS DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN   | 19        |
| 4.3 CONTRATRABES PREFABRICADAS  | 20        |
| 4.4 COLUMNAS PREFABRICADAS  | 22        |
| 4.5 TRABES PREFABRICADAS  | 26        |
| 4.6 LOSAS PREFABRICADAS   | 30        |
| 4.7 BOMBEO DEL CONCRETO (Bombas para el colado complementario) PREMEZCLADOS               | 32        |
| <b>CAPÍTULO 5</b>   | <b>34</b> |
| <b>MAQUINARIA Y EQUIPO MÁS IMPORTANTE DEL TRABAJO EN OBRA.</b>                            | <b>34</b> |
| 5.1 GRÚA TORRE  | 34        |
| 5.1.1 - Descripción:  | 34        |
| 5.2. PARTES   | 34        |
| 5.3.- CLASIFICACIÓN:  | 37        |
| 5.4 EQUIPOS PARA MONTAJE  | 38        |
| 5.5 CARGA Y DESCARGA.   | 38        |
| 5.6 ACOPIO Y ESTIVA.  | 39        |
| <b>CAPÍTULO 6</b>   | <b>40</b> |
| <b>DE LA PLANTA DE FABRICACIÓN AL SITIO DE MONTAJE</b>                                    | <b>40</b> |
| 6.1 FABRICACIÓN   | 40        |
| 6.1.1 Introducción  | 40        |
| 6.1.2 MATERIALES  | 40        |
| 6.1.3 EQUIPO E INSTALACIONES  | 41        |
| 6.1.4 PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN  | 43        |
| 6.1.5 TOLERANCIAS EN DIMENSIONES DE ELEMENTOS   | 46        |
| 6.2 TRANSPORTE  | 51        |
| 6.2.2 EQUIPOS DE TRANSPORTE ESPECIALIZADO   | 51        |
| 6.2.3 CONSIDERACIONES ADICIONALES DE ANÁLISIS   | 54        |

|  |           |
|--|-----------|
| 6.3 MONTAJE  | 54        |
| <b>CAPÍTULO 7</b>  | <b>58</b> |
| FINANZAS Y COSTOS DE UNA OBRA PREFABRICADA               | 58        |
| INTRODUCCIÓN   | 58        |
| 7.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS | 58        |
| 7.2 ALTERNATIVAS PARA SISTEMAS DE PISO DE EDIFICIOS      | 58        |
| 7.3 TIEMPOS DE EJECUCIÓN                                 | 60        |
| 7.4 COSTOS   | 60        |
| 7.5 NAVES INDUSTRIALES                                   | 62        |
| <b>CAPÍTULO 8</b>  | <b>63</b> |
| 8.1 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO                            | 63        |
| 8.2 EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS. VIDAMAR II ACAPULCO GRO.  | 63        |
| 8.3 VENTAJAS   | 68        |
| <b>CAPÍTULO 9</b>  | <b>69</b> |
| 9.1 REPRESENTACIÓN DE LAS PIEZAS EN PLANO-GRAFÍA         | 69        |
| 9.2 DIMENSIONES DE ELEMENTOS UTILIZADAS EN EL PROYECTO   | 76        |
| <b>CAPÍTULO 10</b>                                       | <b>78</b> |
| ANÁLISIS, REFLEXIÓN Y CONCLUSIÓN                         | 78        |
| 10.1 ANÁLISIS  | 78        |
| 10.2 REFLEXIÓN   | 80        |
| 10.3 CONCLUSIÓN  | 80        |
| GLOSARIO   | 81        |
| BIBLIOGRAFIA:  | 82        |

### CAPÍTULO 1

#### INTRODUCCIÓN

##### Prefabricados en México

Es un hecho que los métodos constructivos del futuro van a estar basados en la prefabricación. Estos nacen con las producciones en serie y viéndose favorecidos con la aparición del presfuerzo, de tal modo que al producir piezas o elementos prefabricados presforzados (pretensados o postensados) su aplicación ha sido creciente. Hay campos de la construcción en donde estos métodos prácticamente son los únicos que se utilizan, por ejemplo, en viaductos, puentes vehiculares, puentes peatonales; también se aplica en tanques de almacenamiento, techumbres en naves industriales, en losas de entepiso y azotea, en viviendas de interés social, interés medio, edificios de oficinas y centrales de abasto, entre otros.

Al existir cada vez mas obras prefabricadas se trataran temas basados en los procedimientos constructivos que se usan en nuestro país, con nuestra idiosincrasia y en nuestro propio idioma y que algunos alumnos de las facultades de arquitectura e ingeniería, nos hemos dado a la tarea de elaborar un manual y para ello se buscó relacionar a la industria (empresas prefabricadoras) con la academia y así poder hacer una concordancia entre ambas partes. Es por ello que he consultado investigaciones del Instituto de Ingeniería de la UNAM; de parte de la empresa donde laboró, facilitando el trabajo de investigación por los arquitectos e ingenieros de la empresa "INPRESA".

Así es como logré escribir y transcribir los siguientes capítulos, donde plasmé los conceptos, la teoría, la investigación y la práctica, tocando varios temas indispensables en la prefabricación.

Normalmente este tipo de manuales no contemplan la parte de prefabricación dedicada a Prefabricados Arquitectónicos, es por ello que hay un capítulo exclusivo de este tema, que considero de mucha importancia ya que en México se utilizan este tipo de técnicas para construir.

Como ya se es conocido en Estados Unidos las normas siempre son estrictas con respecto en donde se hacen los análisis estructurales y es por eso que investigadores de Estados Unidos vienen a México para realizar sus investigaciones y a cambio nos proporcionan sus resultados.

Las zonas sísmicas donde se realizan estos análisis se localizan entre las Rocallosas y el Océano Pacífico, mientras que en México lo es en toda la República, a excepción de la Península de Yucatán y noreste de Tamaulipas. La zona sísmica más importante en Estados Unidos es el Estado de California, que es el más rico de la Unión y es donde a su vez se han presentado las fallas o colapsos de estructuras prefabricadas por efectos sísmicos.

Esto ha llevado a restricciones de diseño difíciles de alcanzar y muy costosas. En consecuencia, para nosotros quererlas aplicar resulta prácticamente imposible y por ello nos hemos abocado a generar una ingeniería propia, adaptada a nuestras circunstancias de tecnología e idiosincrasia.

En edificación el sistema mixto (columnas y trabes) coladas in situ y las losas prefabricadas ha tenido éxito. En el sureste de México el único sistema constructivo que se emplea es a base de Vigueta y Bovedilla. En el centro de la República el sistema mixto se usa bastante con ciertas limitaciones. Por ejemplo, hasta 7 niveles los sistemas de Vigueta y Bovedilla son aceptados, pero no en más altura porque no hay estudios que los avalen. En colaboración con el Instituto de Ingeniería de la UNAM se están haciendo estudios experimentales donde se busca conocer los comportamientos ante cargas laterales de estructuras que combinan columnas con muros y losas prefabricadas, y en otros se busca estudiar el comportamiento del sistema de Vigueta y Bovedilla como sistema rígido.

En construcciones de vivienda (interés social), prácticamente el 100% de ellas es hasta 5 niveles, en donde los muros son de carga y las losas prefabricadas.

Mientras que con elementos prefabricados más volumétricos, que se abordaran en los siguientes capítulos, se puede construir edificios de hasta 24 niveles de altura, sin ninguna dificultad.

### INDUSTRIAL PREFABRICA S.A. De C.V.

Prefabricadora en México.



Culz. Dorsier o do los Lserias 4073  
Co. San Angel Inn, C.P. 01000, Mexico, D.F.  
Tel (01 55) 5683 3032, 5683 3451  
Fax: (01 55) 5683 0164  
EMail: inpresa@prodigy.net.mx

Es muy importante mencionar una pequeña introducción en tributo a esta empresa, ya que fue la que me ha permitido trabajar y darme la oportunidad de realizar este pequeño y significativo manual y dar a conocer más a fondo sobre el sistema constructivo. Agradecer la información que se me ha concedido para mostrarla en este documento; plasmada de manera escrita, gráfica y fotográfica.

En los 25 años de servicio que tiene la empresa "INPRESA" ha sido un hilvanado de etapas, todas ellas con su problemática propia y con la aplicación de soluciones adecuadas a cada momento.

En la actualidad, ante la necesidad de sostener un servicio confiable, la empresa desarrolla una solución a la creciente demanda, de mantener en óptimas condiciones de seguridad y confort, de los edificios construidos.

Los tiempos actuales exigen una participación comprometida de todos los actores de la construcción; quienes laboramos en esta empresa.

La actual administración de "INPRESA", sabedora de la enorme responsabilidad que implica el traslado de las piezas de gran tamaño en esta ciudad y a otras, implica la participación entusiasta de Ingenieros, Arquitectos y Técnicos, por lo tanto ha elaborado un programa de realización sin precedentes: utilizar la experiencia de los recursos humanos que en 25 años de servicio ha adquirido, para ser aplicados en la construcción de edificios prefabricados. Ello pretende conseguir una independencia de la participación externa, pero con un modelo de trabajo propio, racional y cooperativo con las demás empresas prefabricadoras y la investigación en conjunto con las universidades.

### PRÓLOGO

Aparentemente era una tarea fácil realizar este manual; pero no tenía ni idea de lo que me esperaba.

En un principio utilice un lenguaje poco formal y burdo, porque no conocía muy bien el sistema de prefabricación. Sin embargo, en este documento he utilizado un lenguaje de construcción, evitando en lo más posible un lenguaje tipo argot que se utiliza en la obra para referenciar algunos elementos.

Este documento tiene un sentido simplemente estudiantil y no de promoción, mostrando en él, información, gráficos y fotografías para que el lector vaya comprendiendo poco a poco lo que se escribe en cada capítulo.

En los siguientes capítulos se pretende explicar de manera fácil lo que conlleva la utilización de este sistema en proyectos escolares realizados por los alumnos de la facultad de arquitectura, que conozcan que existen más sistemas que los convencionales y que nos enseñan nuestros profesores, tiene por objetivo ampliar la visión y conocimientos de más sistemas constructivos, tomar decisiones de cual se utilizará y saberlo representar.

Este manual fue revisado varias veces pero es difícil pensar que esté libre de errores y mucho agradezco al lector que se comunique vía mail ([roan9916@yahoo.com.mx](mailto:roan9916@yahoo.com.mx)) todo aquello que considere pueda corregirlo y mejorarlo. Pese a todo el esfuerzo dedicado y a las horas trabajadas, se que este manual no es un producto perfecto sino que requiere revisiones, mejoras y, sobre todo, la retroalimentación de ingenieros y arquitectos para lograr que sea un producto más limpio y más apto para servir como herramienta para contar con estructuras más económicas y seguras.

### El sistema de "Prefabricado"

Es un sistema constructivo manufacturado y posteriormente transportado para su puesta en obra (como se muestra en las siguientes páginas). La prefabricación se fundamenta en la existencia de plantas o talleres especializados que pueden realizar los procesos de producción con muchas más garantías que si se acometen in situ. Aunque surgió con la aparición de los materiales industriales, como el hierro, el acero, el aluminio, el concreto amado o el vidrio plano en grandes dimensiones, también ha afectado profundamente a los materiales tradicionales como la madera y la piedra.

Aunque ya en la antigüedad se empleaban numerosos elementos prefabricados, como las piezas cerámicas y ciertos componentes de carpintería de taller, el primer edificio montado por entero a base de piezas prefabricadas fue el Crystal Palace, proyectado por Joseph Paxton para albergar la Exposición Universal de Londres en 1851. Desde entonces, este tipo de construcción se ha ido extendiendo a lo largo del siglo XX y hoy es habitual, de una u otra forma, en casi todos los países industrializados.

La prefabricación representa, esencialmente, una notable reducción de tiempo y precio, sobre todo en los países donde la mano de obra resulta costosa, así como una enorme fiabilidad en las medidas, resistencias y propiedades intrínsecas.

Pero, gracias a los sistemas prefabricados también se han podido lograr conquistas estructurales: en el concreto armado, permitiendo la aparición de las piezas pretensadas y postensadas; en el acero y otros metales, controlando con precisión la soldadura, produciendo piezas en moldes y reduciendo las tolerancias de montaje, y en la madera, gracias a los diversos procesos industriales de encolado y laminado.

### Filosofía del Proyecto

El espíritu rector de los trabajos de rehabilitación es la productividad.

Desde un inicio, todos quiénes participan en los trabajos de construcción lo hacen en base a metas, programas, mismos que se han ido ampliando conforme se comprueban capacidades: técnicas, humanas e institucionales.

A medida que se van desarrollando los trabajos y se van cumpliendo objetivos, se comprueba también la voluntad de participar para competir.

Competir para demostrar.

Demostrar para cumplir.

Cumplir para satisfacer.

La empresa, satisface los requerimientos de construcción de una ciudad que va ampliando sus exigencias.

La administración del Sistema, consciente de este panorama, apoya decididamente la voluntad constructiva: hecha con manos y voluntades de Ingenieros Arquitectos y Técnicos mexicanos que con experiencia y desempeño cumplen su tarea.

### Objetivo del Proyecto

La actual etapa ejecutiva contempla la construcción de edificios de vivienda y concursos constantes en la realización de puentes.

En lo material, éste es el objetivo a concretizar, en lo operativo, es implantar un esquema de trabajo que brinde resultados tangibles en beneficio del usuario del sistema de prefabricados.

El nuevo esquema comprende la coordinación de los recursos humanos y materiales que se tienen a la mano, para integrar una instancia profesional al seno de la empresa que, además de rehabilitar, mejore de manera sistemática los procedimientos y procesos de trabajo.

Por ello, se puede decir que además de construir, el objetivo de este equipo es optimizar, enriquecer y analizar los procesos en aras de ofrecer una cultura laboral altamente prolífica.

### CAPÍTULO 2

#### CONCEPTOS BÁSICOS DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO PRESFORZADO Y PREFABRICADO

##### 2.1 GENERALIDADES

El Concreto Presforzado consiste en crear deliberadamente esfuerzos permanentes en un elemento estructural para mejorar su comportamiento de servicio y aumentar su resistencia.

Los elementos que se utilizan van desde una vigueta para casa habitación, hasta travesaños para puentes de grandes claros, con aplicaciones tan variadas como estructuras para vías de ferrocarril, tanques de almacenamiento y rehabilitación de estructuras dañadas por sismo, entre otras.

En este capítulo se incluyen algunos conceptos sobre el diseño de elementos de concreto presforzado y prefabricado basados en la práctica de la ingeniería mexicana, en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias.

##### ¿POR QUÉ EL CONCRETO PRESFORZADO?

Gracias a la combinación del concreto y el acero de presfuerzo es posible producir, en un elemento estructural, esfuerzos y deformaciones que contrarresten total o parcialmente a los producidos por las cargas gravitacionales que actúan en el elemento, lográndose así diseños más eficientes.

Algunas ventajas del concreto presforzado son las siguientes:

- Mejor comportamiento ante cargas de servicio por el control del agrietamiento y la deflexión.
- Permite el uso óptimo de materiales de alta resistencia.
- Se obtienen elementos más eficientes y esbeltos, con menos empleo de material; en vigas, por ejemplo, se utilizan peraltes del orden de  $L/20$  a  $L/23$ , donde  $L$  es el claro de la viga, a diferencia de  $L/10$  en concreto reforzado.
- La producción en serie en plantas permite mayor control de calidad y abatimiento de costos.
- Mayor rapidez de construcción al atacarse al mismo tiempo varios frentes o construirse simultáneamente distintas partes de la estructura; esto en general conlleva importantes ventajas económicas en un análisis financiero completo y complejo.

Conviene también mencionar algunas desventajas que en ocasiones pueden surgir en ciertas obras.

Estas son:

- La falta de coordinación en el transporte de los elementos presforzados puede encarecer el montaje.
- En general, la inversión inicial es mayor por la disminución en los tiempos de construcción
- Se requiere también de un diseño relativamente especializado de conexiones, uniones y apoyos. Por lo que requiere personal que conozca el sistema.
- Se debe planear y ejecutar cuidadosamente el proceso constructivo, sobre todo en las etapas de montaje y colados en sitio.

Existen aplicaciones que solo son posibles gracias al empleo del presfuerzo. Este es el caso de puentes sobre avenidas con tránsito intenso o de claros muy grandes, y de algunas naves industriales o donde se requiere de una gran rapidez de construcción, entre otras.

##### 2.2 PRETENSADO Y POSTENSADO

Los conceptos mencionados en las páginas anteriores son igualmente válidos para las dos formas en las que se puede presforzar un elemento estructural. Sin embargo es importante diferenciar las características de estos dos sistemas.

En general, existen aplicaciones y elementos que solo son posibles ya sea para pretensado o postensado. Se prefiere utilizar elementos pretensados cuando se aprovecha la producción en serie y se desea mayor rapidez de construcción, cuidando que no se sobrepase la capacidad de las mesas presfuerzo o moldes de tendado y que los elementos se puedan transportar por las carreteras y avenidas existentes.



Fabricación de Mesa de Presfuerzo

### PRETENSADO

El término pretensado se usa para describir el método de presfuerzo en el cual los tendones se tensan antes de colar el concreto. Se requiere de moldes o muertos (bloques de concreto enterrados en el suelo) que sean capaces de soportar el total de la fuerza de presfuerzo durante el colado y curado del concreto antes de cortar los tendones y que la fuerza pueda ser transmitida al elemento. La mayoría de los elementos presforzados se fabrican en serie dentro de plantas con instalaciones adecuadas, donde se logra la reutilización de moldes metálicos o de concreto y se pueden presforzar en una sola operación varios elementos. Los elementos pretensados más comunes son viguetas, trabes, losas y gradas, aplicados edificios, naves, puentes, gimnasios y estadios principalmente.

El curado de los elementos se realiza con vapor de agua cubriéndolos con lonas. La acción del presfuerzo en el concreto es interna ya que el anclaje se da por adherencia. Las trayectorias del presfuerzo son siempre rectas y en moldes adaptados es posible hacer desvíos para no provocar esfuerzos excesivos en los extremos.

En aquellas secciones donde el presfuerzo resulte excesivo, como en los extremos de vigas simplemente apoyadas sin desvío de torones, se debe disminuir la fuerza presforzante encamisando algunos de ellos.



Curado a vapor



### POSTENSADO

El postensado es el método de presfuerzo que consiste en tensar los tendones y anclarlos en los extremos de los elementos después de que el concreto ha fraguado y alcanzado su resistencia necesaria.

Previamente al colado del concreto, se dejan ductos perfectamente fijos con la trayectoria deseada, lo que permite variar la excentricidad dentro del elemento a lo largo del mismo para lograr las flechas y esfuerzos deseados. Los ductos serán rellenados con mortero o lechada una vez que el acero de presfuerzo haya sido tensado y anclado. Las funciones primordiales del mortero son las de proteger al presfuerzo de la corrosión y evitar movimientos relativos entre los torones durante cargas dinámicas. En el postensado la acción del presfuerzo se ejerce externamente y los tendones se

anclan al concreto con dispositivos mecánicos especiales (anclajes), generalmente colocados en los extremos del tendón.

Este postensado puede emplearse tanto para elementos fabricados en planta, a pie de obra o colados en sitio. Las aplicaciones más usuales son para vigas de grandes dimensiones, dovelas para puentes, losas con presfuerzo bidireccional, diafragmas de puentes, vigas hiperestáticas, cascarones y tanques de agua, entre otros.

Las trayectorias del presfuerzo pueden ser curvas, lo que permite diseñar con mayor eficiencia elementos hiperestáticos y evitar esfuerzos en los extremos del elemento.

### ELEMENTOS PRE Y POSTENSADOS

Hay ocasiones en que se desean aprovechar las ventajas de los elementos pretensados pero no existe suficiente capacidad en las mesas de colado para sostener el total del presfuerzo requerido por el diseño del elemento; en otras, por las características particulares de la obra, resulta conveniente aplicar una parte del presfuerzo durante alguna etapa posterior a la fabricación.

Al menos ante estas dos situaciones, es posible dejar ahogados ductos en el elemento pretensado para postensarlo, ya sea en planta, a pie de obra o montado en el sitio siempre con experiencia y desempeño de técnicos que cumplen con esa tarea.

## 2.3 MATERIALES

Todos los materiales empleados para fabricar los elementos de concreto a que se refiere este manual deberán cumplir con la Norma Oficiales Mexicanas.

### CONCRETO

El concreto que se usa para presforzar se caracteriza por tener mayor calidad y resistencia con respecto al utilizado en construcciones ordinarias. Los valores comunes de  $f'c$  oscilan entre 350 y 500 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el valor estándar 350 kg/cm<sup>2</sup>. Se requiere esta resistencia para poder hacer la transferencia del presfuerzo cuando el concreto haya alcanzado una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>. La gran calidad y resistencia generalmente conduce a costos totales menores ya que permite la reducción de las dimensiones de la sección de los miembros utilizados.

Con ello, se logran ahorros significativos en peso propio, y grandes claros resultan técnica y económicamente posibles.

Las deflexiones y el agrietamiento del concreto pueden controlarse y hasta evitarse mediante el presfuerzo. Es posible el uso de aditivos y agregados especialmente en elementos arquitectónicos.

### CONTRACCIÓN POR SECADO

Las mezclas de concreto contienen mayor cantidad de agua que la requerida para la hidratación del cemento. Esta agua libre se evapora con el tiempo. La velocidad y terminación del fraguado dependen de la humedad, la temperatura ambiente y del tamaño y forma del elemento. Uno de los efectos del fraguado del concreto es la disminución del volumen del mismo, lo que provoca pérdidas considerables de la fuerza de presfuerzo. Asimismo, la contracción provoca grietas que deben evitarse con acero de refuerzo y en algunos casos con fibras y aditivos.

La contracción del concreto es proporcional a la cantidad de agua empleada en la mezcla; si se requieren contracciones mínimas, la relación agua-cemento a utilizarse deberá ser la mínima, con revenimientos no mayores que 10 centímetros. La calidad de los agregados es otro factor que influye en la contracción por secado. Agregados duros y densos de baja absorción y módulo de elasticidad de valor alto provocarán una contracción menor.

### ACERO DE PRESFUERZO

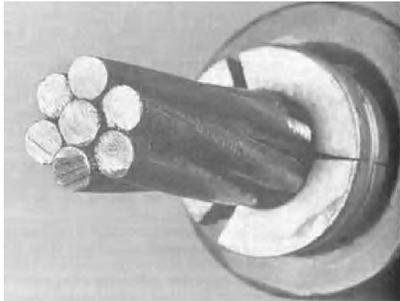
El acero de presfuerzo es el material que va a provocar de manera activa momentos y esfuerzos que contrarresten a los causados por las cargas. Existen tres formas comunes de emplear el acero de presfuerzo: alambres, torón y varillas de acero de aleación.

#### ALAMBRES

Los alambres individuales se fabrican laminando en caliente lingotes de acero hasta obtener alambres redondos que, después del enfriamiento, pasan a través de troqueles para reducir su diámetro hasta su tamaño requerido. El proceso de estirado, se ejecuta en frío lo que modifica notablemente sus propiedades mecánicas e incrementa su resistencia. Posteriormente se les libera de esfuerzos residuales mediante un tratamiento continuo de calentamiento hasta obtener las propiedades mecánicas prescritas. Los alambres se fabrican en diámetros de 3, 4, 5, 6, 7, 9.4 y 10 mm y las resistencias varían desde 16,000 hasta 19,000 kg/centímetros<sup>2</sup>. Los alambres de 5, 6 y 7 mm pueden tener acabado liso, dentado y tri-dentado.

#### TORÓN

Torón utilizado en concreto presforzado.



El torón se fabrica con siete alambres firmemente torcidos cuyas características se mencionaron en el párrafo anterior; sin embargo, las propiedades mecánicas comparadas con las de los alambres mejoran notablemente, sobre todo la adherencia. El paso de la espiral o hélice de torcido es de 12 a 16 veces el diámetro nominal del cable. La resistencia a la ruptura,  $f_{sr}$ , es de 19,000 kg/centímetros<sup>2</sup> para el grado 270K (270,000 lb/pulg<sup>2</sup>), que es el más utilizado actualmente. Los torones pueden obtenerse entre un rango de tamaños que va desde 3/8" hasta 0.6 pulgadas de diámetro, siendo los más comunes los de 3/8" y de 1/2" con áreas nominales de 54.8 y 98.7 mm<sup>2</sup>, respectivamente.

#### VARILLAS DE ACERO DE ALEACIÓN

La alta resistencia en varillas de acero se obtiene mediante la introducción de algunos minerales de ligazón durante su fabricación. Adicionalmente se efectúa trabajo en frío en las varillas para incrementar aún más su resistencia. Después de estirarlas en frío se les libera de esfuerzos para obtener las propiedades requeridas. Las varillas de acero de aleación se producen en diámetros que varían de 1/2" hasta 1 3/8". Características esfuerzo deformación del presfuerzo.

#### ACERO DE REFUERZO

El uso del acero de refuerzo ordinario es común en elementos de concreto presforzado. La resistencia nominal de este acero es  $f_y = 4,200$  kg/centímetros<sup>2</sup>. Este acero es muy útil para:

- aumentar ductilidad
- aumentar resistencia
- resistir esfuerzos de tensión y compresión
- resistir cortante y torsión
- restringir agrietamiento por maniobras y cambios de temperatura
- reducir deformaciones a largo plazo
- confinar al concreto

#### ACERO ESTRUCTURAL

En muchos elementos prefabricados es común el uso de placas, ángulos y perfiles estructurales de acero. Éstos son empleados en conexiones, apoyos y como protección. El esfuerzo nominal de fluencia de este acero es de 2,530 kg/centímetros<sup>2</sup>.

#### MALLA ELECTROSOLDADA

Por su fácil colocación, las retículas de alambre o mallas electrosoldadas se emplean comúnmente en aletas de trabes cajón, doble te y similares.

### 2.4 ETAPAS DE UN ELEMENTO PRESFORZADO

El diseño de elementos de concreto presforzado consiste en proponer el elemento que sea funcional y económicamente óptimo para determinadas acciones y características geométricas de la obra. Una vez escogido el elemento, el diseño consiste en proporcionar los aceros de presfuerzo y de refuerzo para que tenga un comportamiento adecuado durante todas sus etapas dentro del marco de un reglamento vigente. Es claro que ante esta perspectiva, el elemento o sección a utilizar no es una incógnita sino un dato que el diseñador de acuerdo a sus conocimientos y experiencia debe proporcionar.

Un elemento presforzado, y en general cualquier elemento prefabricado, está sometido a distintos estados de carga. Estos estados pueden representar condiciones críticas para el elemento en su conjunto o para alguna de sus secciones. Existen dos etapas en las que se deben revisar las condiciones de servicio y seguridad del elemento: la etapa de transferencia y la etapa final; sin embargo, para muchos elementos existen etapas intermedias que resultan críticas.

Se muestran esquemáticamente en una gráfica carga-deflexión el proceso de cargas de un elemento presforzado típico y el estado de esfuerzos correspondiente a cada etapa en la sección de momento máximo. A medida que el elemento es cargado con el firme y la sobrecarga muerta, la contraflecha disminuye hasta que, generalmente con la presencia de la carga viva, se presenta una flecha hasta el punto de descompresión (cuando se presentan tensiones en la fibra inferior del elemento), para finalmente sobrepasar la fluencia y llegar a la carga última.

**Etapas de Transferencia.** Esta tiene lugar cuando se cortan los tendones en elementos pretensados o cuando se libera en los anclajes la presión del gato en concreto postensado. Es decir, cuando se transfieren las fuerzas al concreto que comúnmente ha alcanzado el 80 por ciento de su resistencia. Aquí ocurren las pérdidas instantáneas y las acciones a considerar son el presfuerzo que actúa en ese instante y el peso propio del elemento.

Como se explicó en las primeras páginas de este capítulo, esta etapa puede ser crítica en los extremos de elementos pretensados sin desvío de torones donde el presfuerzo es excesivo. Dado que la acción del presfuerzo solo es contrarrestada por la del peso propio del elemento, en esta etapa se presentará la contraflecha máxima.

**Estado intermedio.** Dentro de esta etapa se presenta el transporte y montaje del elemento. Se debe tener especial cuidado en la colocación de apoyos temporales y ganchos y dispositivos de montaje para no alterar la condición estática para la que fue diseñado el elemento. Algunas vigas para puente son tan largas que es necesario dejar volado uno de los extremos para que se puedan transportar.

**Etapas finales.** El diseñador debe considerar las distintas combinaciones de cargas en la estructura en general, y en cada elemento en particular, para garantizar el comportamiento adecuado de los elementos. En la etapa final se considerarán las condiciones de servicio tomando en cuenta esfuerzos permisibles, deformaciones y agrietamientos, y las condiciones de resistencia última de tal manera que además de alcanzar la resistencia adecuada se obtenga una falla dúctil. En esta etapa ya han ocurrido todas las pérdidas de presfuerzo y en la mayoría de los casos el elemento presforzados encuentra trabajando en conjunto con el firme colado en sitio, lo que incrementa notablemente su inercia y resistencia.

**Elementos Secundarios.** Es el área de un elemento prefabricado cuya posición depende de la tolerancia permitida en el elemento principal más la tolerancia en obra.

Las Tolerancias se requieren por las siguientes razones:

- a) Estructural. Para asegurar que la estructura se comporte de acuerdo al diseño, tomando en consideración todos los factores que provocan las variaciones. Por ejemplo las cargas excéntricas, áreas de apoyos, elementos embebidos, ubicación y refuerzos de elementos.
- b) Factibilidad. Para asegurar un comportamiento aceptable en juntas y uniones de materiales de terminación en la estructura.
- c) Visual. Para asegurar que las variaciones sean controladas y así la estructura tenga una apariencia aceptable.
- d) Económica. Para asegurar que la estructura sea fácil de fabricar y construir.
- e) Legal. Para evitar que los linderos de los elementos invadan, y para establecer un procedimiento estándar con el cual pueda ser comparado.
- f) Contractual. Para establecer responsabilidades en caso de fallas y errores.

## CAPÍTULO 3

### ESTRUCTURACIÓN CON ELEMENTOS PREFABRICADOS

#### 3.1.1 INTRODUCCIÓN.

##### SISTEMAS DE PISO

El empleo de sistemas de piso de concreto prefabricado puede ser un paso importante en la solución del problema de vivienda en México. También son útiles en edificaciones para otros fines como comerciales, industriales u oficinas. En la actualidad, principalmente por la poca difusión en México de este tipo de sistemas de piso, su empleo no ha sido muy amplio. Sin embargo, dada la tendencia actual de cambios asociados a procesos de innovación tecnológica, es de esperarse que en un futuro cercano se utilicen más los sistemas de piso prefabricados.

Los tipos de sistemas de piso más comunes en México que se describen de manera detallada más adelante se pueden dividir en tres grupos:

Vigueta y bovedilla, y doble T de poco peralte ( $h < 30$  centímetros)

Losa alveolar o extruida simple t "T", y doble t "TT", tri t "TTT" y tetra t "TTTT" para claros grandes (se explica este tipo de losas en capítulo 3)

El sistema a base de vigueta y bovedilla, así como la TT de poco peralte, se emplean principalmente en edificaciones habitacionales hasta de cinco niveles, aun cuando es factible su uso en edificaciones de mayor altura.

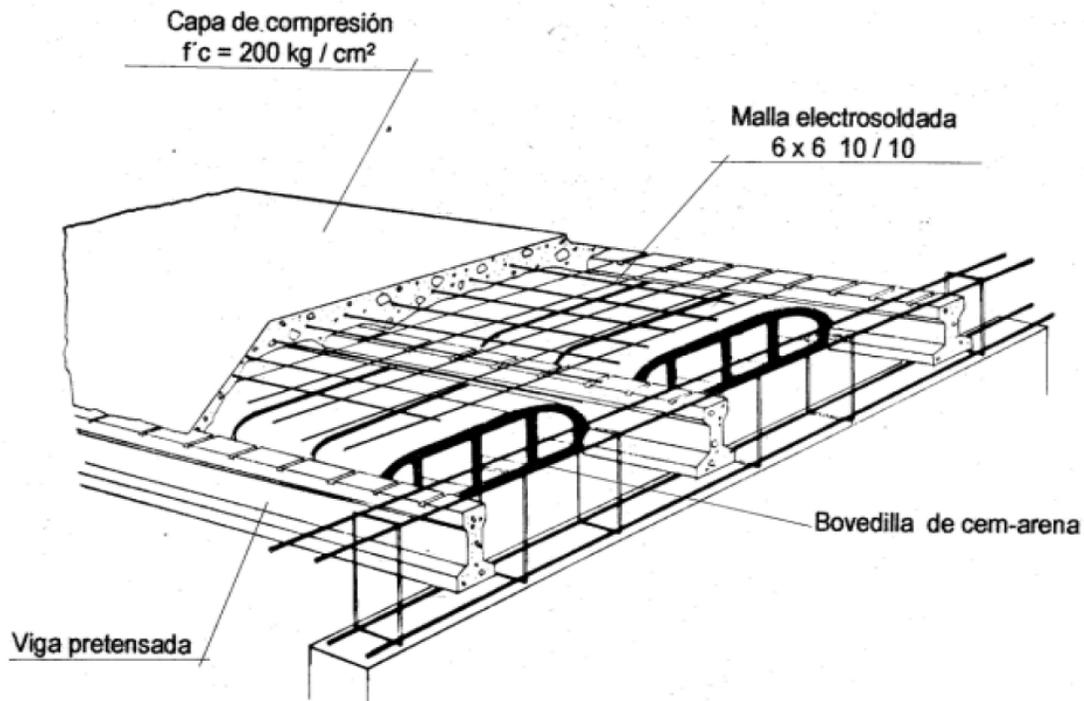
Las losas alveolares se fabrican en un molde con un proceso de extrusión, quedando una sección transversal hueca.

Dependiendo del peralte de la losa, se pueden emplear para cubrir diversos claros, principalmente entre 8 y 12 metros, aunque se producen en el país este tipo de losas para claros menores, a partir de 3 metros.

Las losas T que se producen en México para edificaciones, cubren claros desde 6 metros hasta alrededor de 12 metros. Algunas secciones T y TT cubren claros mayores, entre 10 y 25m.

#### 3.1.2 VIGUETA PRETENSADA Y BOVEDILLA

El sistema de piso denominado Vigueta y Bovedilla está formado por elementos pretensados portantes (vigueta pretensada), bovedilla de cemento-arena y una losa de compresión hecha de concreto de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , con espesor mínimo de 4 centímetros. La losa generalmente está armada con una malla electrosoldada 6x6 10/10 y rodeada perimetralmente con una cadena o trabe armada con 4 varillas y estribos en la que la vigueta penetra por lo menos 5 centímetros. La Figura 3.1 muestra un detalle general del sistema constructivo a base de vigueta y bovedilla. Este sistema se usa actualmente en casas y edificios de 1 a 5 niveles, básicamente en los proyectos de interés social que ejecutan los organismos oficiales y particulares. El reglamento de construcciones del Distrito Federal no contiene nada referente a este sistema de piso, por lo que en este Manual se dan comentarios y recomendaciones al respecto.



El sistema de vigueta y bovedilla ha sido satisfactorio en edificaciones habitacionales de pocos niveles pero su uso no está restringido solamente a estas edificaciones. Se ha utilizado en edificios de 10 y 15 niveles, puentes peatonales y vehiculares, techumbres de naves industriales, losas para tapar los cajones de cimentación, estacionamientos y andenes de carga y descarga.

Sistema de piso de vigueta y bovedilla

Los fabricantes de vigueta pretensada las producen con distintos peraltes. Por ejemplo:  $h = 11, 13, 14, 15, 16, 20$  y  $30$  centímetros. Las bovedillas de cemento-arena se fabrican en alturas de  $13, 14, 15, 16, 20$  y  $26$  centímetros y en cualquier altura cuando se trata de bovedilla de poliestireno.

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE VIGUETA Y BOVEDILLA

1. Determinación de las cargas actuantes:

- a) Carga muerta (peso propio del sistema), se debe seleccionar el peralte total del sistema y el tipo de bovedilla a usar, por ejemplo, de cemento-arena, pómez, poliestireno o sin bovedillas utilizando módulos recuperables
- b) Acabados
- c) Carga Viva

2. Selección del peralte total del sistema

La Norma Oficial Mexicana de Vigueta y Bovedilla NOM000-SCFI-1995 estipula que el peralte total  $h$  del sistema debe ser mínimo el claro de cálculo dividido entre 25, entendiéndose por claro de cálculo la longitud de la vigueta (por ejemplo, para un claro de  $500$  centímetros;  $h = 500/25 = 20$  centímetros).

3. Selección del peralte de la vigueta a usar en el sistema

La capacidad de carga gravitacional del sistema está dada por dos variables:

- a) La cantidad y fuerza de tensado del acero de presfuerzo de las viguetas.
- b) La distancia que hay del centroide del acero de presfuerzo a la fibra superior en compresión (lecho alto de la losa o capa de compresión).

Bajo este razonamiento, cualquier vigueta que tenga la cantidad de acero requerida puede usarse y estará dentro de los límites razonables de costo.

4. Procedimiento para evaluar si se requiere que el sistema se apuntale antes y durante el colado del firme, losa de compresión

Las cargas que van a actuar durante el proceso de construcción de un sistema de vigueta y bovedilla son:

- a) Peso propio de la vigueta y bovedilla (dado por el fabricante de los elementos)
- b) Peso propio del concreto de la losa de compresión (2,200 kg/m<sup>3</sup>)
- c) Carga viva de los trabajadores (se consideran 100 kg/m<sup>2</sup>)

Con la suma de estas tres cargas se consulta el manual del fabricante para seleccionar el peralte y tipo de viga que se recomienda para cada claro. Se debe tener en cuenta que la distancia del centroide del acero a la fibra superior en compresión corresponde a la de la vigueta como elemento aislado.

La solución más económica será cuando coincida la vigueta que se requiere durante el proceso constructivo, con la vigueta que se requiere para las cargas finales a que va a estar sometido el sistema. Si la viga requerida durante el procedimiento de construcción tiene que ser de mayor peralte y tener más acero que la viga requerida para el sistema, se recomienda usar la viga seleccionada para el sistema y apuntalarla durante el proceso de construcción.

$$l = \frac{8 \cdot M}{w}$$

La distancia del apuntalamiento está dada por donde:

l = Distancia entre puntales

M = Momento de la viga que usará el sistema sin factor de reducción o aumento)

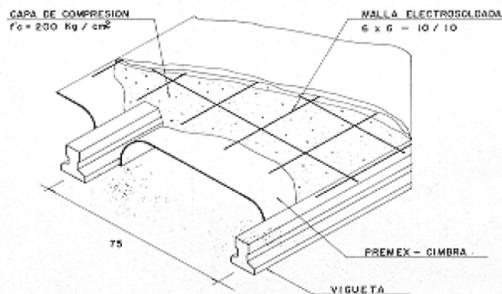
w = Carga uniforme actuante durante el apuntalamiento

(Total: peso de viguetas, bovedillas, concreto y trabajadores)

5. Obtención del peralte de la losa de compresión y determinación de qué tipo de malla electrosoldada debe colocarse.

Se efectúa el análisis de una franja de losa apoyada sobre las viguetas pretensadas (por ejemplo 70 ó 75centímetros). Se analiza con las cargas a las cuales va a estar sujeta esta losa de acuerdo a su uso (carga muerta + carga viva). Se diseña como si fuera una losa de concreto reforzado calculando el refuerzo por la teoría plástica y revisado por cortante y por deflexiones.

La recomendación en losas para uso habitacional es que la losa de compresión deberá tener un peralte mínimo de 4 centímetros sobre la bovedilla armada con malla 6x6-10/10 y concreto de f'c= 200 kg/centímetros<sup>2</sup>. Para otros usos el peralte y armado deberá determinarse con el método descrito anteriormente, pero no será menor que 5centímetros de peralte. El concreto deberá ser de al menos 200 kg/centímetros<sup>2</sup> de resistencia y el refuerzo no debe ser menor que una malla electrosoldada de 6x6-10/10.



### 3.1.3 SISTEMA DE MÓDULOS RECUPERABLES PREMEX CIMBRA.

Este sistema constructivo de losas con vigueta pretensada difiere del anterior en que se substituye la bovedilla por un módulo recuperable de fibra de vidrio que se usa como cimbra. Aquí la gran ventaja es que se ahorra el costo de la bovedilla y se reduce el peso propio del sistema en 30%. El acabado que se obtiene es agradable, por lo que se puede prescindir del yeso.

La figura muestra un detalle general de la losa para este tipo de sistema de piso.

El procedimiento de análisis y diseño es el mismo que para la vigueta y bovedilla, pero en este caso el peso propio es menor.

Su uso no está restringido para ninguna construcción ya que su sistema de módulos recuperables la aplicación es muy variada: desde vivienda de interés social, hasta edificaciones que lleven falso plafón o que no requieran de él; por ejemplo: bodegas, estacionamientos, etc. Es ideal por su ahorro en el peso de la estructura, para efectos sísmicos, de cimentación y en los tiempos de ejecución.

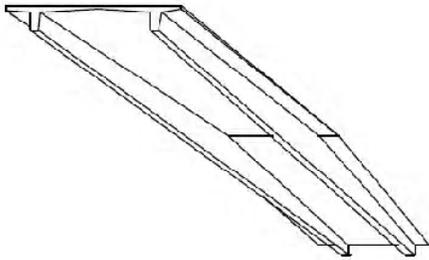
### 3.1.4 SISTEMAS DE PISO DE LOSAS EXTRUIDAS DOBLE T DE PEQUEÑO PERALTE (H = 30 centímetros)

El sistema de fabricación a base de extrusión se realiza con una máquina que corre a lo largo de una mesa de fabricación, depositando el concreto por medio de vibración y compactación sobre dicha mesa. La sección del elemento que se cuele dependerá del molde propio de la máquina, por lo que en una mesa se podrán fabricar diferentes secciones. Existen varias marcas y por lo tanto secciones en el mercado.

Una de las secciones que se extruden es una losa de sección doble T de 30 centímetros de peralte. Como su nombre lo indica, es una losa con dos nervios unida en la parte superior por una losa de 100 centímetros de ancho y 4 centímetros de peralte. El elemento precolado se apoya con los nervios en una trabe, de la cual se dejarán los estribos sobresaliendo para integrar la losa con el firme y la trabe de apoyo.

El análisis y diseño de una losa doble T extruida será el mismo que se emplea para elementos prefabricados presforzados de mayor peralte.

### 3.1.5 SISTEMAS DE PISO DE LOSAS ALVEOLARES



Las losas alveolares también llamadas losas aligeradas o placas de corazones huecos son elementos estructurales pretensados que se pueden usar para entresijos, cubiertas, fachadas de edificios y como muros de carga. Son ideales para claros de 8 a 14 metros, y con sobre cargas útiles altas de 500 a 2000 kg/m<sup>2</sup>.

En la mayor parte de los casos sobre estos elementos se cuele una losa (firme), con  $f'c$  250 kg/centímetros<sup>2</sup>, armada con malla por lo general 6x6-8-8 y 6x6-6-6, la cual cumple con dos fines: a) Lograr un efecto de diafragma al darle mayor comportamiento monolítico a la

losa. (Ver capítulo 4)

b) Ayudar a evitar problemas de filtraciones de agua al tapan las posibles fisuras de las juntas entre elementos Sin embargo, estos elementos también se pueden emplear sin el firme cuando la aplicación no lo requiera (por ejemplo, estacionamientos, entresijos de bodegas, centros comerciales).

Los peraltes más comunes que se fabrican en México son: h=10, 15, 20, 25 y 30 centímetros, con anchos que pueden ser de 1.00 metros y

1.20 metros. Si llevan losa de compresión aumentan su peralte. Se recomienda que el firme tenga un peralte mínimo de 5 centímetros pudiendo ser mayor, (por ejemplo 10 centímetros), lo que dependerá del uso de la losa, cargas, claros a cubrir, etc.

Cabe mencionar que el tipo de refuerzo de estos elementos varía de país a país Por ejemplo, en Europa es común usar alambre de presfuerzo de 4 mm de diámetro, en Estados Unidos y Canadá se usa torón para presforzarlas y en México el alambre por lo general es de 5 y 6 mm de diámetro. Anteriormente eran pocos casos en los que se usaba el torón. Actualmente y dado a la cercanía con Estados Unidos, ya se utiliza más el torón en trabes y losas.

Estas losas pueden trabajar como continuas tanto para momento negativo como para positivo (inversión de los esfuerzos producidos por el sismo) o darles continuidad en los apoyos (algún tipo de empotramiento) o en claros adyacentes. Para ello se requerirá que los alvéolos sean coloniales (al alinear éstos estamos alineando las nervaduras de cada losa), el acero de la continuidad se coloca en la parte superior y/o inferior de los alvéolos y posteriormente deberán de rellenarse de concreto en la parte que se colocó el refuerzo.

### 3.1.6 CONEXIONES EN SISTEMAS DE PISO PREFABRICADO

Los sistemas de apoyo para elementos de piso de concreto precolado pueden ser del tipo simple o continuo. La conveniencia del empleo de algunos de estos sistemas difiere del tipo de aplicación. El apoyo simple conviene en claros

largos cuando es muy difícil y costoso proveer la resistencia necesaria para momento negativo en los nudos. El apoyo continuo, conviene más en construcciones del tipo comercial o residencial ya que se requiere obtener continuidad.

Los tipos de conexión para sistemas de piso precolado como losas extruidas o losas sólidas soportadas por vigas, pueden ser divididos en tres grupos.

La diferencia entre estos tipos de apoyo es el peralte de la viga de soporte antes de la colocación del concreto colado en sitio.

### 3.2 CONEXIONES EN MARCOS

Uno de los aspectos más importantes a considerar en el diseño de estructuras prefabricadas de concreto a base de marcos es el análisis y diseño de las conexiones. En lo que sigue se describen y se comentan los aspectos más relevantes de estos criterios, haciendo énfasis en aspectos sísmicos. Con el propósito de uniformizar el empleo de términos, se define como “nudo” al volumen geométrico que es común en miembros que se interceptan. Se define como “conexión” al elemento que une los dos elementos prefabricados, o uno prefabricado y otro colado en sitio.

La experiencia que se tiene del comportamiento observado de conexiones en marcos, tanto para sismos fuertes como en ensayos de laboratorio, no es tan amplia como en el caso de estructuras monolíticas de concreto reforzado.

La filosofía de diseño del mencionado reglamento para estructuras prefabricadas de concreto en zonas sísmicas se basa en tratar de lograr que las conexiones tengan un comportamiento semejante al del concreto monolítico. Con este criterio, se especifica que la selección de las zonas diseñadas para tener comportamiento inelástico durante un evento sísmico.

#### 3.2.1 CONEXIONES HÚMEDAS Y SECAS

En Estados Unidos y México ha sido poco común el empleo de las conexiones llamadas “húmedas”. Estas conexiones son aquellas capaces de tener incursiones cíclicas inelásticas, típicas de sismos moderados o intensos, sin que la resistencia se vea afectada. Las conexiones húmedas son aquellas que emplean cualquiera de los métodos de conexión del acero de refuerzo especificados (traslapes o conectores mecánicos). En estas conexiones se emplea concreto colado en obra o mortero para llenar los vacíos entre aceros de refuerzo existentes en las conexiones.

Las llamadas conexiones “secas”, son aquellas que no cumplen con los requisitos de las conexiones “húmedas” y, por lo general, la continuidad del acero de refuerzo se logra por medio de soldadura. A raíz del terremoto de Northridge de 1994, en California, ha surgido la preocupación sobre el empleo de soldadura en conexiones de elementos prefabricados de concreto. En este terremoto, se observaron fallas en marcos de concreto prefabricado con las citadas conexiones así como en marcos de acero estructural con conexiones soldadas. Se debe mencionar que el reciente boletín de normas técnicas, prohíbe el empleo de soldadura para empalmar el acero de refuerzo localizado dentro de una distancia igual a dos veces el peralte del elemento medido a cara de columna o trabe. Estas normas solo aplican en las zonas sísmicas de alta peligrosidad, por lo que solo en parte de Estados Unidos se utilizan, pero en México se debe aplicar estrictamente en cualquier parte del territorio donde se quiera aplicar esta conexión. Por lo tanto cualquier prefabricadora debe estar en constante actualización de información reglamentaria ya que si llega a suceder un siniestro, estas se verían afectadas con multas millonarias y/o hasta su clausura definitiva de su o sus plantas de fabricación.

#### 3.2.2 CONEXIONES “FUERTES” MONOLÍTICAS

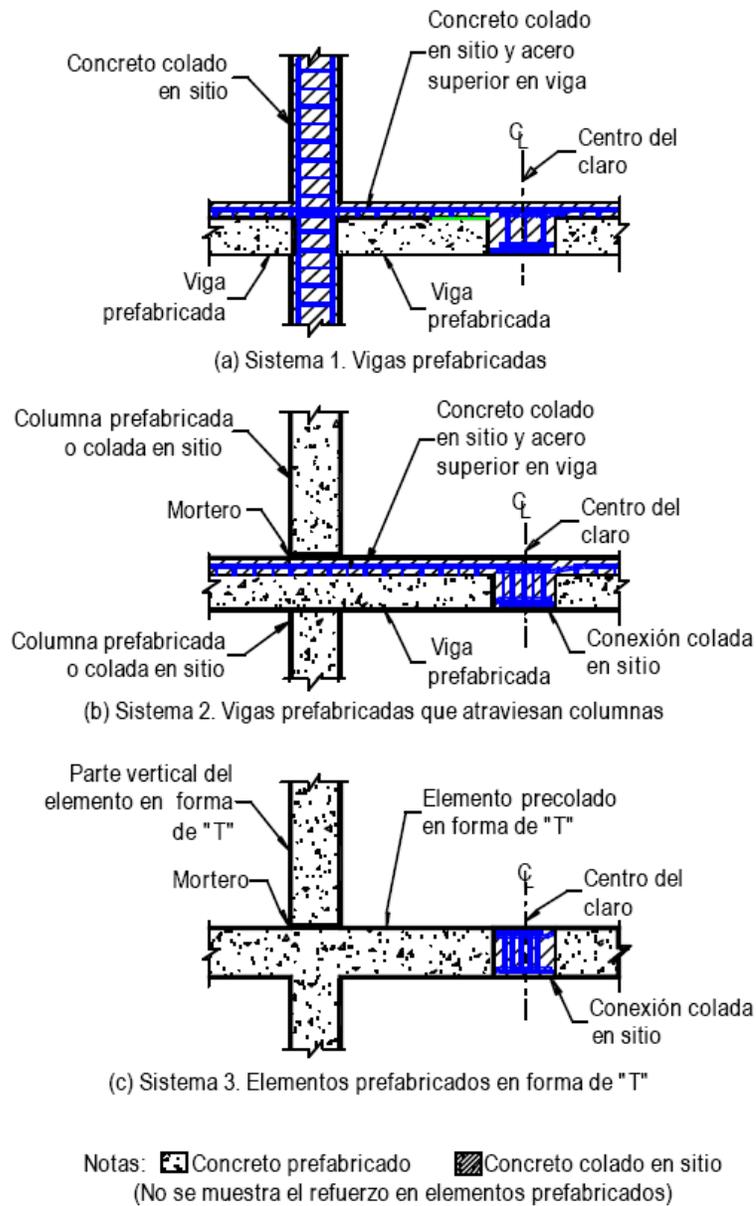
Una conexión “fuerte” es aquella que permanece elástica mientras que las zonas diseñadas para tener un comportamiento inelástico tienen incursiones inelásticas para el sismo de diseño considerado por el reglamento empleado. Esta condición de diseño se revisa verificando que la resistencia nominal de la conexión fuerte, en flexión y cortante, deba ser mayor que las componentes a las resistencias probables de las zonas diseñadas para tener un comportamiento inelástico.

Una conexión “fuerte” puede ser “seca” o “húmeda”. En los casos que la conexión se ubique fuera de la parte media del claro barras de refuerzo que se conectan.

CONEXIONES FUERTES COLUMNA-COLUMNA

Los requisitos de diseño para este tipo de conexión de acuerdo a los reglamentos son bastante estrictos. Por ejemplo, la resistencia de diseño de una conexión fuerte debe ser 1.4 veces la resistencia probable de la zona diseñada para comportamiento inelástico; además, se deben cumplir requisitos especiales para el diseño del refuerzo transversal.

3.2.3 EJEMPLOS DE CONEXIONES EN MARCOS DE CONCRETO PREFABRICADO



En las siguientes ilustraciones se muestran tres tipos diferentes de soluciones de conexiones en marcos prefabricados en zonas sísmicas.

Ejemplos de conexiones para elementos Prefabricados. No vale la pena mostrar todas las conexiones aplicadas en el mundo ya que algunas de ellas son utilizadas por sus condiciones naturales y su tecnología. Por ejemplo en china se utilizan conexión tipo Restrepo. Buscar información en Internet sobre tipos de conexiones. Ver la bibliografía a final de este documento.

3.2.4 MUROS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS

En los sistemas de construcción de concreto prefabricado también se utilizan los denominados sistemas a base de muros estructurales o paneles. Este tipo de construcción es ampliamente utilizado en países como Japón, China, Cuba, Rusia y la mayoría de los países que económicamente dependían de la antigua Unión Soviética de los cuales algunos se encuentran en zonas de alta sismicidad. Este tipo de construcción se caracteriza por contar con paneles o muros estructurales aislados que generalmente tienen características de resistencia y capacidad de deformación igual o superior a los empleados en las estructuras monolíticas.

El aspecto clave del diseño de sistemas estructurales con este tipo de elementos precolados, al igual que en la mayoría de los otros sistemas precolados, es la concepción, el análisis y el diseño de las conexiones, loque permitirá al conjunto alcanzar niveles de capacidad de deformación similar a los observados en estructuras monolíticas.

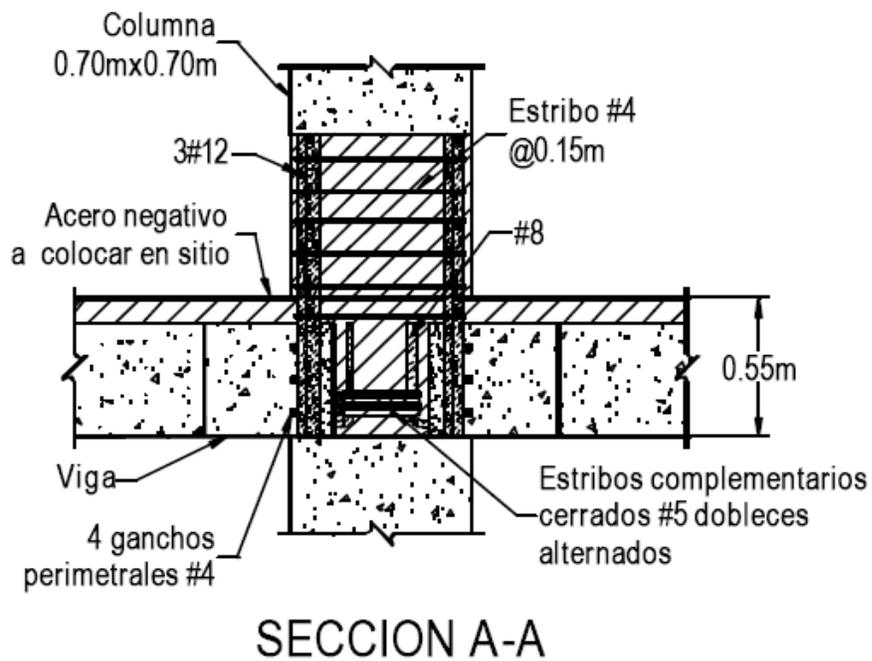
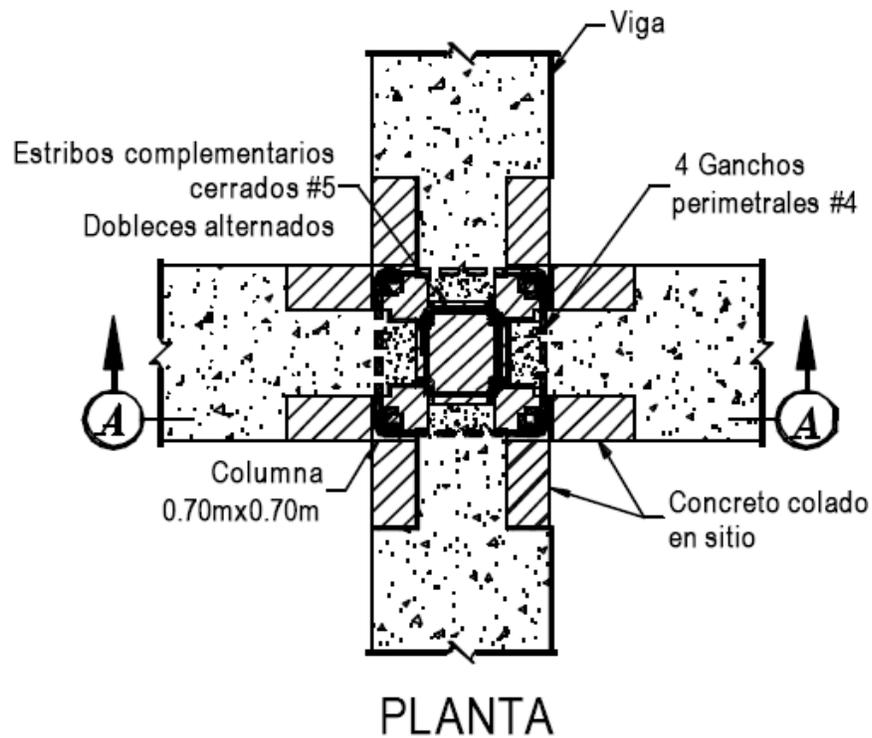
Los muros de concreto reforzado en edificios son conocidos como un sistema eficiente para resistir fuerzas horizontales debidas a acciones sísmicas. En general, un sistema a base de muros puede tener amplia rigidez, con lo cual los desplazamientos estructurales durante movimientos sísmicos se reducen significativamente. En consecuencia, se logra un alto grado de protección contra daños por sismo en elementos tanto estructurales como no estructurales.

En México existen más edificios con marcos que con muros estructurales. Esto se puede explicar por la preferencia de los arquitectos a tener espacios abiertos, lo que con los muros estructurales requiere mayor trabajo en la etapa del diseño arquitectónico. Sin embargo, las estructuras que contienen muros estructurales de concreto reforzado en combinación con marcos estructurales, también llamado sistema dual, ofrecen varias ventajas. En este sistema, los muros estructurales pueden ser diseñados para resistir la mayor parte de la fuerza horizontal actuante en el edificio, por otra parte los marcos solo resisten una pequeña porción de dichas fuerzas horizontales, la que está determinada por la rigidez relativa entre muros y marcos. De esta manera, cuando este sistema es utilizado en regiones que presentan actividad sísmica los elementos estructurales de los marcos resisten principalmente cargas gravitacionales.

Como se indica en la mayoría de los reglamentos para la construcción de estructuras de concreto reforzado, en el análisis y el diseño de los sistemas prefabricados a base de muros estructurales se considera el comportamiento de estas estructuras como monolíticas. Además, con base en los elementos mecánicos que se obtengan de un análisis elástico convencional se determinan las características dimensionales y de refuerzo de los muros estructurales.

En la construcción de muros estructurales prefabricados de concreto se pueden tener conexiones "fuertes" o "débiles". En la construcción de muros con conexiones fuertes los elementos precolados son unidos por medio de conexiones que poseen características de resistencia y capacidad de deformación lateral semejante a los de una construcción monolítica. En la construcción de muros con conexiones débiles, el diseño de éstas gobierna el comportamiento de los muros.

EN MÉXICO SE LES LLAMA A ESTOS MUROS "MUROS DE CORTANTE" expresión utilizada para diferenciar entre un muro prefabricado estructural (de concreto armado) y uno divisorio (por ejemplo tablaroca o paneles).



Conexión viga-columna. Llamada conexión Carranza. Utilizada en México por INPRESA e ICA principalmente

Ver capítulo 4. Sección traveses prefabricadas

### CONEXIÓN ES ENTRE MUROS ESTRUCTURALES DE CONCRETO PREFABRICADO

Las conexiones entre muros estructurales de concreto prefabricado son de dos tipos: las conexiones horizontales y las conexiones verticales. Las primeras generalmente son conexiones de muro con sistema de piso, pudiendo ser con trabes o directamente con la losa, mientras que las segundas pueden ser conexiones entre dos muros estructurales. El análisis de las conexiones horizontales en general es sencillo, considerando que se deberá transmitir en el muro el cortante de entrepiso originado por las acciones sísmicas. La condición de cortante directo se presentará en estructuras de pocos niveles en comportamiento predominante de cortante (hasta tres niveles aproximadamente). La condición de flexo compresión-cortante se podrá presentar en estructuras con mayor número de niveles donde el momento de volteo resulte de consideración. En ambos casos deberán revisarse las condiciones de falla probable por deslizamiento de la base.

En las conexiones entre muros estructurales de concreto prefabricado los bordes deberán de picarse o en la cimbra emplear madera que presente una superficie rugosa y así evitar falla por deslizamiento.

Las conexiones verticales entre paneles se hacen generalmente con listones de concreto colado en sitio. El acero de refuerzo horizontal de los paneles adyacentes que sobresale se traslapa en la zona de unión.

## CAPÍTULO 4

### ELEMENTOS PREFABRICADOS

#### 4.1 MUROS PREFABRICADOS

Antes de colocar una cimentación de cualquier tipo se debe preparar el terreno en todo su perímetro y para se pueden colocar muros de contención prefabricados. Una ventaja que se tiene con estos muros es que no se tiene que esperar y que se coloque la cimbra que normalmente es costosa y complicada de anclar al terreno con estos muros solo hay que montarlos e inmediatamente anclarlos.

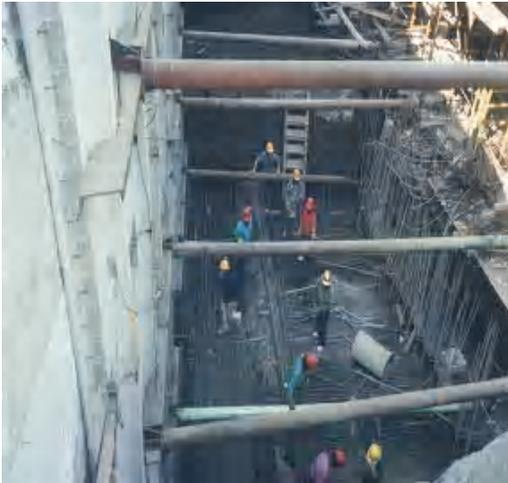


Preparación del terreno donde se colocará la grúa que ayudará a colocar los muros de contención prefabricados

Una vez colocados los muros se anclan al terreno

Se barrenan orificios a las esquinas y al centro del muro y se les inyecta GROUT, para que tengan un mejor agarre al momento de quedar unidos uno con otro.





Una vez colocados los muros y anclados al terreno.

Se colocan perfiles "OC" metálicos, para asegurar que las uniones queden mono-líticamente bien definidas; gracias a la inyección de GROUT.

Mientras tanto se puede proseguir con la preparación de la plantilla de cimentación.

Para este caso la cimentación será corrida, es por eso que se ve una plantilla bastante ancha y con una armadura un tanto mas rígida de lo normal. Esto se debe a que no solo se protege el desplante del nuevo edificio sino que también a los edificios colindantes ya construidos.

1. Como se ve en esta fotografía, los muros de contención prefabricados se fabrican con las siguientes dimensiones (2.40m \* 2.00m).

También se logra ver que aún no tiene las perforaciones de anclaje al terreno e inyección de GROUT.

2. Se ve que a los muros se le deja varillas libres sin colar, llamadas barbas, esto se debe a que se dejan preparados para recibir un muro de contención más u otro elemento constructivo.

Para construir un edificio con una cimentación prefabricada hay que tener en cuenta, su forma, su tipo y sobre todo sus dimensiones; ya que como sabemos hay cimentación a base de pilas o pilotes, que por sus dimensiones no es posible prefabricarlas, no es que no se pueda realizar, pero sus dimensiones sobrepasan el largo permitido para transportar estos elementos por avenidas o por carreteras. Solo si los pilotes no son muy largos se pueden prefabricar.

Pero en este documento se mostrarán los tipos de cimentación más común y que es factible prefabricar. Los tipos de cimentación prefabricada más comunes son las zapatas aisladas y corridas mostradas a continuación de manera fotográfica y trazo por computadora.

Se explicará sus elementos que las conforman y para que sirven de forma general ya que es fácil entender gracias a las fotografías y gráficos mostrados.



4.2 TIPOS DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN



Zapata corrida prefabricada.

Así como el los muros de contención a las zapatas también se les deja barbas, para que posteriormente se coloque en ella los muros de cortante

1. Vista de una zapata corrida en fase de fabricación.
2. Cimbra metálica
3. Varillas no ahogadas (Barbas)



1. Bajo la zapata se le deja preparada para su montaje a la plantilla de cimentación.
2. Se le coloca una placa metálica.
3. Un gancho de conexión.
4. Barbas.
5. Placas verticales para unir tramos de zapata corrida.

A continuación se muestra otro tipo de zapata corrida con una formamás común. Su forma de la pieza radica en la capacidad de carga del terreno y posteriormente en los elementos que se montaran sobre ella.



3. Véase que para este caso no se hizo una plantilla de cimentación.



1. Colocación de una zapata prefabricada con aleros en forma angular.
2. Varillas sin ahogar (Barbas). Se puede notar que las barbas son más largas, con un largo de 2.00m, esto se debe a que se desplantara un puente vehicular.
- 3.

### 4.3 CONTRATRABES PREFABRICADAS

Cuando se tienen zapatas aisladas y se tienen que interconectar entre sí, se colocan contratraveses y estas también se pueden prefabricar, evitando así una obra sucia por la cimbra que se tendría que colocar para colarlas en sitio, reduciendo tiempo y costo en la etapa de cimentación.



1. Contratraveses prefabricadas.

Una fotografía muy buena en donde podemos apreciar el sistema constructivo mas a detalle.

1. Contratraveses prefabricadas con barbas y con sus respectivos ductos de instalaciones sanitarias e hidráulicas.

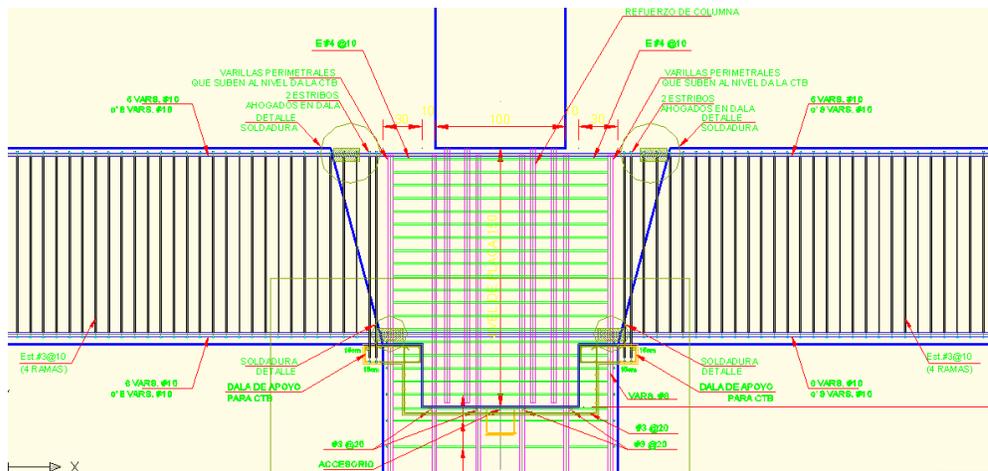
2. Armado del dado de la zapata de cimentación.

3. Cimbra de madera para la inyección de GROUT en fisuras entre terreno y contratraveses, teniendo así un mejor desplante de cimentación.





1. Unión de cimentación prefabricada, columna con sección rectangular prefabricada y contratraves prefabricadas, todos los armados se dejan sin colar para que posteriormente se coloque la cimbra y se inyecte GROUT.



### 4.4 COLUMNAS PREFABRICADAS

En la actualidad son muchas las opciones de los prefabricados de concreto. Basta sólo citar algunos ejemplos para constatar la amplia gama existente, sus aplicaciones y en especial su infinidad de ventajas para el constructor.

Las columnas prefabricadas de concreto, las cuales sirven como soporte y estructura de múltiples edificaciones. Su forma, diseño e ingeniería permiten realizar edificaciones de calidad y obtener una mayor rapidez en la construcción. Sus principales cualidades propician que se acelere el proceso de obra, un acabado de concepto integral, una mayor eficiencia estructural, variedad de diseños en conexiones, un material de alta resistencia y una alta capacidad de sobrecarga. Y entre sus variables esenciales están las columnas reforzadas en naves industriales, edificios, centros comerciales, edificios de departamentos, casas habitación, condominios.

Para diseñar una columna hay que tener bien claro que se pueden colocar en nuestros proyectos columnas de superficie, cuadrada, rectangular, circular u elíptica (oblonda). Veamos entonces los casos.

En las siguientes páginas se mostrarán los elementos que conforman una columna así como su representación y su unión con la cimentación.



1. Columna prefabricada con sección cuadrada, izada y lista para su colocación.

2. Columna prefabricada con sección rectangular, ya se encuentra montada junto con las traveses y el armado complementario, lista para que le inyecte GROUT.

3. Columna prefabricada con sección circular, en fase de unión con la cimentación.

4. Columna prefabricada con sección circular, preparándose para recibir el

concreto de alta resistencia.

Como se puede notar en las fotografías, siempre se fabrican las columnas con tramos de tres niveles que tenga la sección que tenga.



Armado de una columna oblonda



Preparación de una columna oblonda para su colado



1. Tramo de columna para el nivel 2.
2. Ventana. Para te la columna que sirve para recibir a la o las trabes que la interceptaran.
3. Tramo de columa para el nivel 1.
4. Placas llamadas (Accesorios) que reciban a una trabe con nariz tipo ménsula
5. Placa vertical semiahogada en la columna en donde se le solda los accesorios recibidores de la trabe.

En este ejemplo se ve que la distancia entre tramos de columna; la ventana es mas angosta de lo común, esto es porque en ese nivel solo se colocará una trabe, cuando se colocan mas narices de trabes obviamente la separación de la ventana en mas ancha.

Los accesorios se pueden especificar que se coloquen desde planta de fabricación ó en obra, es preferible que se haga en planta ya que sino sucede que no encajan exactamente placa semiahogada y accesorios teniendo como resultado el que vemos en la fotografia.



Vista de un panorama de columnas ya montadas y preparadas para recibir a las trabes.

Reiterando; se fabrican columnas con tres tramos.



En ambas fotografías se logra ver que algunos tramos de columna tienen varillas sin ahogar.

Estas sirven para unir los muros de cortante que sirven para hacer más rígido el marco formado por las columnas y trabes

## PREFABRICADOS EN MÉXICO

### MANUAL DE CONSTRUCCIÓN BASADO EN EL SISTEMA DE PREFABRICADOS EN CONCRETO

También a las columnas de sección circular y oblongas se les tiene que colocar sus respectivas partes de conexión para recibir a las trabes.

Este caso es muy especial por que no se hace con frecuencia; nótese que la parte recibidora de la trabe esta colocada entre el tramo de columna y no en su parte superior, se debe a que estas columnas forman parte de un sótano de estacionamiento con rampas de losas prefabricadas doble T, así que se tienen que colocar a distancias diferentes para formar las inclinaciones de las rampas.



También a las columnas de sección circular y oblongas se les tiene que colocar sus respectivas partes de conexión para recibir a las trabes.

Este caso es muy especial por que no se hace con frecuencia; nótese que la parte recibidora de la trabe esta colocada entre el tramo de columna y no en su parte superior, se debe a que estas columnas forman parte de un sótano de estacionamiento con rampas de losas prefabricadas doble T, así que se tienen que colocar a distancias diferentes para formar las inclinaciones de las rampas.



Aquí vemos que a las columnas se les puede agregar un brazo tipo sección de trabe "TPL" ó "T-Inv".

Debido a que sería un gasto innecesario fabricar una trabe de un largo muy corto, hay que tener en cuenta que un brazo no deberá tener un máximo de 3 metros de largo.

Ver que a los brazos también se les puede colocar barbas que servirán para la colocación de un muro de cortante.

También hay que mencionar que el tamaño de las ventanas puede variar, observar que los tramos superiores las ventanas son de 85 centímetros de ancho y donde se encuentra el obrero es de 1.70 metros.

Otra consideración; tampoco los accesorios deben estar precisamente al centro de una de las caras de la columna, estos se pueden colocar en cualquier parte de la columna.

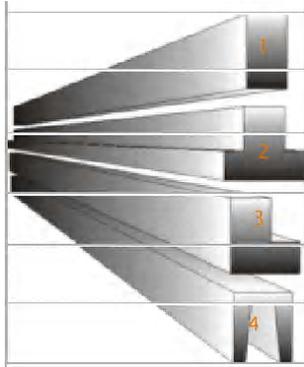


A las columnas oblongas se le puede colocar accesorio para conexión tipo ménsula y barbas recibidoras de muros de cortante, pero no se hace ya que el costo de fabricación se elevaría drásticamente, así que cuando se diseña un edificio con este tipo de columnas se debe hacer lo mas uniformemente posible para que no tenga detalles de construcción complejos de conexiones.



1. Cimentación por etapas dejando el armado del dado sin colar.
2. Montaje de columna sobre la cimentación, se traslapan los aceros descubiertos del dado y de la columna.
3. Cimbra metálica. 4. Colado complementario del dado, dejado la conexión columna –cimentación totalmente resuelta.

### 4.5 TRABES PREFABRICADAS



La integración de un sistema de losa se complementa en la consideración de las "TRABES O VIGAS PORTANTES Y RIGIDIZANTES" siendo prefabricadas se les añade una ventaja; la posibilidad de introducirles presfuerzo y por lo tanto, lograr un mejor comportamiento estructural del sistema.

Existen varias secciones que pueden ser utilizados como vigas portantes de las cuales también pueden funcionar como rigidizantes en edificios de departamentos, casas habitación, condominios.

Figuras de las secciones de trabes prefabricadas mas comunes por su versatilidad, para poderse utilizar casi cualquier tipo de edificio.

1).- Sección "rectangular" es la más sencilla de las secciones en cuanto a su fabricación y se puede utilizar como trabe portante tanto en ejes extremos como intermedios, es la más versátil de las trabes puesto que también funciona como rigidizante.

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

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

4).- Sección "Canal" en naves industriales, para poder transmitir las cargas verticales de la losa, generalmente inclinada, se utiliza la sección canal, la cual permite recibir las losas y transmitir el peso a las columnas con la ventaja adicional de permitir desaguar las aguas pluviales hacia la tubería adecuada al tener una sección hueca para aligerar su peso.



Armado tipo de una trabe portante tipo L, llamada TPL.

Nótese que su largo es muy corto, puesto que esta sección de trabes se unirá posteriormente a una columna,

Esto ya se vio en la sección de COLUMNAS PREFABRICADAS.

Siendo que es muy fácil entender el sistema, a continuación se mostrara, ejemplos de aplicación de estos elementos.

# PREFABRICADOS EN MÉXICO

## MANUAL DE CONSTRUCCIÓN BASADO EN EL SISTEMA DE PREFABRICADOS EN CONCRETO



Armado de una trabe de rigidez llamada TR.

Armado que ya está preparado para llevarse al molde donde se le agregará el concreto y se pretensarán sus cables de presfuerzo.



Tensado de cables. Proceso llamado, presfuerzo o pretensado de armado. Esto ayuda a que la pieza tenga una mayor resistencia al pandeo natural del peso de la misma, más el peso de las cargas que se transmitirán sobre ella.



Montaje de un eje obviamente con sus columnas y trabes correspondientes.

Este tipo de montaje se puede realizar, porque el edificio solo tendrá dos tramos de columnas teniendo 8 niveles, así que será muy fácil montar las losas de eje a eje.

Observar que hay trabes de rigidez tipo TR y portantes tipo TPL, debido a que el edificio tendrá entre nivel y nivel doble altura.

Una de las cosas que hay que tener muy en cuenta es la geometría, posición, peralte y largo de una trabe prefabricada.

Geometría: se describirá en las páginas siguientes.

Posición: la colocación de una trabe está ligada a la posición de la losa prefabricada y no en forma contraria, se dará un ejemplo en las siguientes páginas.

Peralte: gracias a los materiales y forma de fabricación de las piezas no obtendremos peraltes mayores a 1.10m

Largo o claro: el largo de una trabe prefabricada no deberá sobrepasar los 16.00m de largo.

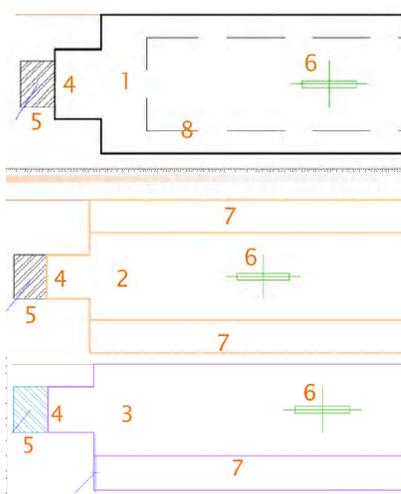
En las siguientes páginas se abordará más a fondo sobre estas propiedades de cada una de las piezas.



Colocación de columnas y trabes.

NOTA: con el sistema se logra una ventaja muy visible y es que la siempre estará limpia y libre de madera para cimbra, puntales y herramienta que se utilizaría en otros sistemas.

Los ejemplos mostrados a continuación aplican a todos los tipos de trabes prefabricadas.



1. Trabe TR . Trabe de rigidez

2. Trabe T-Inv . T invertida

3. Trabe TPL . Trabe portante L

4. Zona de desbaste. NOTA: el desbaste de la pieza lo podrá llevar en una nariz o en ambas narices. El desbaste sirve para poder ajustar a la trabe a la posición correcta en la columna.

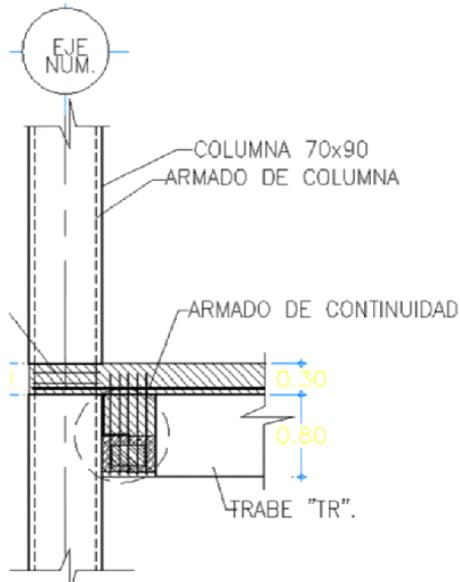
5. Accesorio para conectarse a la columna, placas de acero.

6. Gancho de izaje. Los ganchos irán colocados a 100 centímetros del paño de trabe o paño de desbaste y el siguiente a 150 centímetros

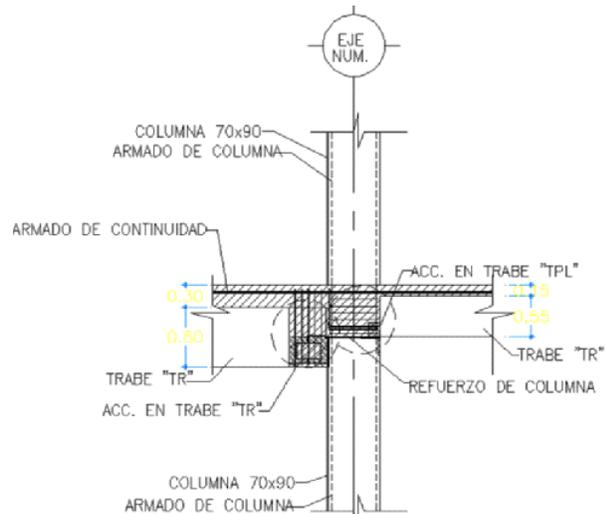
7. Patín



Los croquis mostrados a continuación pertenecen a un proyecto real en fase de construcción.



Trabe con conexión tipo ménsula.



Trabe con conexión tipo ménsula. A la derecha.

Trabe con conexión tipo ventana. A la izquierda.

### 4.6 LOSAS PREFABRICADAS

Las losas prefabricadas consisten en un diseño especial que a continuación se mostrara.

Se representaran en este documento las mas comunes que son la losa simple T , por llevar una sola nervadura, doble T, TY, tria T y tetra T; estas tres ultimas se utilizan muy poco y por lo general se aplican a edificaciones del norte de nuestro país, donde la reglamentación es más estricta.

Losa simple T. "T"



Usos: Entrepisos, Cubiertas, Muros de Fachada, Pasos Peatonales, Puentes Vehiculares, etc.

#### Descripción

Es un elemento estructural de concreto presforzado diseñado para salvar claros con capacidad para soportar diversas sobrecargas.

Por sus características de utilización, la sección "T" le permite una gran libertad en el diseño de sus obras. La sección "T" utiliza comúnmente en sistemas de entresijos, cubiertas industriales, puentes, muros de fachadas, etc. con claros de hasta 32 metros. La sección "T" se fabrica en moldes metálicos o en concreto que pueden ser o no autopresforzantes, se curan a vapor, Por lo que ciclos de colado diario, en beneficio de un incremento en la productividad. Estas piezas se fabrican en diferentes anchos hasta 3 metros y tanto su peralte como su longitud pueden variar de acuerdo a sus requerimientos

En la elaboración de la sección "T" se emplean los siguientes materiales, bajo el más estricto control de calidad.

Concreto F' C=350 a 500 kg/cm<sup>2</sup>

Acero de refuerzo FY=4000kg/cm<sup>2</sup>

Acero de presfuerzo FSU=18900kg/cm<sup>2</sup>

Generalmente se cuenta con equipo y personal especializado para realizar el transporte y montaje de los elementos.

Losa- trabe "TY"



Uso: Elemento de Cubierta

#### Descripción

Son elementos de concreto presforzado de sección "TY" Se fabrican en moldes metálicos, que pueden permitir la variación del ángulo que forman las aletas con el nervio que generalmente es de 20° existiendo casos en que llega hasta

35° con respecto a la horizontal. Se curan a vapor para incrementar su productividad. Se pueden fabricar en diferentes anchos, peraltes y longitudes según se requiera.

Se emplean como elementos de cubierta para claros hasta de 30 metros una de sus aplicaciones es; como elementos de cubierta colocándolas una a continuación de otra, se obtiene una apariencia similar a la de la trabelesosa o placa plegada, o bien separándolas una cierta distancia y apoyándolas a diferentes niveles y colocando a los extremos de las aletas, lámina estructural de asbesto o metal, con lo que se consigue provocar el escurrimiento pluvial.

Se utilizan en industrias, centros comerciales, bodegas, talleres, laboratorios, etc.

Las obras donde se emplean estos elementos destacan por su rapidez de ejecución, sobre todo en cubiertas asociadas con lámina estructural ya que el montaje de los elementos en obra es bastante simple y rápido, su perfil transversal en forma de "Y" proporciona en forma natural una sección canalón que dadas sus dimensiones, satisface cualquier requerimiento de área hidráulica.

Losa "TT"



Uso: Entrepisos, Techos y Muros

Descripción

Losas nervadas pretensadas de gran flexibilidad de uso debido a sus características geométricas que le permiten salvar grandes claros con diversas capacidades de carga.

Las losas "TT" se utilizan como sistemas de entrepisos, techos y muros, para la edificación de edificios industriales, comerciales, habitacionales, centros deportivos, escuelas, etc.

Se fabrican en diferentes peraltes con anchos de patín de 250 y 300 centímetros. y longitudes de acuerdo al requerimiento de su proyecto. Las losas "TT" se fabrican en moldes metálicos bajo el más estricto control de calidad.

Las tria T, y la tetra T, funcionan de la misma forma que las doble T, solo que tienen obviamente mas nervaduras.



Molde de una losa doble T.

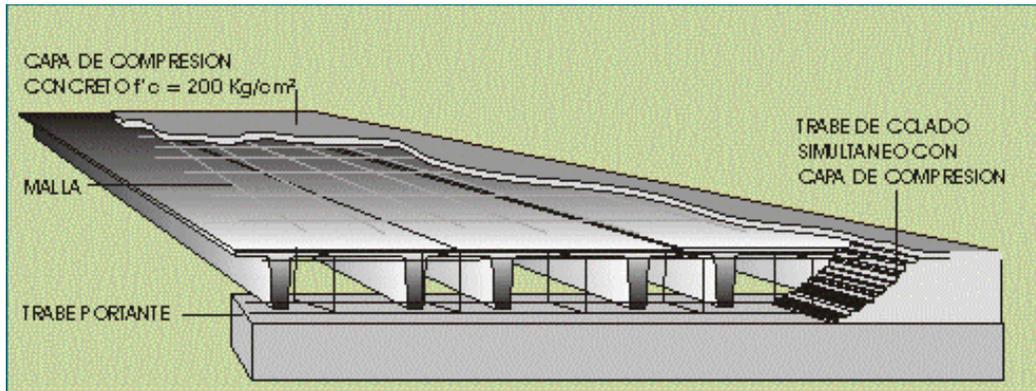
Se puede hacer con este molde también una losa simple T.

Y al acomodar dos molde como estos continuos, se pueden fabricar losas tri T y tetra T.



Losas simple T.

COLADOS COMPLEMENTARIOS.



4.7 BOMBEO DEL CONCRETO (Bombas para el colado complementario) PREMEZCLADOS

Actualmente, sobre todo en las grandes ciudades, presenciamos el auge de la construcción de edificios más altos, de más comercios y más habitaciones, lo cual ha llevado a la búsqueda de una mayor velocidad, exactitud y eficiencia en los costos de la colocación del concreto puesto que cada vez, con mayor exigencia, los propietarios requieren a los constructores acortar los tiempos de la terminación de las obras.

Junto con este requerimiento también se ha incrementado la demanda del concreto premezclado y la necesidad inevitable de una mejora en la tecnología de su distribución. En la medida que la necesidad de un equipo eficiente ha crecido, la industria del bombeo ha respondido favorablemente y las bombas modernas en sí mismas han jugado un papel muy importante en la calidad del concreto premezclado, hasta elevarla muy por arriba de otros materiales de construcción. Esto se debe en gran medida a que el bombeo asegura un flujo continuo y predecible del concreto permitiendo el control preciso de la dosificación, dando como resultado una opción suave y fluida que maximiza la utilización de la mano de obra durante el proceso de construcción.

Las grandes capacidades de producción del equipo avanzado de bombeo han puesto a la bomba en una categoría relevante. Dicho de manera simple, no existe otro método que pueda poner tanto concreto en su lugar tan rápidamente hasta 150 m3/hr y tan económicamente como una bomba. La colocación con una bomba de concreto garantiza que las cuadrillas de trabajadores tengan un buen desempeño a un ritmo efectivo y continuo, reduciéndose simultáneamente el tiempo total de descarga desde las mezcladoras de camión hasta 65 m3/hr (lo que está por mucho dentro de las capacidades de una bomba moderna).



El colado complementario sirve para darle rigidez al sistema de manera horizontal, y para llegar al nivel de piso terminado a la edificación, en caso de estacionamientos y para dejar preparado el firme donde se colocaran los pisos especiales, como es el caso de los entresijos.

Como se ve en la fotografía, las losas y llegan preparadas con un armado semi-ahogado, para recibir el siguiente armado que es la malla.

En la trabe te invertida (T-Inv), también lleva un armado semi-ahogado para colocar sobre ella dos varillas de harán que al momento de colar, ventana, nudos, malla, losas y traves, todo el sistema trabaja lo más monolíticamente posible.

## PREFABRICADOS EN MÉXICO

### MANUAL DE CONSTRUCCIÓN BASADO EN EL SISTEMA DE PREFABRICADOS EN CONCRETO



Este ejemplo es muy bueno.

Lo que se ha preparado para recibir el colado complementario es un piso de estacionamiento.

Observar que los topes se han agragado formando parte del colado (capa de compresión)



Una vez colado queda de la siguiente manera, solo hay que esperar que la química se lleve a cabo.



Así es como se ve una vez que se a endurecido el concreto.

Listo para seguir con muros de fachada e interiores, colocación de pisos, etc.

## CAPÍTULO 5

### MAQUINARIA Y EQUIPO MÁS IMPORTANTE DEL TRABAJO EN OBRA.

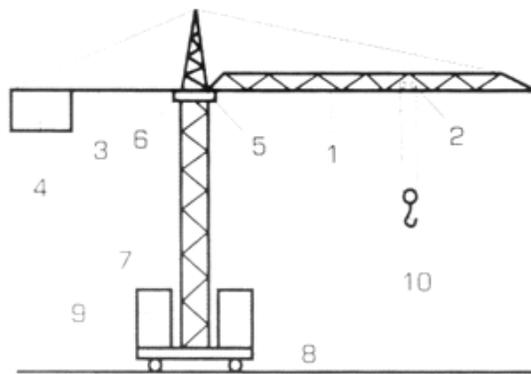
#### 5.1 GRÚA TORRE

##### 5.1.1 - Descripción:

Es un aparato de elevación de funcionamiento discontinuo, destinado a elevar y distribuir las cargas mediante un gancho suspendido de un cable, desplazándose por un carro a lo largo de una pluma.

La grúa es orientable y su soporte giratorio se monta sobre la parte superior de una torre vertical, cuya parte inferior se une a la base de la grúa. La grúa torre suele ser de instalación temporal, y esta concebida para soportar frecuentes montajes y desmontajes, así como traslados entre distintos emplazamientos. Se utiliza sobretodo en las obras de construcción.

Está constituida esencialmente por una torre metálica, con un brazo horizontal giratorio, los motores de orientación, elevación, distribución o traslación de la carga.



1. Pluma.
2. Carro de pluma.
3. Contrapluma.
4. Contrapeso.
5. Plataforma o soporte giratorio.
6. Corona de giro.
7. Torre.
8. Base.
9. Lastre.
10. Gancho.

La torre de la grúa puede empotrarse en el suelo, inmovilizada sin ruedas o bien desplazarse sobre vías rectas o curvas. Las operaciones de montaje deben ser realizadas por personal especializado. Asimismo las operaciones de mantenimiento y conservación se realizarán de acuerdo con las normas dadas por el fabricante.

La grúa se compone de tres partes: cabeza con brazos, torre desmontable y base. La primera, cabeza con brazos, esta dimensionada de acuerdo a la influencia de las características de cargas y alcances. La segunda, torre desmontable, esta dimensionada principalmente por la influencia de la característica de altura. La tercera esta afectada por la influencia de las dos anteriores y tiene como misión principal la estabilidad tanto durante la carga como cuando no esta funcionando la grúa. Para este punto también habrá que tener en cuenta la posibilidad de movilidad de la grúa.

#### 5.2. PARTES

##### Mástil:

Consiste en una estructura de celosía metálica de sección normalmente cuadrada, cuya principal misión es dotar a la grúa de altura suficiente. Normalmente esta formada por módulos de celosía que facilitan el transporte de la grúa. Para el montaje se unirán estos módulos, mediante tornillos, llegando todos unidos a la altura proyectada. Su forma y dimensión varía según las características necesarias de peso y altura.

En la parte superior del mástil se sitúa la zona giratoria que aporta a la grúa un movimiento de 360° horizontales. También según el modelo puede disponer de una cabina para su manejo por parte de un operario.

Para el acceso de operarios dispondrá de una escala metálica fijada a la estructura.



Flecha:

Es una estructura de celosía metálica de sección normalmente triangular, cuya principal misión es dotar a la grúa del radio o alcance necesario. Su forma y dimensión varía según las características necesarias de peso y longitud. También se le suele llamar pluma

Al igual que el mástil suele tener una estructura modular para facilitar su transporte.

Para desplazarse el personal especializado durante los trabajos de montaje, revisión y mantenimiento a lo largo de la flecha dispondrá de un elemento longitudinal, cable fiador, al que se pueda sujetar el mosquetón del cinturón de seguridad.



Contraflecha:

La longitud de la contraflecha oscila entre el 30 y el 35 % de la longitud de la pluma. Al final de la contraflecha se colocan los contrapesos. Esta unido al mástil en la zona opuesta a la unión con la flecha. Está formada una base robusta formada por varios perfiles metálicos, formando encima de ellos una especie de pasarela para facilitar el paso del personal desde el mástil hasta los contrapesos. Las secciones de los perfiles dependerán de los contrapesos que se van a colocar.



Contrapeso:

Son estructuras de hormigón prefabricado que se colocan para estabilizar el peso y la inercia que se produce en la flecha grúa. Deben estabilizar la grúa tanto en reposo como en funcionamiento.

Tanto estos bloques como los que forman el lastre deben de llevar identificado su peso de forma legible e indeleble.

Lastre:

Puede estar formada por una zapata enterrada o bien por varias piezas de hormigón prefabricado en la base de la grúa. Su misión es estabilizar la grúa frente al peso propio, al peso que pueda trasladar y a las condiciones ambientales adversas (viento).



Carro:

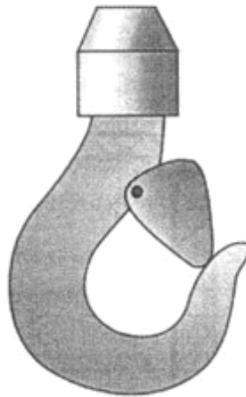
Consiste en un carro que se mueve a lo largo de la flecha a través de unos carriles. Este movimiento da la maniobrabilidad necesaria en la grúa. Es metálico de forma que soporte el peso a levantar.



Cables y gancho:

El cable de elevación es una de las partes más delicadas de la grúa y, para que dé un rendimiento adecuado, es preciso que sea usado y mantenido correctamente. Debe estar perfectamente tensado y se hará un seguimiento periódico para que, durante su enrollamiento en el tambor no se entrecruce, ya que daría lugar a aplastamientos.

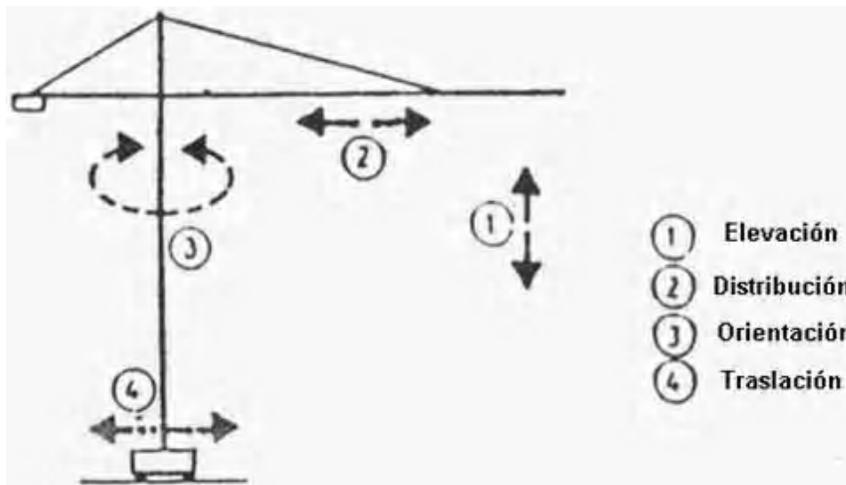
El gancho irá provisto de un dispositivo que permite la fácil entrada de cables de las eslingas y estrobo, y de forma automática los retenga impidiendo su salida si no se actúa manualmente.



Motores:

La grúa más genérica está formada por cuatromotores eléctricos:

- o Motor de elevación: permite el movimiento vertical de la carga.
- o Motor de distribución: da el movimiento del carro a lo largo de la pluma.
- o Motor de orientación: permite el giro de 360°, en el plano horizontal, de la estructura superior de la grúa.
- o Motor de translación: desplazamiento de la grúa, en su conjunto, sobre carriles. Para realizar este movimiento es necesario que la grúa este en reposo.



### 5.3.- CLASIFICACIÓN:

Dentro de los tipos aquí descritos puede hacerse nueva divisiones dependiendo de la capacidad de carga, la altura o la longitud de alcance de la flecha.

Grúa torre fija o estacionaria: Grúa torre cuya base no posee **medios** de translación o que poseyéndolos no son utilizables en el emplazamiento, o aquellas en que la base es una fundación o cualquier otro conjunto fijo.

Grúa torre desplazable en **servicio**: Es aquella cuya base está dotada de medios propios de traslación sobre carriles u otros medios y cuya altura máxima de montaje es tal que sin ningún medio de anclaje adicional sea estable tanto en servicio, como fuera de servicio, para las solicitaciones a las que vaya a estar sometida.

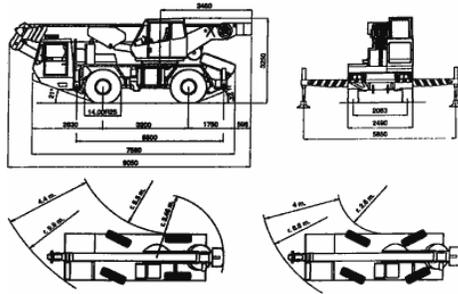
1. Grúa torre desmontable: Grúa torre, concebida para su utilización en las obras de construcción u otras aplicaciones, diseñada para soportar frecuentes montajes y desmontajes, así como traslados entre distintos emplazamientos.
2. Grúa torre autodesplegable: Grúa pluma orientable en la que la pluma se monta sobre la parte superior de una torre vertical orientable, donde su parte inferior se une a la base de la grúa a través de un soporte giratorio y que está provista de los accesorios necesarios para permitir un rápido plegado y desplegado de la torre y pluma.



3. Grúa torre autodesplegable monobloc: Grúa torre autodesplegable cuya torre está constituida por un solo bloque y que no requiere elementos estructurales adicionales para su instalación, que puede ir provista de ruedas para facilitar su desplazamiento.
4. Grúa torre trepadora: Grúa torre instalada sobre la estructura de una obra en curso de construcción y que se desplaza de abajo hacia arriba por sus propios medios al ritmo y medida que la construcción progresa



5.4 EQUIPOS PARA MONTAJE



RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN A ADOPTAR EN LA MANIPULACIÓN DE LA CARGA, DESCARGA Y ACOPIO DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO

Elementos de descarga.

Carretillas elevadoras.

Comprobar, en la placa de características, la capacidad de la carga en ningún caso será inferior a 2.000 Kg.

Longitud de las horquillas: Mínimo 1100 mm.

Separación mínima entre horquillas: 500 mm.

El suelo por el que circulen las carretillas deberá ser liso, estable y sin sustancias resbaladizas, libres de baches y objetos u obstáculos.

No se circulará con la cerretilla cargada a velocidades superiores a 10 Km./h. y la carga permanecerá a una altura no superior a 20 cm. y siempre con el mástil lo más inclinado hacia atrás posible.

Camiones pluma.

Comprobar, en el diagrama de cargas del equipo, que no se superan en ningún caso los pesos y distancias máximas.

Desde el puesto de mando, el operador verá en todo momento la carga y encaso de que no sea posible, la operación, se realizarán con la ayuda de uno o varios operarios de señales debidamente identificados y con conocimientos del lenguaje de signos.

Grúas Torre.

En ningún caso se superarán las distancias indicadas en el diagrama de cargas de equipo.

Desde el puesto de mando, el operador verá en todo momento la carga y en caso de que no sea posible, la operación, se realizarán con la ayuda de uno o varios operarios de señales debidamente identificados y con conocimientos del lenguaje de signos.

5.5 CARGA Y DESCARGA.

Lo que no debe hacerse jamás.

Cargar o descargar la paleta con cadenas o eslingas.

Tratar de cargar o descargar paletas que estén rotas o deterioradas.

Manipular la paleta con el film retráctil o el fleje, flojoy/o destensado.

Arrastrar las paletas una contra otra. En ningún caso se moverán las cargas palatizadas a golpes o tirones.

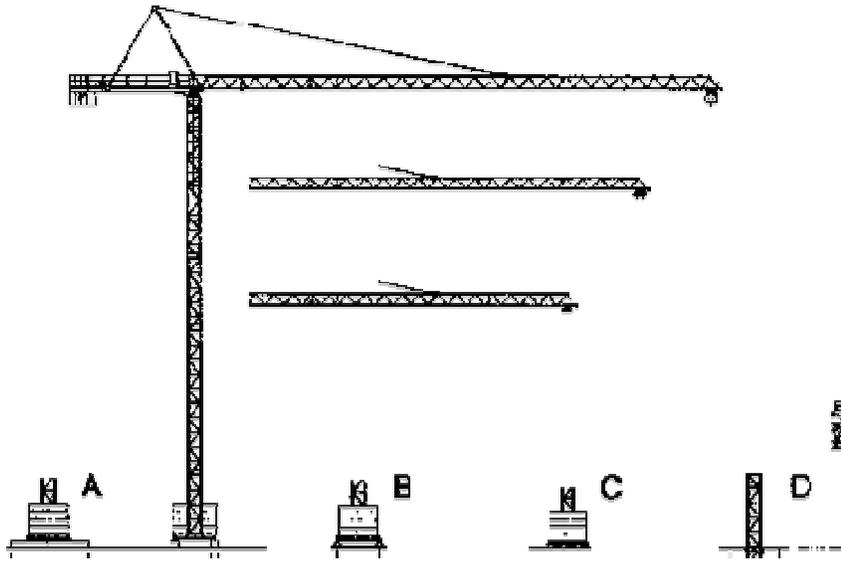
Las operaciones de carga y descarga se suspenderán con vientos superiores a los 60 Km./h.

No habrá personal alguno debajo de la zora de carga/descarga.

Las paletas no deberán inclinarse. Se mantendrán siempre a nivel.

5.6 ACOPIO Y ESTIVA.

- El pavimento sobre el que se realice la carga, descarga y estiva deberá estar en perfectas condiciones y soportar una carga no inferior a 2.500 Kg./m<sup>2</sup>.



| Modelo | Long. de la Pluma | Carga máx. en punta | Carga máx. |
|--------|-------------------|---------------------|------------|
| MR 45  | 42 Metros         | 1000 Kg.            | 2500 Kg.   |
| MR 60  | 45 Metros         | 1300 Kg.            | 2500 Kg.   |
| MR 75  | 48 Metros         | 1300 Kg.            | 2500 Kg.   |
| MR 93  | 54 Metros         | 1300 Kg.            | 6000 Kg.   |
| MR 99  | 58 Metros         | 1300 Kg.            | 6000 Kg.   |
| MR 123 | 60 Metros         | 1500 Kg.            | 8000 Kg.   |
| MR 153 | 63 Metros         | 1550 Kg.            | 8000 Kg.   |
| MR 183 | 66 Metros         | 1950 Kg.            | 10000 Kg.  |
| ER 180 | 60 Metros         | 2400 Kg.            | 12000 Kg.  |
| ER 240 | 70 Metros         | 2800 Kg.            | 14000 Kg.  |

## CAPÍTULO 6

### DE LA PLANTA DE FABRICACIÓN AL SITIO DE MONTAJE

#### 6.1 FABRICACIÓN

##### 6.1.1 Introducción

La fabricación de elementos prefabricados de concreto normalmente se lleva a cabo en plantas fijas de producción, las cuales cuentan con el equipo y personal especializado para elaborar, bajo estrictas normas de calidad, diferentes productos solicitados por la industria de la construcción. También se pueden prefabricar elementos a pie de obra, que por su peso, tamaño o condiciones propias de la obra requieren que sean fabricados en sitio.

Como ya se explicó en el Capítulo 2, el presfuerzo se puede dividir en dos grandes grupos de acuerdo al instante y método de aplicar la fuerza de presfuerzo al elemento: el Pretensado y el Postensado. En este capítulo nos referiremos al proceso que se lleva a cabo en la fabricación de elementos pretensados en planta y mencionaremos algunas variantes que se presentan en procesos postensados en obra.

##### 6.1.2 MATERIALES

Para iniciar cualquier proceso de producción se requiere de materia prima para la elaboración del producto. Las estructuras

y sus miembros componentes a que se refiere este manual son de concreto presforzado con tendones de acero, o de concreto prefabricado reforzado con tendones de acero estándar. El concreto empleado en dichos elementos es normalmente de resistencia más alta que el de las estructuras coladas en obra y sus características físicas se mencionaron en capítulos anteriores. El uso de acero de muy alta resistencia para el presfuerzo es necesario por razones físicas básicas explicadas en el Capítulo 2 de este manual.

Algunas consideraciones en cuanto al manejo de los materiales en una planta de fabricación se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Los agregados deben de manejarse y almacenarse de tal forma que aseguren la uniformidad en su granulometría y humedad. Si los agregados se almacenan en montones, éstos deberán ser casi horizontales o con muy pequeña pendiente. Se deben evitar montones de forma cónica o descargar los agregados de manera que éstos rueden por los lados de pendientes muy grandes pues esto provoca segregación.
- Para evitar que se mezclen los diferentes tipos de agregados es recomendable separarlos por paredes o a una distancia razonablemente amplia entre ellos.
- El agregado fino deberá manejarse húmedo, para minimizar que los finos se separen por acción del viento.
- Cuando se usa cemento a granel deberá almacenarse en silos sellados contra el agua, humedad y contaminantes externos. Los silos deberán de vaciarse completamente por lo menos una vez al mes para evitar que el cemento se compacte. Cada tipo, marca y color de cemento deberán de almacenarse separadamente.
- El cemento en bolsa deberá almacenarse en pilas sobre paletas de madera que eviten el contacto con la humedad y permitan la circulación del aire. Si las bolsas se almacenan por mucho tiempo deberán taparse con una cubierta impermeable. Se guardarán de tal forma que las primeras bolsas almacenadas sean las primeras en ser utilizadas.
- Para los aditivos y pigmentos cada fabricante, especifica la forma de almacenarlos. Seguir las indicaciones del fabricante seguirá el buen funcionamiento y durabilidad del producto.
- El acero de presfuerzo deberá almacenarse en lugares cubiertos o protegerlos con cubiertas impermeables para evitar la corrosión.



Vista de almacenaje y transporte de cemento a granel en una planta de producción.

### 6.1.3 EQUIPO E INSTALACIONES

El equipo y maquinaria necesarios para la elaboración de elementos prefabricados presforzados se enlista como sigue:

- Zonas de retoque, resane y de almacenaje.
- Extrusoras
- Silos de almacenamiento
- Mesas de colado, muertos y anclajes
- Moldes
- Dosificadora y mezcladora de concreto (en caso de fabricar el concreto en planta)
- Equipo para depositar el concreto en el molde como vachas y camión revolverdor
- Vibradores de concreto
- Catos hidráulicos y bomba para el tensado de los cables
- Máquinas soldadoras para elaboración de accesorios
- Talleres, equipo para cortar, doblar varillas, placas y accesorios metálicos.



Vista de las instalaciones para almacenaje y preparación de acero en planta

- Equipos para cortar los cables (cortadora o equipo de oxicorte)
- Grúas sobre camión o grúas pórtico para desmolde y transporte interno de elementos
- Equipo de transporte (Trailers con plataformas)
- Calderas y mangueras para suministrar vapor en el proceso de curado acelerado de los elementos y lonas para cubrirlos
- Equipo para llevar a cabo el control de calidad

del concreto y del producto terminado



Molde de concreto para trabe cajón

### MOLDES

Una planta de prefabricación deberá contar con las instalaciones propias para la elaboración de elementos de concreto de alta calidad. Para ello se requieren moldes que permitan al personal encargado de la producción, fabricar elementos que cumplan con las especificaciones de calidad y dimensiones del proyecto.

La apariencia en la superficie de cualquier elemento precolado está directamente relacionada con el material y la calidad de los moldes. Éstos se pueden hacer de materiales como madera, concreto, acero, plástico, fibra de vidrio con resinas de poliéster, yeso o una combinación de estos materiales. Para la fabricación de elementos estructurales, los moldes son generalmente de acero, concreto o

madera, siendo los otros materiales más usuales en la prefabricación de elementos arquitectónicos de fachada.

Los moldes deberán de construirse suficientemente rígidos para poder soportar su propio peso y la presión del concreto fresco, sin deformarse más allá de las tolerancias convencionales.

Los moldes de madera deberán ser sellados con materiales que prevengan la absorción. Los de concreto deberán tratarse con una membrana de poliuretano que tape el poro de la superficie para evitar la adherencia con el concreto fresco y permitir el desmolde de la pieza sin daños. Los de plástico no se deberán de usar cuando se anticipen temperaturas superiores a los 60 grados centígrados. Algunos plásticos son susceptibles a agentes desmoldantes por lo que deberá analizarse la factibilidad de su uso. Cuando se usen moldes de acero se asegurará que no exista corrosión, bordes de soldadura o desajustes en las juntas.



Molde metálico autotensable de sección "I"



Molde y mesa de colado de concreto presforzado para traveses doble T

### MESA DE COLADO

Las mesas de colado en una planta de prefabricados son líneas de producción de gran longitud. La longitud de las mesas varía de acuerdo a las limitaciones de las plantas entre 60 y 150 m dependiendo del tipo de elemento. El presforzado simultáneo de varios elementos a la vez en una misma mesa de colado tiene como resultado una gran economía de mano de obra, además de eliminar el costoso herraje del anclaje en los extremos, propios del postensado. Como se explicó, en el sistema de prefabricación pretensada los cables o torones de presfuerzo se anclan previamente al colado de la pieza. Estos soportes sobre los que se anclan los cables se llaman "muertos" y están localizados en los extremos de la mesa de colado. Los muertos son bloques de concreto enterrados en el suelo de dimensiones y peso tales que resisten por la acción de su peso el momento de volteo que produce la fuerza de tensado. Por el costo de los muertos y su condición de instalación fija se utilizan generalmente en líneas de producción de gran longitud. Entre los muertos se pueden colocar moldes totalmente fijos de acero, o moldes intercambiables de acero, madera o mixtos de acuerdo a la sección que se requiera fabricar.

Los moldes autotensables de acero descritos en el inciso 6.1.4 no requieren de muertos para soportar la fuerza de presfuerzo.

Solamente se deben fijar a una mesa de concreto que permita el movimiento longitudinal debido a la contracción y dilatación del molde en el caso de ser metálicos.

En el sistema de postensado, las mesas de colado no son tan largas, pues el colado generalmente se hace pieza por pieza. Solamente se requiere que la mesa sea una superficie plana, generalmente una plancha de concreto con suficiente rigidez para soportar las cargas debidas al molde, al colado y a las operaciones de desmolde.

### 6.1.4 PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN

- Colocación del fondo de la cimbra
- Desmoldante
- Colocación y tensado de torones
- Colocación de acero de refuerzo y estructural
- Colocación de costados con desmoldante
- Colado
- Vibrado (inmersión, molde vibrador, extrusoras)
- Cubierta con lonas y curado con vapor (6-10 horas)
- Revisión del  $f'c$  y cortado de torones (en orden)
- Descimbrado de costados
- Extracción y resane

- Almacenaje

### CURADO

Una de las principales ventajas de la prefabricación es la rapidez con la que se ejecutan las obras. Esto se debe en gran medida a la velocidad con la que se hacen los ciclos de colado de los elementos prefabricados. Para ello se requiere que el método de curado del concreto acelere las reacciones químicas que producen un concreto resistente y durable. El método de curado más utilizado en elementos prefabricados y especialmente en los pretensados es el curado a vapor. Con la aplicación de este método es posible la producción de elementos presforzados en forma económica y rápida al permitir la utilización diaria de los moldes.

El ciclo de curado con vapor es el siguiente:

- Después del colado se debe esperar de 3 a 4 horas hasta que el concreto alcance su fraguado inicial, protegiéndolo con una lona para evitar la deshidratación de la superficie
- Se eleva la temperatura hasta 33° ó 35° C durante una hora. En las siguientes 2 horas se elevará gradualmente hasta llegar a 70° u 80° C.
- El proceso de vaporizado durará de 6 a 8 horas manteniendo la temperatura entre 70° y 80° C.
- Seguirá un período de enfriamiento gradual cubriendo al elemento para lograr que el enfriamiento sea más lento y uniforme.
- La duración total del proceso es de aproximadamente 18 horas, lo que permite, como se mencionó anteriormente, la utilización del molde todos los días.



Vista de elementos curados a vapor

### DESMOLDE DE ELEMENTOS

Como se ha explicado en capítulos anteriores, en el sistema de pretensado se requiere que el concreto haya alcanzado la resistencia a la compresión  $f'_c$ , necesaria para resistir los esfuerzos debidos a la transferencia del presfuerzo al cortar los cables y liberar a las piezas para su extracción. Generalmente el valor de  $f'_{ci}$  se considera del 70 u 80 por ciento del  $f'_c$  de diseño. Es importante que el corte individual de los cables se haga simultáneamente en ambos extremos de la mesa y alternando cables con respecto al eje centroidal del elemento para transferir el presfuerzo uniformemente y evitar esfuerzos que produzcan grietas, alabeos o pandeo lateral.

El desmolde de los elementos precolados se realiza mediante el uso de grúas, marcos de carga, grúas pórtico o viajeras. Los elementos cuentan con accesorios de sujeción o izaje (orejas) diseñados para soportar el peso propio del elemento más la succión generada al momento de la extracción de la misma. Su localización está dada de acuerdo al diseño particular de la pieza que deberá especificarse en los planos de taller correspondientes.

Para tomar en cuenta las fuerzas en el elemento causadas por la succión y el impacto se utilizan como práctica común factores de incremento al peso propio de la pieza de acuerdo a la Tabla 6.1. Estos factores se usan en diseño por flexión de paneles y no se deben de aplicar a factores de seguridad en accesorios de izaje.



Desmolde de trabe cajón

Como se estudia en detalle en el Capítulo 2 de este manual, un elemento prefabricado deberá ser diseñado para los esfuerzos a los que será sometido durante cada fase de su existencia, que en muchas ocasiones son diferentes a los que tendrá cuando esté en su posición final. Las fases que se deben de considerar en el diseño son las siguientes:

1. Desmolde
2. Manejo en patio y almacenaje
3. Transporte al sitio de la obra
4. Montaje
5. Condición final

### Almacenaje y estibas

Un elemento deberá almacenarse soportado únicamente en dos apoyos localizados en o cerca de los puntos usados para izaje y manejo de la pieza. En caso de utilizar otros puntos de apoyo para el almacenaje de las piezas, deberá revisarse su comportamiento para dicha condición. Si por cuestiones de diseño se requieren más de dos apoyos, se deberá asegurar que el elemento no quede sin algún soporte debido a asentamientos diferenciales en los apoyos. Esto es particularmente importante en elementos presfuerzados donde el efecto del presfuerzo suele ser muy relevante.



Apoyos en almacenaje de trabes doble T

La diferencia de temperaturas entre las superficies de un elemento, especialmente en paneles de fachada de grandes dimensiones, pueden causar pandeo. Este pandeo no puede eliminarse totalmente pero puede

minimizarse manteniendo el panel lo más plano posible. El elemento deberá almacenarse en el patio orientado de tal forma que el Sol no sobrecaliente un solo lado.

Los elementos prefabricados almacenados en estibas deberán de separarse entre ellos por medio de barros o durmientes capaces de soportar el peso de los elementos. Los apoyos deberán alinearse verticalmente dejando libres y de fácil acceso a los accesorios de izaje. No se deben estibar elementos de distintos tamaños y longitudes sin antes revisar que el elemento inferior soporte la carga en el punto en el que se aplique.

6.1.5 TOLERANCIAS EN DIMENSIONES DE ELEMENTOS

Las siguientes figuras muestran las tolerancias dimensionales recomendadas para elementos precolados. Cabe hacer notar que cualquier modificación a la geometría del elemento ya sea por huecos, tapones o variaciones en las cargas, pueden modificar la contraflecha y exceder los límites establecidos. En estos casos se deberá recurrir al juicio del ingeniero o responsable de la obra.

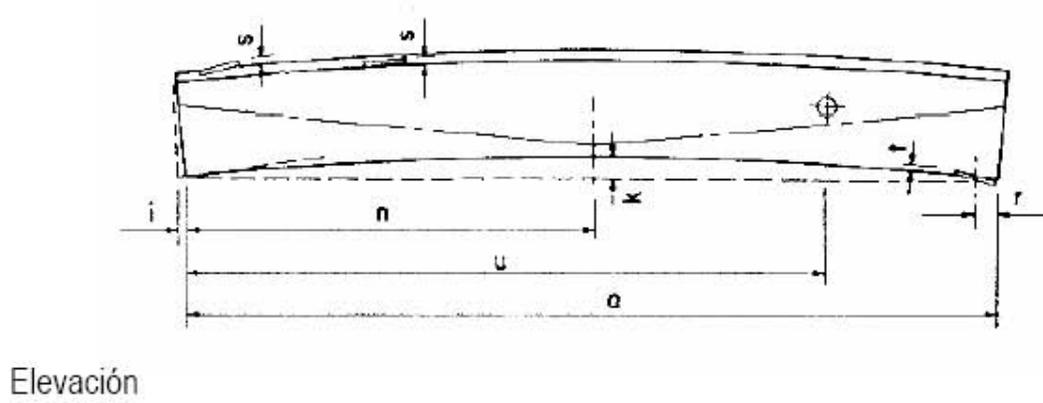
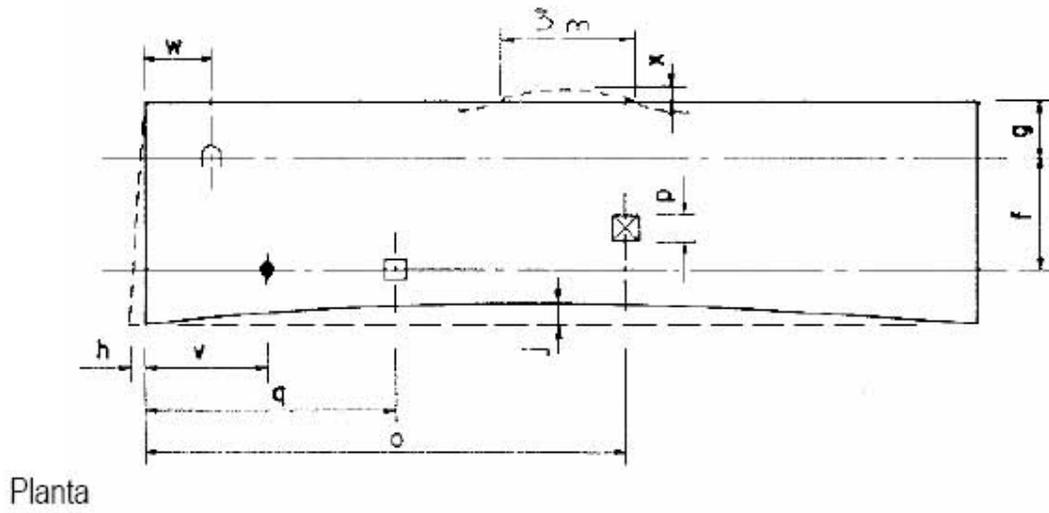
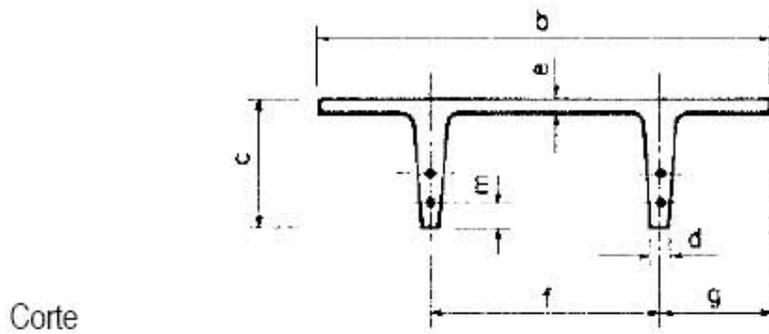
|   |   |
|---|---|
| <p>Doble T</p> <p>a = Longitud. . . . . ± 25 mm</p> <p>b = Ancho (total). . . . . ± 6 mm</p> <p>c = Peralte. . . . . ± 6 mm</p> <p>d = Ancho del nervio. . . . . ± 3 mm</p> <p>e = Espesor de la aleta. . . . . + 6 mm; - 3 mm</p> <p>f = Distancia entre nervios. . . . . ± 6 mm</p> <p>g = Distancia entre nervio y orilla de aleta superior. . . . . ± 6 mm</p> <p>h = Variación en la cuadratura o esviaje en la aleta. . . . . ± 3 mm por cada 300 mm de ancho; 13 mm máximo</p> <p>i = Variación en la verticalidad del nervio: más de 60 centímetros de peralte ± 13 mm<br/>60 centímetros o menos peralte ± 6 mm</p> <p>j = Corrimiento longitudinal: longitud hasta 12 m. . . . . ± 6 mm<br/>longitud entre 12 y 18 m. . . . . ± 9.5 mm<br/>mayor de 18 m. . . . . ± 13 mm</p> | <p>k = Variación en la contraflecha con respecto a la de diseño: ± 6 mm por cada 3 m<br/>± 19 mm máximo.</p> <p>m = Posición de tendones Individual. . . . . ± 6 mm<br/>Conjunto. . . . . ± 13 mm</p> <p>o = Posición de huecos. . . . . ± 25 mm</p> <p>p = Tamaño de huecos . . . . . ± 13 mm</p> <p>q = Posición de placas. . . . . ± 25 mm</p> <p>r = Posición placas de apoyo. . . . . ± 13 mm</p> <p>s = Ladeo o hundimiento de placas. . . . . ± 6 mm</p> <p>t = Ladeo o hundimiento de placas de apoyo. . . . . ± 3 mm</p> <p>u = Posición de ductos. . . . . ± 25 mm</p> <p>v = Posición de insertos para conexiones estructurales. . . . . ± 13 mm</p> <p>w = Posición de dispositivo de izaje Paralelo a la longitud. . . . . ± 150 mm<br/>Transversal a la longitud. . . . . ± 25 mm</p> <p>x = Deformación local. . . . . 6 mm en 3 m</p> |
|---|---|

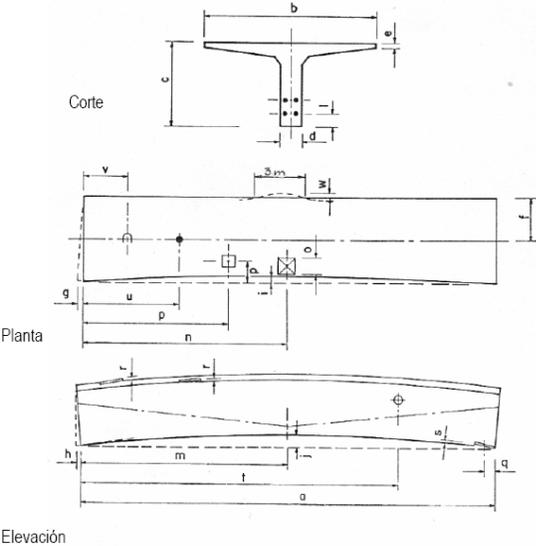


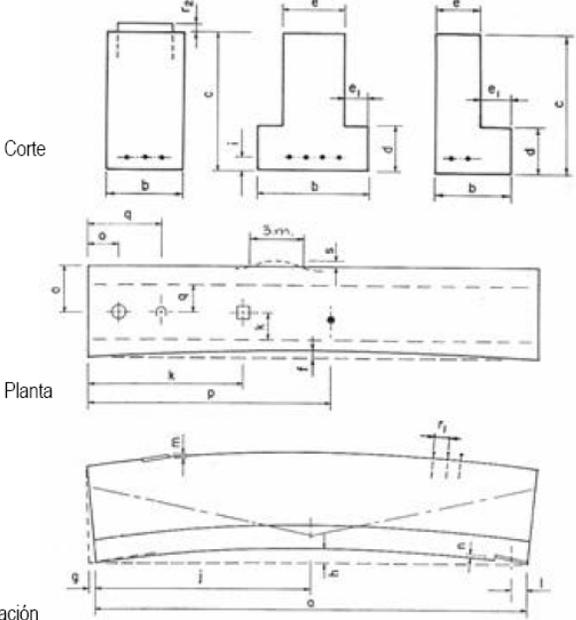
Viga doble T y molde



Almacenaje y estibas de vigas doble T

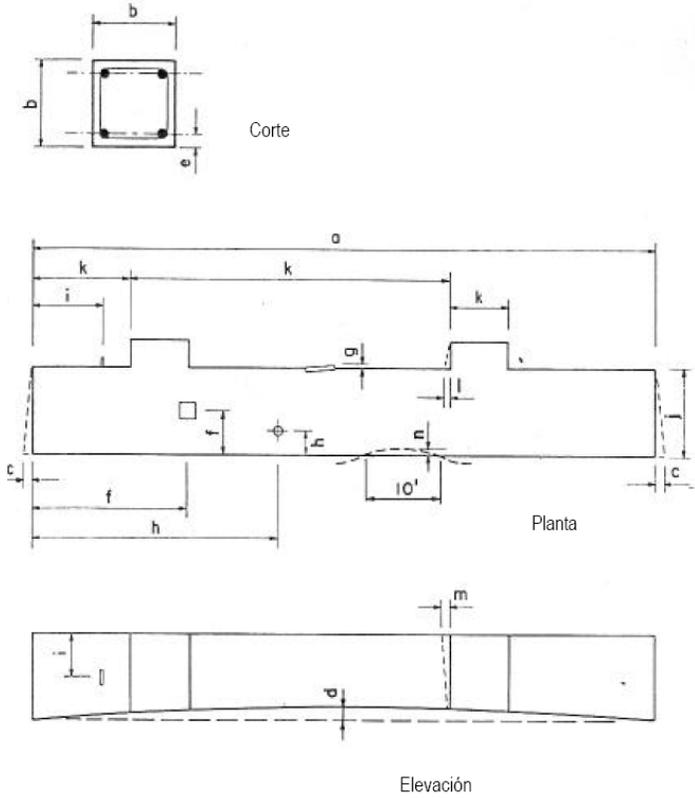
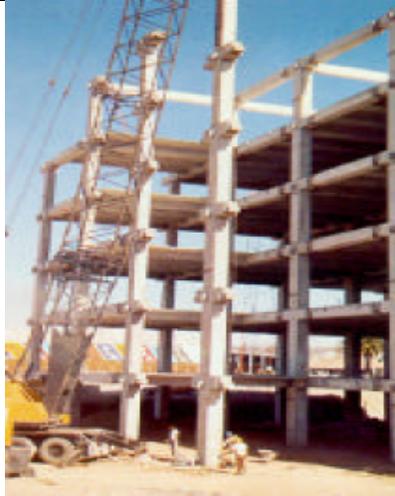


|  |   |
|--|---|
| <p>Sección T</p> <p>a = Longitud. . . . . ± 25 mm</p> <p>b = Ancho (total). . . . . ± 6 mm</p> <p>c = Peralte. . . . . ± 6 mm</p> <p>d = Ancho del nervio. . . . . ± 6 mm</p> <p>e = Espesor de la aleta + 6 mm; - 3 mm</p> <p>f = Distancia entre nervio y orilla de aleta superior. . . . . ± 6 mm</p> <p>g = Variación en la cuadratura o esviaje en la aleta. . . . . ± 3 mm por cada 300 mm de ancho; 13 mm máximo</p> <p>h = Variación en la verticalidad del nervio: más de 60 centímetros de peralte. . . . . ± 13 mm<br/>60 centímetros o menos peralte. . . . . ± 6 mm</p> <p>i = Corrimiento longitudinal longitud hasta 12 m. . . . . ± 6 mm<br/>longitud entre 12 y 18 m. . . . . ± 9.5 mm<br/>longitud mayor de 18 m . . . . . ± 13 mm</p> | <p>j = Variación de contraflecha con respecto a diseño: ± 6 mm por cada 3 m<br/>± 19 mm máximo</p> <p>l = Posición de tendones:<br/>Individual. . . . . ± 6 mm<br/>Conjunto. . . . . ± 13 mm</p> <p>n = Posición de huecos. . . . . ± 25 mm</p> <p>o = Tamaño de huecos . . . . . ± 13 mm</p> <p>p = Posición de placas. . . . . ± 25 mm</p> <p>q = Posición placas de apoyo. . . . . ± 13 mm</p> <p>r = Ladeo o hundimiento de placas. . . . . ± 6 mm</p> <p>s = Ladeo o hundimiento de placas de apoyo. . . . . ± 3 mm</p> <p>t = Posición de ductos. . . . . ± 25 mm</p> <p>u = Posición de insertos para conexiones estructurales. . . . . ± 13mm</p> <p>v = Posición de dispositivo de izaje Paralelo a la longitud. . . . . ± 150 mm<br/>Transversal a la longitud. . . . . ± 25 mm</p> <p>w = Deformación local. . . . . 6 mm en 3 m</p> |
|  <p>Trabe T</p>  |    |

|  |   |
|--|---|
| <p>Trabes</p> <p>a = Longitud. . . . . ± 19 mm</p> <p>b = Ancho (total). . . . . ± 6 mm</p> <p>c = Peralte . . . . . ± 6 mm</p> <p>d = Peralte del patín inf. . . . . ± 6 mm</p> <p>e = Ancho del alma . . . . . ± 6 mm</p> <p>e1 = Ancho del patín inf. . . . . ± 6 mm</p> <p>f = Corrimiento longitudinal:<br/>         longitud hasta 12 m. . . . . ± 6 mm<br/>         longitud entre 12 y 18 m. . . . . ± 13 mm<br/>         mayor de 18 m. . . . . ± 16 mm</p> <p>g = Variación en la verticalidad del extremo:<br/>         ± 3 mm por 300 mm de peralte<br/>         ± 13 mm máximo</p> <p>h = Variación de contraflecha con respecto a la de diseño:<br/>         ± 3 mm por cada 3 m<br/>         ± 19 mm máximo</p> | <p>i = Posición de tendones:<br/>         Individual. . . . . ± 6 mm<br/>         Conjunto. . . . . ± 13 mm</p> <p>k = Posición de placas. . . . . ± 25 mm</p> <p>l = Posición placas de apoyo. . . . . ± 13 mm</p> <p>m = Ladeo o hundimiento de placas. . . . . ± 6 mm</p> <p>n = Ladeo o hundimiento de placas de apoyo. . . . . ± 3 mm</p> <p>o = Posición de ductos. . . . . ± 25 mm</p> <p>p = Posición de insertos para conexiones estructurales. . . . . ± 13 mm</p> <p>q = Posición de dispositivo de izaje<br/>         Paralelo a la longitud. . . . . ± 300 mm<br/>         Transversal a la longitud. . . . . ± 13 mm</p> <p>r = Posición de estribos<br/>         r1 espaciamiento longitudinal. . . . . ± 50 mm<br/>         r2 proyección superficie. . . . . +6 mm; -13 mm</p> <p>s = Deformación local. . . . . 6 mm en 3 m</p> |
|    |    |
| <p>6.16 Trabes pretensadas portantes (arriba) y de rigidez (abajo)</p>   |   |

Columnas  
 a = Longitud. . . . . ± 13 mm  
 b = Dimensión de la sección. . . . . ± 6 mm  
 c = Variación en la verticalidad ó escuadra del extremo:  
 ± 3 mm por 300 mm  
 ± 9.5 mm máximo.  
 d = Corrimiento longitudinal (pandeo lateral)  
 3 mm por cada 3 m  
 ± 13 mm máximo  
 e = Posición de tendones . . . . . ± 6 mm  
 f = Posición de placas. . . . . ± 25 mm

g = Ladeo o hundimiento de placas. . . . . ± 6 mm  
 h = Posición de insertos para conexiones estructurales. . . . . ± 13 mm  
 i = Posición de dispositivo de izaje:  
 Paralelo a la longitud. . . . . ± 150 mm  
 Transversal a la longitud. . . . . ± 25 mm  
 j = Dimensión total de la base. . . . . ± 6 mm  
 k = Tamaño de ménsulas y localización. . . . . ± 6 mm  
 l = Variación en el apoyo. . . . . ± 3 mm  
 m = Variación en el apoyo:  
 ± 3 mm por 300 mm  
 ± 9.5 mm máximo  
 n = Deformación local. . . . . 6 mm en 3 m



Columna con ménsulas cortas (arriba) y largas (abajo)



### 6.2 TRANSPORTE

#### 6.2.1 Aspectos generales

Al seleccionar el proceso constructivo a utilizar en un proyecto, es necesaria la correcta evaluación del transporte. En gran medida, del resultado de esta evaluación se decide si los elementos serán fabricados en planta fija, en planta móvil o a pie de obra. La incidencia del costo del transporte en el costo total de la obra es directamente proporcional a la distancia por recorrer y a la complejidad del flete. En condiciones

normales, es aceptable que una obra que esté a menos de 350 km tenga un costo por transporte del 10 al 20 por ciento del costo total de los prefabricados.

Existen dos tipos de fletes: los que por sus características de peso y dimensiones se ejecutan con equipos de transporte ordinario y los que exceden el peso y dimensiones permitidos en las normas y reglamentos locales o federales. Los primeros se realizan con camiones o tractocamiones y plataformas, y los segundos con equipos de transporte especializado. Por los riesgos que implican el exceso de peso y dimensiones, estas maniobras las deben realizar empresas que cuentan con registro en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

#### 6.2.2 EQUIPOS DE TRANSPORTE ESPECIALIZADO

##### TIPOS Y CAPACIDADES

Para realizar fletes se utilizan combinaciones vehiculares de tractocamiones acoplados a semirremolques. A continuación se define una clasificación atendiendo a su tipo. Se incluyen los más comunes usados en México.

Tractocamión (T): Vehículo automotor destinado a soportar y arrastrar semirremolques y remolques. Normalmente se utilizan vehículos con motores diesel.



Tractocamión con semirremolque acoplado

Semirremolque (S): Vehículo o plataforma sin eje delantero unido a un tractocamión de manera que sea jalado y parte de su peso sea soportado por éste. Es posible también utilizarlos separados del tractocamión pero unidos a traves de grandes dimensiones.

Tractocamión con semirremolque unido a trabe

Remolque (R): Vehículo o plataforma con eje delantero y trasero no dotado de medios de propulsión y destinado a ser jalado por un vehículo automotor o acoplado a un semirremolque.



Módulo (M): Plataformas acoplables longitudinal y lateralmente, con ejes direccionales y suspensión hidráulica o neumática.

Módulo direccional de 5 ejes (M5)

para 65 toneladas

Patín delantero (PD) Y Patín trasero (PT): Bastidores de uno o más ejes con llantas para transferir carga; también conocidos como "dollys". En ocasiones, estos dollys tienen dirección propia para facilitar las maniobras.

Grúa industrial (GI): Máquina de diseño especial autopropulsable o montada sobre un vehículo para efectuar maniobras de carga, descarga, montaje y desmontaje.

Unidad piloto (UP): Vehículo de motor dotado de una torreta y señales de advertencia para conducir y abanderar el tránsito de las grúas industriales o las combinaciones vehiculares por los caminos y puentes.

Las combinaciones vehiculares especiales podrán aceptarse cuando se trate del transporte de carga indivisible (es decir, una sola viga) con peso útil menor a 90 toneladas. El transportista deberá demostrar con una memoria de cálculo la distribución de cargas de la combinación y que la carga se desplaza con seguridad considerando las características geométricas de la ruta que se seguirá.



Vista de un patín trasero

Unidad piloto

Dependiendo de la ruta a tomar, el transportista deberá respetar las normas y reglamentos que se encuentren en vigor en las entidades por las que transitará, de tal forma que si los viajes no son locales deberá respetar la norma que corresponde al transporte de objetos indivisibles de gran peso o volumen, peso y dimensiones de las combinaciones vehiculares de las grúas industriales y su tránsito por caminos y puentes de jurisdicción federal. Además, deberá respetar la Ley de caminos, puentes y autotransporte federal, el reglamento de autotransporte federal y servicios auxiliares, el reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal.

La norma que trata sobre el “Peso y Dimensiones Máximas con los que pueden Circular los Vehículos de Autotransporte que transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal”. La dimensión máxima de una combinación vehicular para transitar en condiciones ordinarias es 20.8 m por lo que al restarle la dimensión del tractocamión resulta una pieza de 15.8 m. El peso útil máximo permitido es 26.4 toneladas, de tal forma que toda pieza que exceda estas cantidades tendrá que ser transportada por una compañía que cuente con el servicio especializado de carga. Para ello, la norma dicta restricciones. Entre las más importantes están:

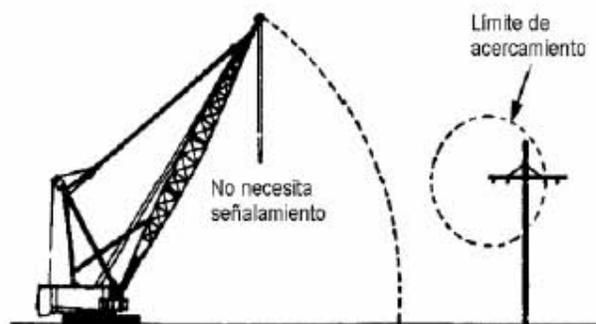
- 1) Los transportes se sujetarán a los siguientes horarios: de lunes a viernes, con luz diurna y en la noche de 0:00 a 06:00 horas, y los sábados de 06:00 a 14:00; durante vacaciones normalmente se restringen los permisos.
- 2) Las combinaciones vehiculares especiales no podrán transitar en convoy.
- 3) Las rutas deben estar previstas y señaladas en el permiso y sólo podrán modificarse en caso de emergencia.
- 4) Dependiendo de las dimensiones deben llevar una o dos unidades piloto las cuales deben conducir, abanderar y apoyar la logística de la transportación. Éstas deben cumplir con una serie de especificaciones técnicas y de operación referentes a color, iluminación, señalización, avisos y características físicas, entre otras.
- 5) En condiciones climatológicas adversas, la combinación debe detenerse en un sitio seguro hasta que éstas sean favorables para continuar.
- 6) Todas las unidades deberán transitar con las torretas y los faros principales encendidos.
- 7) Dependiendo de la combinación vehicular y del tipo de carreteras, se especifican velocidades máximas y cargas máximas por llanta y por eje; dependiendo de las cargas, se especifican otros aspectos como la distancia entre ejes internos y la altura del centro de gravedad de la carga.

### SEGURIDAD

Para no correr riesgos es importante observar las disposiciones de señalización y abanderamiento que exige la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Por su peso, la cantidad de energía liberada en una colisión es muy grande; además, siempre será más difícil detener vehículos con cargas y dimensiones excesivas.

En los accesos a las obras es conveniente tener señalizaciones adicionales y bandereros para auxiliar a los operadores y maniobristas. Los terraplenes y terracerías deben estar nivelados y bien compactados para evitar hundimientos o que se atasque el equipo.

En ocasiones existen sitios en la ruta por donde no pasa la combinación vehicular; sin embargo, existe la posibilidad de “colear”, es decir, auxiliar la maniobra levantando con una grúa la parte posterior del elemento. Para esto es necesario que el área cercana esté libre de cables y obstáculos. Resulta muy peligroso aproximarse a cables de alta tensión pues, dependiendo de las condiciones de humedad, intensidad y voltaje, a distancias menores a 1.50 m se puede formar un



arco y transmitir la corriente al equipo

Límite de acercamiento de los equipos con líneas conductoras de electricidad

Cuando se requieren permisos especiales de otras dependencias como Ferrocarriles, Comisión Federal de Electricidad y policías Municipales entre otros, resulta conveniente programar y coordinar los trabajos con anticipación para evitar tiempos muertos de tractocamiones o grúas.

### ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS

Existen accesorios y herramientas adicionales como mangueras de sistema de frenos de mayor longitud que las convencionales para remolques o patines traseros, extensiones para luces y torretas, letreros según lo marca la norma y cadenas y gatas para aseguramiento de la carga, entre otros.

Para la conducción de una combinación que requiera de unidad piloto, es conveniente que se cuente con sistemas de radio-comunicación.

Para maniobras complejas existen dollys o módulos direccionales que permiten maniobrabilidad en los patines traseros. También es frecuente que cuando en el acceso a una obra no hay espacio suficiente, se realicen maniobras con dos tractocamiones "espalda con espalda". Para operar los equipos direccionales se debe contar con herramientas y equipo especial.

### 6.2.3 CONSIDERACIONES ADICIONALES DE ANÁLISIS

Puntos de apoyo: Al transportar las piezas prefabricadas deben estar apoyadas exclusivamente en los puntos considerados desde el diseño, de lo contrario, pueden sufrir daños.

Asimismo, en caso de formar estibas o tongas, los apoyos de las camas superiores deben coincidir perfectamente con los de las camas inferiores para evitar distribuciones de esfuerzos y momentos distintas a las consideradas en el análisis. Al colocar las piezas en las unidades de transporte se deben apoyar sobre elementos de madera o en apoyos especialmente diseñados para ello.

Lo más común es que los elementos prefabricados estén diseñados para apoyarse simplemente en sus extremos; sin embargo, por maniobrabilidad en el transporte, en ocasiones se requiere meter hacia adelante el patín trasero o colocar el

apoyo posterior en voladizo. Al hacer esto, se genera un momento negativo que, sumado al que genera el presfuerzo, debe ser contrarrestado con acero de refuerzo ordinario.



Grúa telescópica

### 6.3 MONTAJE

#### 6.3.1 Generalidades

En las obras prefabricadas, el montaje representa entre 10 y 30 por ciento del costo total de la obra. En términos generales, mientras mayor sea el volumen de la obra, menor será el costo relativo del montaje.

Sin embargo, hay que considerar que los equipos de montaje por ser especializados y generalmente de gran capacidad, tienen costos horarios elevados, por lo que resulta indispensable una buena planeación de todas las actividades. Para la elección adecuada del equipo hay que considerar, entre otras cosas, que la capacidad nominal con la que se le denomina comercialmente a una grúa es la carga máxima que soportará pero con el mínimo radio y a la menor altura. Es obvio que la capacidad nominal de una grúa siempre tendrá que ser mayor que la carga más grande a mover. Esta capacidad disminuirá proporcionalmente a la distancia a lanzar el elemento a partir del centro de giro de la grúa, y a la altura a levantarlo.

Los rangos de capacidad se basan en condiciones ideales:

- 1) Nivel de piso firme
- 2) Viento en calma
- 3) No llevar la carga lateralmente ni balanceándose
- 4) Buena visibilidad
- 5) La maquinaria debe estar en buenas condiciones, que no tenga miembros estructurales ni dañados ni fatigados y debe estar equipada como "recién salida de la fábrica".



Montaje de columnas en candelerero

Grúa estructural o de celosía



Montaje de columnas en vaina

### FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD EN EL MONTAJE

A continuación enunciamos situaciones que podrían presentarse ocasionando retrasos en los ciclos de operación (transporte y montaje), generando tiempos muertos de equipo y por tanto, costos adicionales.

a) Factores de planeación y organización:

- 1) Falta de seguimiento y programación adecuada del transporte, de lo que depende el inicio y fin de un montaje. Para esto se requiere de un tiempo holgado para fabricación

- 2) Días feriados y períodos vacacionales, en los que no se puede transportar con exceso de dimensiones
- 3) Fallas de coordinación al subcontratar servicio de transporte separado del de montaje



- 4) Falta de tractocamiones suficientes para cumplir a tiempo con el programa de transporte y montaje
- 5) Personal de montaje insuficiente. Se recomienda considerar 2 ayudantes de montaje para traveses, 4 para muro y 3 para losas, agregando a los anteriores un encargado de montaje por frente
- 6) En obras foráneas, los días lunes y sábado no son aprovechados ya que el personal los ocupa en traslados
- 7) Falta de personal capacitado para montajes
- 8) Falta de coordinación con las brigadas de soldadura o cualquier otro trabajo de campo interconectado con el montaje
- 9) Los cambios de frente o cambios del programa inicial generan falta de continuidad en los trabajos de montaje ya que en cada cambio se requiere recoger, trasladar e instalar nuevamente el equipo, generándose demoras en el tiempo de montaje y problemas en las cargas a camión y en estibas en la planta y obra
- 10) Realización de dobles maniobras cuando es necesario almacenar los elementos en obra hasta que se den las condiciones apropiadas para el montaje

b) Condiciones especiales de la obra:

- 1) Accesos con obstáculos o con insuficiente área libre para maniobras de montaje; por ejemplo cables de alta tensión próximos a la pluma o a un estrobo, cable de teléfono y otros elementos de la obra que estorben
- 2) Obstáculos operacionales de la obra como horario o permiso

especial para tráfico vehicular o ferroviario, o cuando el constructor requiere estar operando en otra actividad en la misma zona de la obra

- 3) Con horario de montaje nocturno la eficiencia baja por rendimiento de personal y por falta de visibilidad
- 4) Cuando por transporte se requiere colear las piezas donde se necesitan permisos y horarios especiales, mismos que a veces no son previsibles, por lo que las grúas y camiones deben de esperar en el lugar de la maniobra durante varias horas o días
- 5) Terraplenes cuya compactación no es adecuada para el equipo pesado. Por lo general las plataformas realizadas sobre río son deficientes. Generalmente se solicita que los terraplenes tengan una compactación del 80 al 90 por ciento Proctor para soportar las descargas de una grúa o del tránsito de un tractocamión
- 6) Condiciones no adecuadas de los apoyos, irregularidades o falta de trazo de nivel o de alineamiento
- 7) Dificultad para el ascenso del personal al área de posición final de los elementos
- 8) Cuando el montaje no es con la grúa al centro del claro, aumentará la dificultad proporcionalmente a la distancia a lanzar

c) Condiciones intrínsecas del proyecto:

- 1) Cantidad, peso y dimensiones de las piezas, lo cual determina el número de piezas por viaje y, por lo tanto, la cantidad de viajes
- 2) Piezas esviadas o con desnivel
- 3) Holguras escasas o nulas entre pieza y pieza
- 4) La soldadura de campo y la instalación de accesorios en obra, generan más tiempo en el montaje
- 5) Colados in situ intermedios de piezas prefabricadas como conexiones de traveses, colados de bancos de nivel
- 6) Recortes y formas especiales para conexiones complejas
- 7) Ganchos de izaje fuera del eje de gravedad de la pieza
- 8) Mientras mayor sea el peso de los elementos el tiempo requerido es mayor
- 9) La falta de uniformidad en las piezas genera posibles errores, mayor trabajo de coordinación y a menudo maniobras dobles.

La estandarización facilita los trabajos

- 10) Mientras la operación requiera de mayor altura, por la altura misma del edificio o por algún obstáculo a librar, se requiere de más tiempo
- 11) En ocasiones cuando el acceso es limitado, se introducen las trabes mediante dos tractocamiones espalda con espalda, ésta maniobra es muy complicada y hay que considerar triples maniobras de carga a camión y descarga a piso, más el tránsito de la grúa de la obra al principio del acceso
- 12) Los montajes a dos grúas (lanzados o coordinados) requieren de mucho mayor tiempo, además de una perfecta coordinación entre operadores de grúas, tractocamiones, constructor y en ocasiones autoridades
- 13) El armado o desarmado de plumas de celosía con tramo de 18 metros tarda aproximadamente 2 horas, más media hora por cada tramo excedente de 6 m. Este tiempo se debe agregar para obtener el tiempo total de maniobra
- 14) La experiencia ha demostrado que por diversos motivos, las primeras piezas de una obra, se tardarán de 3 a 4 veces más del tiempo previsto, y en cada cambio de tipo de piezas se demorarán de 2 a 3 veces más del tiempo previsto, por eso la importancia de uniformizar

d) Imponderables:

- 1) La soldadura de campo debe suspenderse totalmente cuando llueve
- 2) Las condiciones climatológicas adversas retrasan el transporte y montaje, sobre todo en accesos de terracería
- 3) Condiciones físicas deficientes de las vías de comunicación, lo que se acentúa en lugares remotos
- 4) Fallas de proyecto, defectos de fabricación o accidentes durante el transporte

### CAPÍTULO 7

#### FINANZAS Y COSTOS DE UNA OBRA PREFABRICADA

##### INTRODUCCIÓN

Este aspecto es el decisivo para elegir el procedimiento constructivo en un proyecto. Al tener el costo de las alternativas del proyecto se debe de conocer el tiempo de construcción de cada uno de ellos.

El aspecto financiero está en función del tiempo de ejecución, costo del dinero de inversión, tiempo para recuperarla; costo de las horas hombre en traslados y se deduce que el de obra más rentable siempre será la prefabricada, ya sea pretensada o postensada.

##### 7.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS

###### VENTAJAS:

- Mejores materiales a emplear: Concreto de  $f'c > 300 \text{ kg/cm}^2$ , Aceros  $f_y > 16000 \text{ kg/cm}^2$
- Mayor control de calidad
- Curado con vapor
- Se aprovechan tiempos muertos de obra en producir los elementos. Por ejemplo, durante la excavación o preparación de la misma, se producen las zapatas, columnas, traveses, losas, etc.
- Reducción de personal de obra (fierros, albañiles, carpinteros).
- Menor tiempo de ejecución. La recuperación de la inversión empieza más rápido (por ejemplo, una tienda comercial hace ventas desde el momento de la apertura).
- Se elimina el 95% de la cimbrado de contacto.
- Mejores acabados de la obra (pueden quedar integrados).
- Uso repetitivo de moldes metálicos de buena calidad (a la larga es económico).
- Al usar elementos pretensados la relación claro/peralte puede ser entre 25 y 40 veces dependiendo de los elementos (por ejemplo, traveses, losas).

###### DESVENTAJAS:

- Mayor detalle en planos de construcción y montaje.
- Mayor planeación (estudio en tiempo y movimientos de maquinaria y transporte).
- La inversión se hace en menos tiempo.
- Se requiere maquinaria pesada (tractocamión, grúas, etc.)
- Mano de obra especializada
- Se requiere espacio para maniobras en las obras.
- La inversión en moldes metálicos es muy alta
- Son elementos pesados, se requiere equipo para maniobras, como grúas torre, etc.

##### 7.2 ALTERNATIVAS PARA SISTEMAS DE PISO DE EDIFICIOS

Analicemos tres alternativas, dos independientes y una mixta: (1) Sistema Tradicional: armado, cimbrado y colado todo en sitio; (2) Sistema Prefabricado: producido en planta, montados y colados finales en obra y, (3) Sistema Mixto: traveses y columnas son armadas, cimbradas y coladas en sitio, las losas son prefabricadas.

###### 1a. ALTERNATIVA: SISTEMA TRADICIONAL

Este sistema es el más tardado, aunque los programas de ejecución hayan sido hechos por ruta crítica y es por lo siguiente:

En el sitio de la obra hay que hacer todos los trabajos y en orden secuencial por ejemplo:

1a. Etapa. Limpieza del terreno, trazo, excavación, armados, cimbrados y colado en cimentación. Puede haber actividades simultáneas, como habilitar el acero e inclusive armar parte o todo, habilitado de la madera en cimbras, etc.

2a. Etapa. Armado, cimbrado y colado de columnas.

3a. Etapa. Cimbra de traves y losa, armado de estas y colado (si la superficie es grande, esta se puede dividir en partes).

4a. Etapa. Se repite la 2a. Etapa.

5a. Etapa. Se repite la 3a. Etapa y así sucesivamente hasta la terminación.

2a. ALTERNATIVA: SISTEMA PREFABRICADO

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

1a. Etapa. Lugar de la Obra. Se procede a construir la cimentación que es: limpieza del terreno, trazo, excavación, armados, cimbrado y colado y el tiempo es prácticamente igual a la primera alternativa.

La variante es que mientras se ejecuta esta etapa, en la Planta de Prefabricados se están procesando todos los elementos que constituyen la estructura y son: columnas, traves, losas de todos los niveles y se van transportando al lugar de la obra para que se monten y se hagan los colados finales, según se requieran (programa de montaje).

2a. Etapa. Colocación de columnas en su candelero, colocación de traves portantes y de rigidez, colocación del sistema de losa, colado de la losa de compresión y detalles.

3a. Etapa. Si la longitud de las columnas abarca varios niveles en la 2a. Etapa, entonces en esta se reduce solo a traves portantes, rigidez y losas y así sucesivamente hasta la terminación.

4a. Etapa. Se repite la 2a. Etapa.

5a. Etapa. Se repite la 3a. Etapa y así sucesivamente hasta la ejecución total.

REITERANDO: LAS DIFERENCIAS SUBSTANCIALES ENTRE LAS ALTERNATIVAS SON:

La 1a. alternativa es un procedimiento constructivo que todos conocen, tiene gran tecnología, es el procedimiento que más tiempo consume, se requiere de toda la cimbra para cada etapa, todo el armado es en el sitio, el volumen de concreto por colar es el mayor, requiere mucha mano de obra (albañiles) y requiere de mucha supervisión.

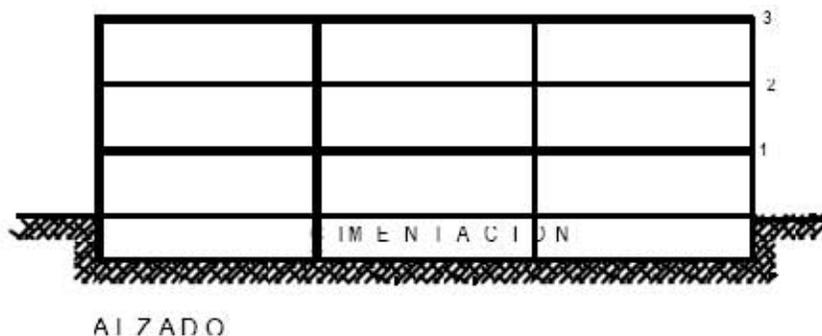
En la 2a. Alternativa la diferencia substancial es que mientras se ejecuta la 1a. Etapa (cimentación) se está procesando toda la estructura, en la planta de prefabricados, el personal es calificado (obreros), las cimbras por lo general son metálicas, se cuenta con equipo para el habilitado del acero, los curados del concreto se cumplen, algunas plantas usan el curado a base de vapor de agua, el control de calidad es muy superior, la eficiencia en los procesos es alta. Se pueden integrar los acabados a las traves y columnas. Si se requiere se pueden presforzar algunos elementos. Se reduce el tiempo de construcción.

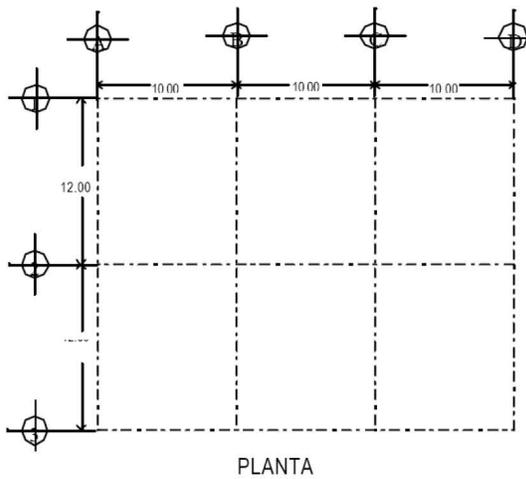
3a. Alternativa: Sólo las losas son prefabricadas y pueden ser reforzadas o presforzadas. En comparación con la Alternativa No.1 se ahorra toda la cimbra de contacto, reduciendo costos y tiempo de ejecución.

EJEMPLO:

Para ilustrar estas alternativas, analicemos el siguiente problema.

Se pretende construir un edificio de 3 niveles para usarse como estacionamiento en un terreno de 24 x 30 m, se estructura de la siguiente manera:





7.3 TIEMPOS DE EJECUCIÓN

En las Tablas 7.1 a 7.3 se indican los tiempos de ejecución de obra estimados para tres alternativas. Mientras que el sistema prefabricado se lleva 11 semanas, los sistemas mixto y tradicional se toman 13 y 14 semanas, respectivamente.

Tabla 7.1 Tiempos de ejecución de primera alternativa (Sistema Tradicional)

| Etapa | Semanas | Actividades   |
|-------|---------|---|
| 1     | 4       | Cimentación, trazo, excavación, armado, colado y firme 1er. Nivel             |
| 2     | 1       | Armados, cimbrados, y colados de columnas                                     |
| 3     | 4       | Fondos y armado de trabes, cimbrado de losa (360 m2), armado de ésta y colado |
| 4     | 1       | Se repite etapa 2 en segundo nivel  |
| 5     | 4       | Se repite etapa 3 en segundo nivel  |
| Total | 14      |   |

Tabla 7.2 Tiempos de ejecución de segunda alternativa (Sistema Prefabricado)

| Etapa | Semanas | Actividades                              |
|-------|---------|--|
| 1     | 2       | Limpieza, trazo y excavación             |
|       | 2       | Armado, colados y firmes                 |
| 2     | 1       | Montaje de columnas en los tres niveles  |
| 3     | 1       | Montaje de trabes, montaje de columnas y |
|       | 1       | Colado                                   |
| 4     | 4       | Se repite la etapa 3 dos veces           |
| Total | 11      |  |

Tabla 7.3 Tiempos de ejecución de tercera alternativa (Sistema Mixto)

| Etapa | Semanas | Actividades  |
|-------|---------|--|
| 1     | 2       | Limpieza, trazo y excavación   |
|       | 2       | Armado, colado y formes  |
| 2     | 1       | Montaje de columnas en los tres niveles  |
| 3     | 2       | Fondos de trabes, armado y colocación de Vigueta y Bovedilla, malla y colado de la primera mitad |
| 4     | 3       | Se repiten para el segundo nivel   |
| 5     | 3       | Se repiten para el tercer nivel  |
| Total | 13      |  |

7.4 COSTOS

Al usar elementos prefabricados en losas, los costos son menores que al utilizar elementos como la vigueta y bovedilla, ya que se elimina la cimbra de contacto que puede ser de un tercio del costo de la losa maciza colada en obra.

Otro caso puede ser el usar losas prefabricadas completas (del tamaño del tablero, cuartos, etc.). En el colado con moldes metálicos el costo de fabricación tiene estas variantes, pero el uso del molde dicho costo es bajo (por ser repetitivo); por el refuerzo es más caro ya que hay que considerar en las juntas perimetrales con las cadenas, además hay que revisar el tablero por izaje para transportar y colocar en su sitio y esta si requiere un apuntalamiento provisional, el ahorro está en que su acabado es aparente, pudiéndose pintar directamente y a su vez ahorrar en la limpieza de la obra, ya que no habría yeso ni tirol y la velocidad de montaje es muy rápida.

El costo aquí se puede ver que como losa prefabricada puede ser más cara que la losa maciza, pero al considerar la velocidad y limpieza de la obra resulta ser más económica.

|  |  |
|--|--|
| <p><b>LOSAS EN CLAROS DE 3 X 3 M</b></p> <p>Losa maciza<br/>                 Cimbra (madera y mano de obra) \$ 40.00<br/>                 Armado 6 Kg.(acero y mano de obra) \$ 30.00<br/>                 Colado 10 cm(concreto y mano de obra) \$ 70.00<br/>                 Total / m<sup>2</sup> \$ 140.00</p> <p>Losa de Vigüeta y Bovedilla de Cemento Arena<br/>                 Apuntalamiento \$ 5.00<br/>                 Vigüeta y Bovedilla (material) \$ 60.00<br/>                 Vigüeta y Bovedilla (colocación) \$ 10.00<br/>                 Malla (material y mano de obra) \$ 4.00<br/>                 Concreto 5.5 (colado) \$ 38.50<br/>                 Total / m<sup>2</sup> \$ 117.50</p> |  |
| <p>Losa de Vigüeta y Módulos Recuperables (Premex-Cimbra)<br/>                 Apuntalamiento (madera y mano de obra) \$ 5.00<br/>                 Vigüeta y Premex Cimbra (material) \$ 50.00<br/>                 Vigüeta y Premex Cimbra (colocación) \$ 10.00<br/>                 Malla (material y mano de obra) \$ 4.00<br/>                 Concreto 5.5 cm. \$ 38.50<br/>                 Total / m<sup>2</sup> \$ 107.50</p>   |  |

A medida que los claros crecen, la diferencia en precio es mayor hasta 6 m, que es el límite económico de la vigüeta y bovedilla.

Recuérdese que el peralte mínimo del sistema de vigüeta y bovedilla es de 17 cm lo cual quiere decir que el claro a cubrir es de 4.25 m; con peralte de 20 cm el claro a cubrir es de 5.0 m y el volumen de concreto a usarse en ambos casos es de 5.5 cm/m<sup>2</sup> y una losa maciza para estos claros por lo menos será de 15 cm/m<sup>2</sup>.

|  |  |
|--|--|
| <p><b>LOSA DE 6.10 X 6.10 M</b><br/>                 Losa reticular h=30 cm<br/>                 Cimbra 40.00 x 37.21 \$ 1,488.40<br/>                 Acero 222 kg x 5.00 \$ 1,100.00<br/>                 Aligeramiento 7.3 m<sup>3</sup> x 240.00 (poliestireno) \$ 1,752.00<br/>                 Concreto 3.8 m<sup>3</sup> x 700.00 (colado) \$ 2,660.00<br/>                 Total \$ 7,000.40<br/>                 Total/m<sup>2</sup> (entre 37.21 m<sup>2</sup>) \$ 188.13</p> <p>Vigüeta y Bovedilla H=30 cm<br/>                 Vigüetas 6 x 6.1 x 40 \$ 1,464.00<br/>                 Bovedillas 7.312 m<sup>3</sup> x \$ 240.00 poliestireno \$ 1,756.80<br/>                 Concreto 4 m<sup>3</sup> x 700 \$ 2,800.00<br/>                 Malla 37.21 m<sup>2</sup> x 4.00 \$ 148.84<br/>                 Apuntalamiento 37.21 m<sup>2</sup> x 5.00 \$ 186.05<br/>                 Total \$ 6,355.69<br/>                 Total/m<sup>2</sup> (entre 37.21 m<sup>2</sup>) \$ 170.80</p> <p>Módulos Recuperables (Premex-Cimbra)<br/>                 Vigüeta 6 x 6.10 x 40 \$ 1,464.00<br/>                 Módulos 37.21 m<sup>2</sup> x 25.0 (renta) \$ 930.25<br/>                 Concreto 4 m<sup>3</sup> x 700 \$ 2,800.00<br/>                 Malla 37.21 m<sup>2</sup> x 3.00 \$ 148.84</p> | <p>Apuntalamiento 37.21 m<sup>2</sup> x 5.00 \$ 186.05<br/>                 Total \$ 5,529.14<br/>                 Total/m<sup>2</sup> (entre 37.21 m<sup>2</sup>) \$ 148.59</p> <p>Losas Alveolares<br/>                 Losa Alveolar (h=20 cm) \$ 240.00<br/>                 Transporte \$ 10.00<br/>                 Montaje \$ 15.00<br/>                 Malla \$ 4.00<br/>                 Concreto (5 cm de losa de compresión) \$ 36.00<br/>                 Precio por m<sup>2</sup> \$ 305.00</p> <p>Se concluye que en estos claros los más económicos son los sistemas de vigüeta.</p> |
|--|--|

### 7.5 NAVES INDUSTRIALES

En naves industriales lo usual es estructurarlas con marcos y techumbres metálicas o con columnas de concreto, armaduras metálicas y techos metálicos. Pero existen variantes recientes que resultan muy económicas y son: Columnas de concreto, traveses de concreto pretensado y/o armaduras metálicas y techos de concreto. Estos techos pueden ser:

- a) Vigueta y Bovedilla
- b) Sistema Premex -cimbra
- c) Dobles TT de concreto pretensado
- d) Elementos de sección doble T con peralte variable

El uso de Premex-cimbra permite colados a gran altura sin apuntalamiento desde el piso. Las ventajas más significativas son:

Velocidad de la obra, economía, eliminación del ruido provocado por la lluvia y granizo, ahorro en los plafones, ahorro en el aire acondicionado y en calefacción.

Como se puede analizar, el sistema prefabricado en concreto no siempre resulta el mejor, por ello hay que conocer bien las características de todos los sistemas de construcción. Pero creo que la desventaja mas grande del sistema prefabricado en concreto, radica en que se tiene que utilizar maquinaria especializada así como su personal, para el montaje de las piezas, pero si lo vemos en el sentido, que con el sistema se ahorra tiempo de construcción, entonces tenemos un sistema que va a proliferar y que cada vez mas se irán disminuyendo los mitos y tabúes que en el conciernen.

Vasta con mencionar obras de edificios, largos y chaparros como el de VIDAMAR II, y el edificio de departamentos de la Av. Insurgentes en la colonia Guadalupe INN que será corto y muy alto; para constatar que el sistema se ha ido mejorando, ya que anteriormente solo con prefabricados en concreto se construían naves industriales y no eran completamente de concreto sino que se combinaban con estructuras de acero en las techumbres

## CAPÍTULO 8

### 8.1 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

### 8.2 EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS. VIDAMAR II ACAPULCO GRO.



**UNA VEZ MÁS,  
EL LUJO QUE TE MERECE**

En VIDAMAR 2 contamos con departamentos para que puedas elegir cuál es la mejor opción de acuerdo a tu estilo de vida, proporcionándote amplios espacios y una vista insuperable desde todas las áreas.

**DESCRIPCION**

- Con 144 m de frente a playa en Acapulco Diamante.
- 48 departamentos desde 230 m<sup>2</sup> hasta 338 m<sup>2</sup> y 3 PH desde 467m<sup>2</sup> hasta 673 m<sup>2</sup>
- De 2 a 4 cajones de estacionamiento por unidad.
- Amplias albercas, 2 canchas de padel, Fitness Center y Spa.



**NOTA IMPORTANTE**  
ESTOS ARQUITECTÓNICOS SON LOS QUE EN PLANOS FORMATO \*\*.dwg, SON CON LOS QUE SE COMIENZA A TRABAJAR.  
ESTA DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS SE DEBE RESPETAR LO MAS POSIBLE, AFECTANDO EN LO MÍNIMO EL DISEÑO DEL CLIENTE  
(VER PLANOS A-02 Al a-07)

VIDAMAR 2

### PLANTAS ARQUITECTONICAS

DEPARTAMENTO TIPO

- SUPERFICIE 229.5 m<sup>2</sup>
- SUPERFICIE 231 m<sup>2</sup>
- SUPERFICIE 318 m<sup>2</sup>
- SUPERFICIE 338 m<sup>2</sup>

PENTHOUSE TIPO

SUPERFICIE 229.5 m<sup>2</sup>

- 3 RECAMARAS
- 3 Y 1/2 BAÑOS
- CUARTO DE SERVICIO CON BAÑO





VIDAMAR 2

## PLANTAS ARQUITECTONICAS

**DEPARTAMENTO TIPO**

- SUPERFICIE 229.5 m2
- SUPERFICIE 231 m2
- SUPERFICIE 318 m2
- SUPERFICIE 338 m2**

**SUPERFICIE 338 m2**

- 4 RECAMARAS
- 4 Y 1/2 BAÑOS
- CUARTO DE SERVICIO CON BAÑO



VIDAMAR 2 | PLANTAS ARQUITECTONICAS

DEPARTAMENTO TIPO  
PENTHOUSE TIPO

SUPERFICIE 467 m2  
SUPERFICIE 631 m2  
SUPERFICIE 673 m2

SUPERFICIE 673 m2

- 6 RECAMARAS
- 6 Y 1/2 BAÑOS
- CUARTO DE SERVICIO CON BAÑO

PLANTA BAJA  
PLANTA ALTA



#### 8.3 VENTAJAS

Las siguientes ventajas son las que finalmente se presentaron al cliente para su proyecto.

La utilización de estos sistemas constructivos en la solución de proyectos, ofrecen un sinnúmero de ventajas, entre las cuales podemos mencionar:

**RÁPIDA RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.** Basados en la experiencia del programa de obra se reduce hasta un 40% del tiempo normal utilizado con sistemas de construcción y equipos tradicionales, ya que mientras se están ejecutando los trabajos preliminares y de cimentación en sitio, simultáneamente en nuestra planta se fabrican los elementos prefabricados.

**-REDUCCIÓN AL PESO DE LA ESTRUCTURA.** Esta ventaja incide en menor costo de la cimentación y mayor rasgo de seguridad para la estructura desde un punto de vista sísmico.

**-MAYOR CONTROL DE CALIDAD.** Contamos con laboratorio propio en plantas para un riguroso control de los materiales y pruebas de resistencia.

**-MAYORES CLAROS LIBRES.** Presenta mayor flexibilidad en la distribución arquitectónica así como una apariencia audaz y atractiva aunando la posibilidad de cambiar, ajustándose a los requerimientos futuros.

**-SEGURIDAD ESTRUCTURAL Y DURABILIDAD.** Se cumple con los más altos estándares de seguridad estructural; el desempeño de la estructura contra fuego y agentes destructivos es mejor que la estructura de acero.

**-COSTO FINANCIERO REDUCIDO.** Al abatirse los tiempos de ejecución, el costo de financiamiento se reduce considerablemente.

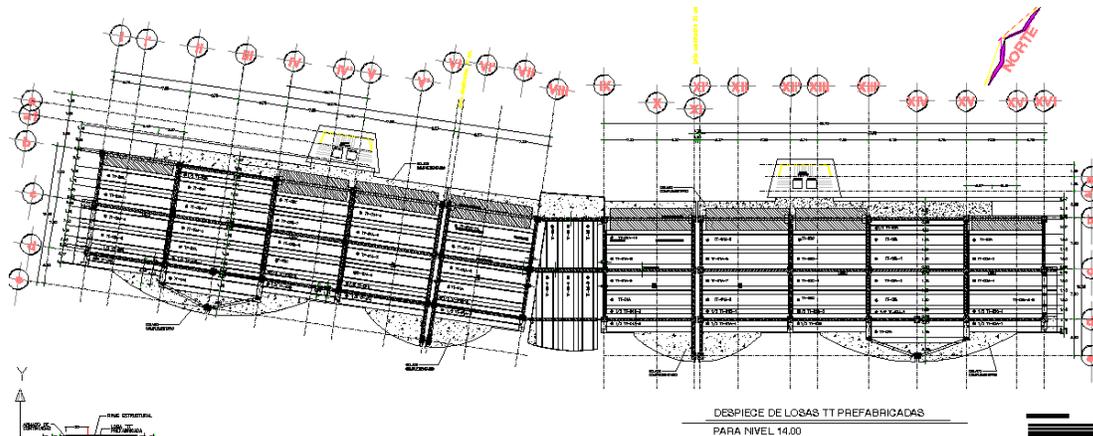
**-CONTROL DE COSTO DE LA OBRA.** Otros sistemas constructivos que normalmente presentan un porcentaje alto en lo que se refiere a las "mermas y desperdicios" el nuestro elimina esta problemática, ya que todos los elementos estructurales se arman y cuelan en planta.

**-ESTÉTICA.** Se pueden lograr diferentes formas, acabados y diseños.

## CAPÍTULO 9

### 9.1 REPRESENTACIÓN DE LAS PIEZAS EN PLANO-GRAFÍA

En este capítulo se mostrará como se representa cada uno de los despieces (representación de piezas) del proyecto. Se agregaran en el reporte final todos los planos que se utilizaron para el mismo, así que se podrá ver con detalle en pantalla el proyecto completo para aclarar dudas y saber mas de el.



Despiece de columnas, traves y losas.

Planta general, siendo que el edificio es espejo solo analizaré una sección. La sección que se muestra en las siguientes ilustraciones es la parte de la izquierda del edificio inclinado.



En este CAPÍTULO tiene como objetivo mostrar la representación grafica de un proyecto real y en construcción, de forma concreta y fácil de entender.

Nota: puesto que en la impresión siempre se distorsionan las líneas vectoriales de este tipo de imágenes, se anexará a este documento un disco en formato CD, donde se incluirá el mismo el plano-grafia con los planos utilizados en esta sección.

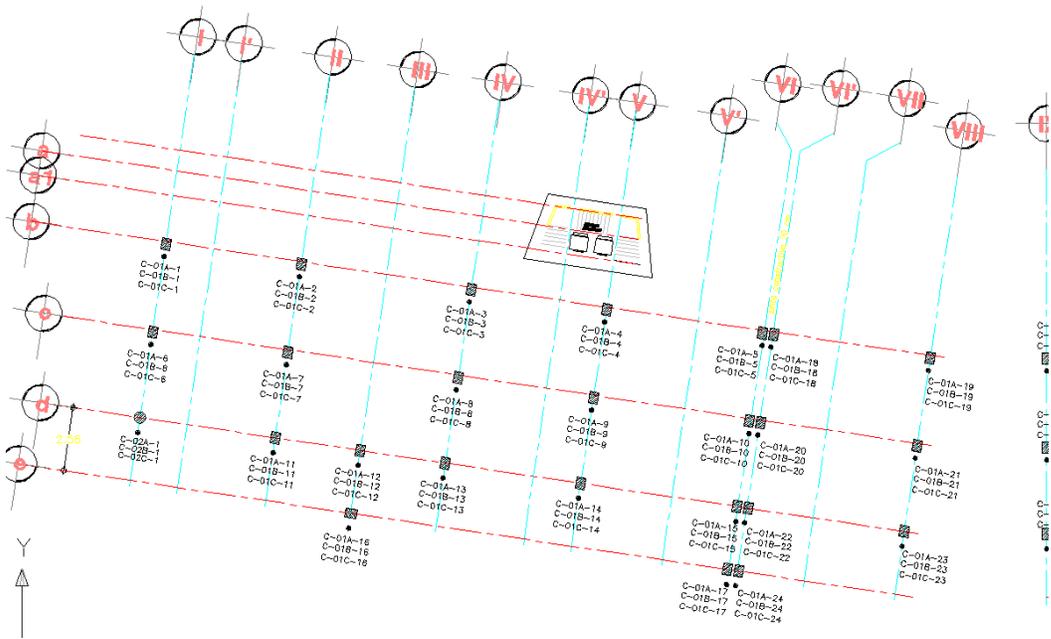
Fotografía de la etapa de construcción del edificio de los primeros tres niveles, entre los ejes "I" a "V"



Despiece de cimentación. Esta fue a base de pilas, por lo que no abordaré mucho sobre ella.

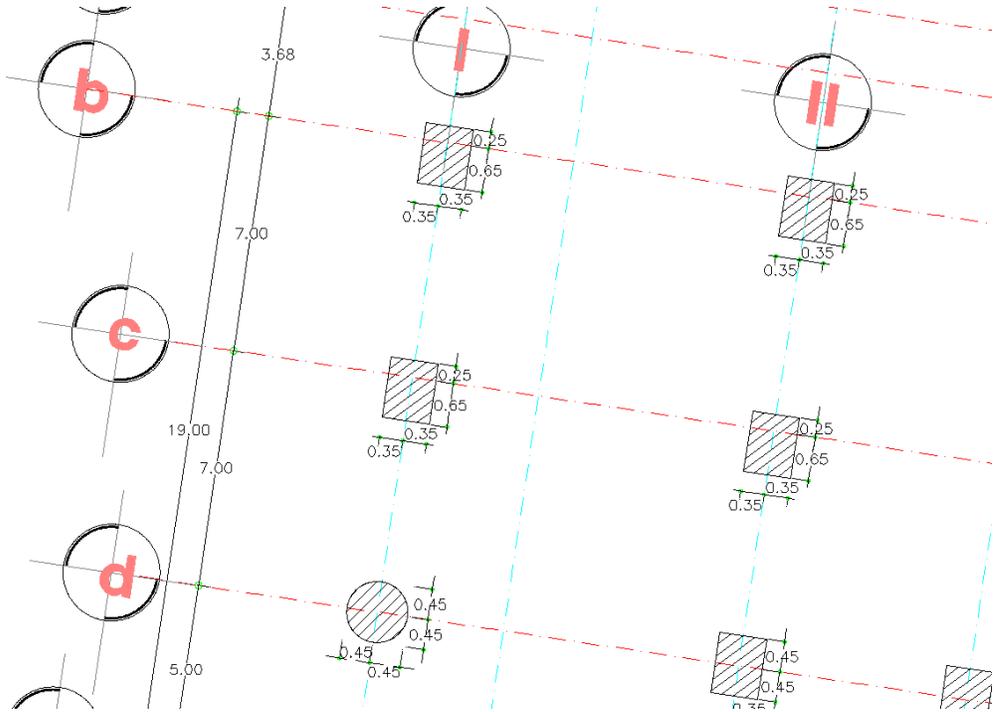
Pero las contratraves si fueron prefabricadas y se pueden ver algunas de ellas en la sección de contratraves, sección en la que se utilizaron algunas fotografías de este proyecto para mostrar de manera más específica una contratrabe prefabricada.



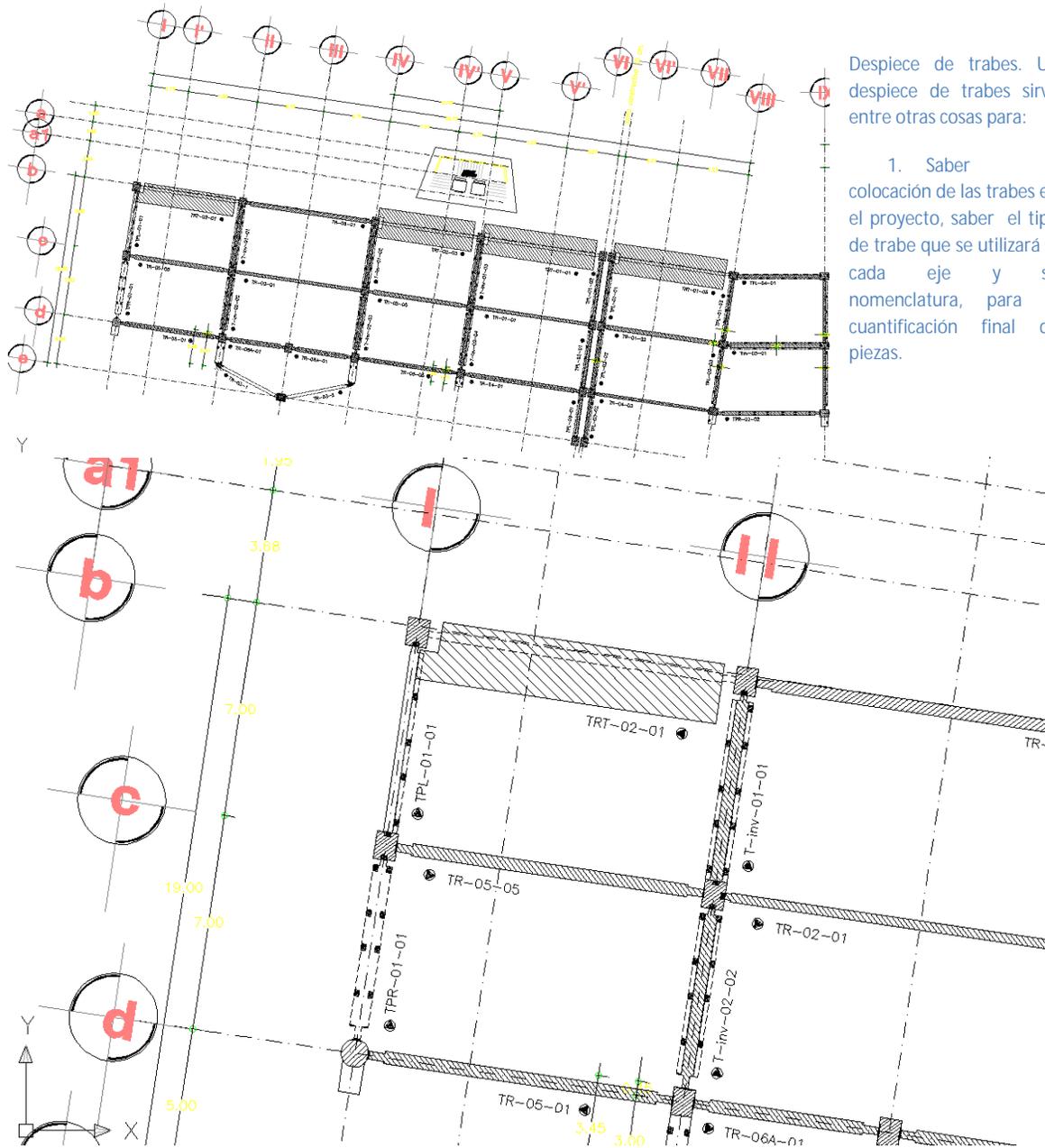


Analizaré los ejes I, II, IV, VI, VI' y VIII

Despiece de columnas. Es muy importante este despiece ya que con el se sabrá con cuantas columnas será construido el proyecto, se verá en la forma de las columnas, su nomenclatura u su ubicación exacta. Porque algunas veces no estarán exactamente al centro de la intersección de ejes.



Como explique en la lamina anterior las columnas no quedan exactamente en la intersección de ejes, en prefabricados es muy importante que se especifique la posición exacta de los elementos constructivos.



Despiece de traves. Un despiece de traves sirve entre otras cosas para:

1. Saber la colocación de las traves en el proyecto, saber el tipo de trabe que se utilizará el cada eje y su nomenclatura, para la cuantificación final de piezas.

Analicemos.

Entre eje "b" y ejes numéricos I y II. Se esta utilizando una losa TRT con una sola nervadura y con un solo alero.

Entre eje "c y d" y ejes numéricos I y II. Se usa un TR con desbaste en ambas narices de, para una conexión tipo ménsula.

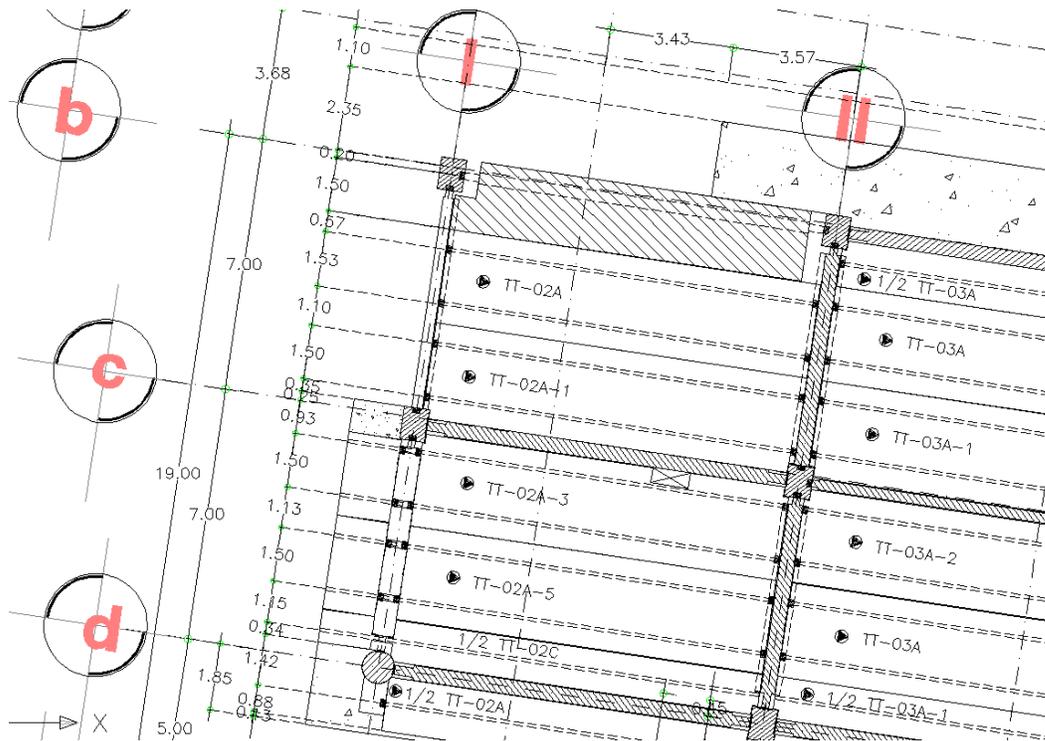
Entre eje "I" y ejes letras b y c. Se usan TPL con desbaste en una sola nariz para conexión tipo ventana.

Entre eje "I" y ejes letras c y d. se ve una trabe TPR "Trabe portante rectangular. Si se analiza bien una trabe de rigidez también se puede utilizar como portante. Solo que esta no tendrá patín donde descansarán las nervaduras de las losas, sino que, estas descansaran sobre las traves, protegiendo sus paños con placas de acero colocadas exactamente donde las nervaduras tocan la trabe.

Entre eje "II" y ejes letras b, c y d. Se colocan unas traves T-inv. Estas traves se usan el los ejes intermedios porque un ambas direcciones se montaran losas.

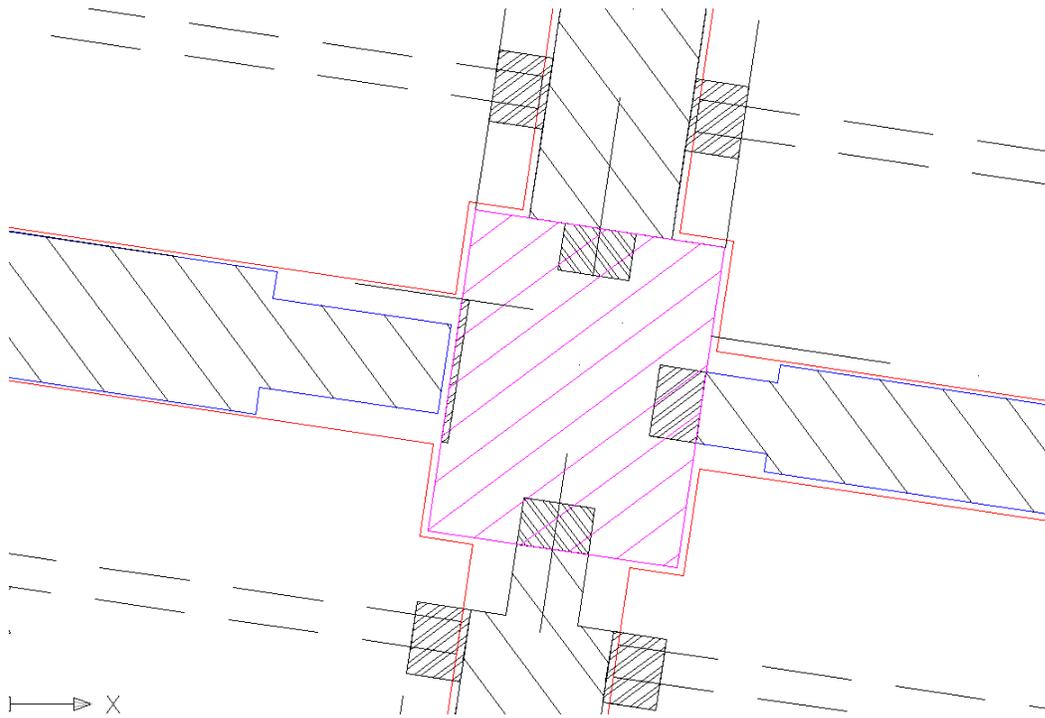


Despiece de losas



Despiece de losas.

Como ya mencione en páginas anteriores, el juego de colocación de trabes en el proyecto no depende de ellas, sino que depende primeramente de la posición de las losas.



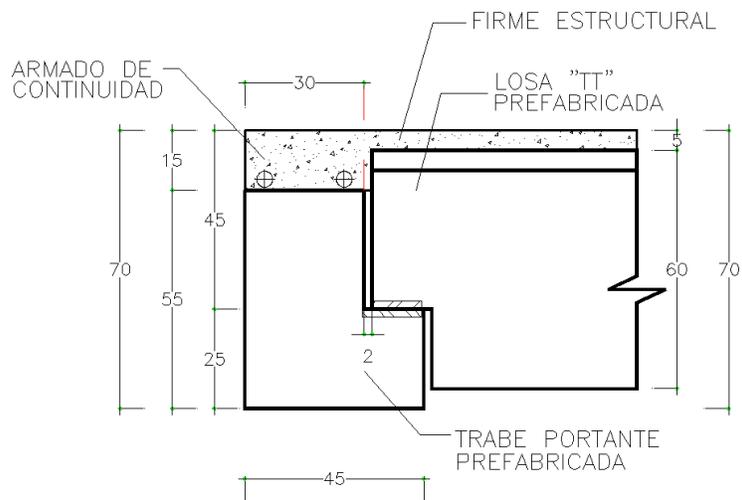
Al momento de representar correctamente cada uno de los elementos del sistema se debe dejar las siguientes separaciones.

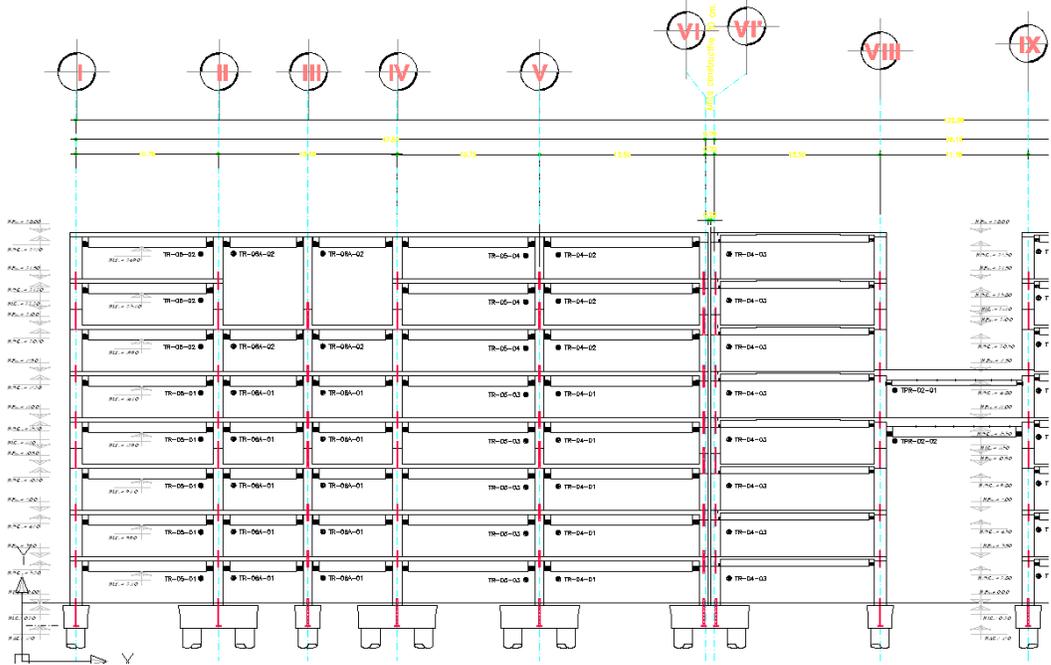
Entre columnas y losas: 2 centímetros

Entre columnas y trabes: 2 centímetros

Entre losas y trabes: 1 centímetro

Entre paño de patín de TPL ó T-Inv: 2 centímetros (ver detalle)

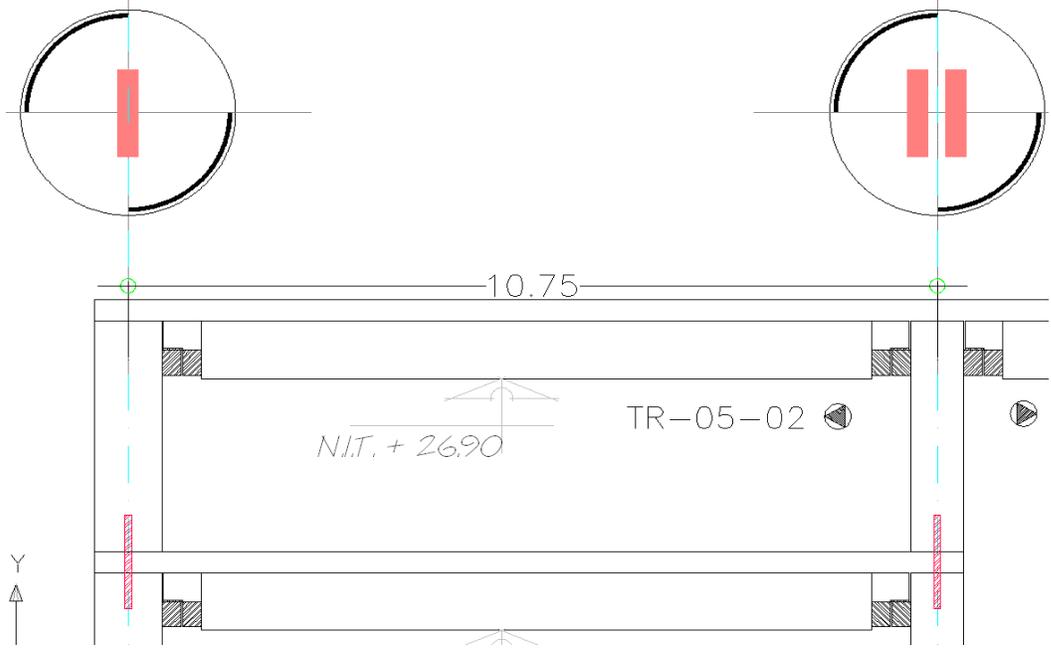




Marcos.

Este tipo de planos se representa un corte por cada eje del proyecto.

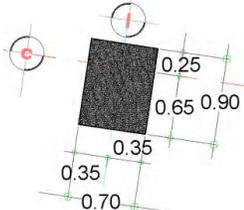
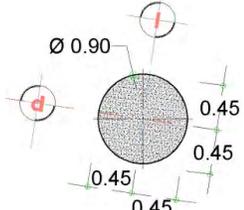
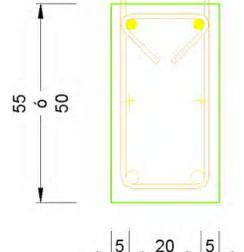
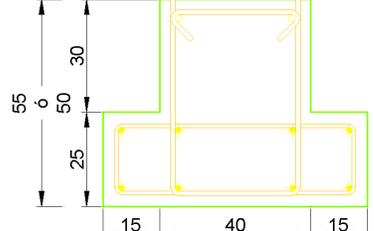
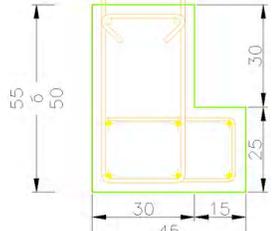
Ayuda a que la cuantificación de piezas sea más confiable.

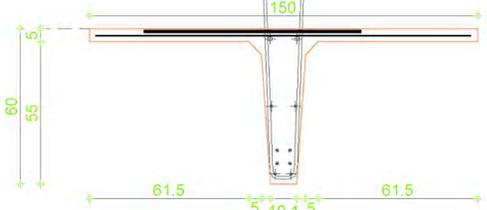


Por ejemplo:

Estas traves TR se conectaran a base de una ménsula

9.2 DIMENSIONES DE ELEMENTOS UTILIZADAS EN EL PROYECTO

| ELEMENTO | SECCIÓN                          | PERALTES Y/O DIMENSIONES   |
|----------|----------------------------------|--|
| COLUMNAS | RECTANGULAR                      |  <p>Diagram showing a rectangular column section with dimensions: 0.25, 0.65, 0.90, 0.35, 0.70.</p>            |
| COLUMNAS | CIRCULAR                         |  <p>Diagram showing a circular column section with diameter <math>\varnothing 0.90</math> and height 0.45.</p> |
| TRABES   | TR. TRABE DE RIGIDEZ RECTANGULAR |  <p>Diagram showing a rectangular beam section with dimensions: 55, 6, 50, 5, 20, 5.</p>                      |
| TRABES   | T-Inv. TRABE TE INVERTIDA        |  <p>Diagram showing an inverted T-beam section with dimensions: 55, 6, 50, 30, 25, 15, 40, 15.</p>           |
| TRABES   | TPL. TRABE PORTANTE TIPO L       |  <p>Diagram showing an L-shaped beam section with dimensions: 55, 6, 50, 30, 15, 45, 25, 30.</p>             |

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| <p>LOSA T</p>       | <p>UNA SOLA NERVADURA UTILIZADA EN EL PERÍMETRO DEL PROYECTO</p> |  |
| <p>LOSA DOBLE T</p> | <p>LOSA DE DOS NERVADURAS UTILIZADA PARA LAS ZONAS CENTRALES</p> |  |

Recordar:

- Que se incluirá todo el proyecto en un disco
- Que la posición de las trabes depende de la dirección en que se colocadas las losas
- Que hay losas con tres y cuatro nervadura
- Que los claros máximos a cubrir por una losas es de máximo de 16 metros
- Que el peralte de las trabes se dimensionan en forma de criterio utilizando la formula  $L/16$  ó  $L/20$  dependiendo de las bajadas de cargas
- Que este criterio aplica para el claro mas largo, es decir, el claro mas largo en este proyecto es de 10.50 metros; por lo tanto  $L/20 = 10.50 \text{ metros} / 20 = 0.525$  redondeando nos queda 0.55 metros (55 centímetros)
- Que el peralte de trabe que rige es el da la trabe de rigidez TR, por lo que las trabes portantes también tendrán 55 centímetros de peralte
- Que este tipo de peralte se logra gracias al presfuerzo, como ya mencione en capítulos anteriores
- Que lo importante es que ingenieros calculistas, nos hagan los cálculos pertinentes, pero la formula aplica bien en casi todos los casos y edificios
- Que las losas casi siempre tendrán 5 centímetros de peralte mas que las trabes

### CAPÍTULO 10

#### ANÁLISIS, REFLEXIÓN Y CONCLUSIÓN

##### 10.1 ANÁLISIS

###### LA IMPORTANCIA DE DISEÑAR PREFABRICADOS DESDE EL INICIO

- Libertad de Diseño

Nótese en los planos arquitectónicos de VIDAMAR II, que el cliente puso columnas a cada 5 y 7 metros, tal y como nos enseñaron en la Facultad, pero con este sistema como ya vimos en capítulos anteriores se pueden lograr claros de hasta 16 metros y para este proyecto se usaron claros de 12.50 10.50 y 7.50; con esto se logró una menor cantidad de columnas lo que repercute en el costo de cimentación y obra final.

- Economía

Menos piezas, menos costo.

- Calidad

Obra limpia, acabados en las piezas limpios y lisos.

- Rapidez

Fabricación transporte y montaje de piezas simultáneamente.

- Seguridad

Al haber obra limpia de materiales sueltos como alambres, clavos, herramientas, etc. Se hace más eficiente el trabajo.

- Costo Controlado bajo proyecto completo

Con el programa de obra siempre habrá un control de costo. Aunque se presenten problemas como el que se suscitó el pasado martes 31 de julio 2007, en el que un tráiler no pudo llegar a tiempo ya que se averió en la carretera, este tipo de contratiempos se tienen previstos y la obra no para por este tipo de causas de fuerza mayor.

Y aunque la avería se pudo reparar, se hizo ya en tiempo de horario matutino, por lo que el tráiler tuvo que ser varado al lado de la carretera hasta que llegará la media noche. Como se explicó en el capítulo 6 apartado 6.2.2

- Reducción de Estructura

Menos columnas, menos tramos de trabes y losas de eje a eje

- Uso de Materiales y procesos Industriales certificados

- Ambiente controlado y mano de obra certificada

- Durabilidad con bajo mantenimiento

- Construcción simultanea a la Obra Civil

Mientras se monta la estructura del edificio, al mismo tiempo se puede realizar trabajos en la zona de la alberca y el estacionamiento

- Proceso continuo bajo cualquier clima

Habiendo mal clima la obra no se detiene. En caso de lluvia lo único que se hace es colocar lonas en las zonas donde se lleva a cabo trabajos de soldadura (unión de piezas) y listo.

- Montaje simultaneo en varios frentes

El edificio consta de dos bloques, y en ambos se trabaja sin parar por los equipos debidamente organizados.

- Diseño especial para condiciones climáticas, sísmicas y otras

- Reducción de Personal en Obra

Solo se encuentran en obra gente especializada con una reducción de personal en lo que concierne a albañiles y peones

- Diseño detallado

Desde los planos que se envían a la planta de fabricación y a la obra

- Diseño de Concreto
- Fabricación de Modelos y Moldes
- Colocación de ductos de instalaciones

En las piezas desde su fabricación, evitando que se vean afectas haciéndolos en obra

- Armado de Acero
- Vaciado de Concreto
- Acabados
- Transporte
- Izaje y colocación
- Cumplir con normas
- Garantizar: – Resistencia – Apariencia – Consistencia
- Solución al proyecto
- Modulación
- Análisis estructural
- Diseño de Modelos y Moldes
- Planos de Taller
- Moldes positivos
- Molde negativo
- Moldes especiales

- Aumento en la Productividad
- Precisión y verificación
- Mayor control y planeación
- Mayor control en el suministro de concretos
- Mejor fraguado por vaciar en ambiente controlado
- Mejor calidad por tratarse de vaciados con peralte mínimo
- Apariencia Homogénea
- Proceso Industrializado y Certificado
- Planeación de Suministro de acuerdo a programa de Obra
- Verificación de Trazos de Obra Civil (ejes y niveles)
- Izaje, colocación y nivelación
- Conectores para evitar rigidez a la estructura de Obra Civil
- Normas
- Certificación Internacional
- Sistema de Calidad
- Precalificación Oficial
- Experiencia Garantizada
- Mayor Eficiencia
- Capacitación y Certificación Interna
- Prácticas Uniformes
- Registro y Documentación de cada Proceso
- Mejora Continua
- Pruebas en Planta de: – Concretos – Agregados – Agua – Compuestos de Curado – Aditivos – Aceros

### 10.2 REFLEXIÓN

Este manual fue concebido para que alumnos que lo consulten y que se encuentran en los diferentes etapas de formación de la "Facultad de Arquitectura C.U." de la "UNAM" puedan conocer más sobre distintos sistemas constructivos en nuestro país.

En el manual se hizo en lo más posible la omisión de términos difíciles de entender, así como cálculos estructurales complejos, pero con lo que se muestra es suficiente para que se entienda por que en concreto se pueden lograr claros de hasta 16 metros con peraltes de trabes de 65 y 90 centímetros.

1. Sirve para que el alumno en etapa básica vaya comprendiendo, sistemas, terminologías y representación grafica.
2. Para los de la etapa de desarrollo, apliquen el sistema a algunos de sus proyectos.
3. En la etapa de profundización, los alumnos podrán desarrollar un proyecto mas completo y completo.
4. Consolidación, etapa en donde un alumno ya esta familiarizado con los términos aplicados en este manual gracias a nuestras materias optativas, podrá ser más analítico y sabrá que tipo de sistema constructivo le convendrá aplicar a sus proyectos venideros.
5. En la etapa de demostración; donde presentamos nuestras tesis, y que algunos escogemos conjuntos deportivos, hospitales, turísticos, culturales, podrán hacer propuestas de distintos sistemas constructivos, como los colados in situ, acero y concreto, con mucha mas libertad.

### 10.3 CONCLUSIÓN

Como ya se ha expuesto en los capítulos anteriores, las "Estructuras Prefabricadas" son únicamente un método constructivo en donde se tienen mejores controles de calidad, las tolerancias son pequeñas y los tiempos de ejecución son menores que el sistema tradicional o colado in situ. Para ello es pertinente hacer varias aclaraciones y recomendaciones:

1.- Como toda estructura, la prefabricada debe de tener una adecuada cimentación (cumpliendo lo que indique el estudio de Mecánica de suelos), de tal manera que garantice la unión de ésta con la superestructura. Se debe tener mucho cuidado en esta conexión.

2 Dependiendo del uso que va a tener la estructura prefabricada, se deberá de limitar los desplazamientos relativos.

Por ejemplo, una bodega Industrial podrá tener mayores desplazamientos que un edificio de oficinas y éste a su vez que uno destinado a un hotel y éste a su vez a un hospital. Esto se basa en que a mayor desplazamiento en una estructura, mayor sería el daño esperado durante un sismo. Para esto se debe tener estructuras robustas y rígidas endonde además se tengan bajos porcentajes de acero para facilitar la construcción de las conexiones.

### GLOSARIO

- Horquillas: Pieza de un mecanismo con forma de Y, que suele servir para sujetar otras piezas o hacerlas girar.
- Paleta: planchas metálicas, planas o curvas, que se fijan sobre una rueda o eje para que ellas mismas muevan algo o para ser movidas por el agua, el viento u otra fuerza.
- Eslinga: Cable provisto de ganchos para levantar grandes pesos.
- Film retráctil o fleje: pieza de una grúa móvil que se alarga según se requiera. Funciona como un catalejo. Aparato extensible de largo alcance.
- Estiva: botín o pata niveladora de una grúa móvil.
- Palets: base de una estiva. Placa de acero colocada de manera horizontal, provista de un revestimiento de cuero.
- Oxicorte: Técnica de cortar metales con soplete oxiacetilénico.
- 
- TR: trabe de rigidez rectangular
- T-Inv: trabe T invertida
- TPL: Trabe T tipo L
- Deflexión: Desviación de la dirección de una cable torón
- Lingotes de acero: Trozo o barra de metal
- Alveolo: cavidad o hueco
- Extrudir: Dar forma a una masa metálica, plástica, concreto, etc., haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta
- Oblondas: columnas con sección elíptica
- Lastre: Piedra de mala calidad y en lajas resquebrajadas, ancha y de poco grueso, que está en la superficie de la cantera, y solo sirve para las obras de mampostería.

#### BIBLIOGRAIA:

Debo mencionar que si se trata de información sobre este sistema, recomiendo que se ingrese a internet, ya que una bibliografía que refiera a un libro, no sería sensato, por que el sistema se ha mejorado y actualizado mucho, y la tecnología en México cada vez es mejor, así que como dije en las líneas anteriores, es mejor el internet.

Se puede dirigir a la página de la empresa ([www.inpresa.com](http://www.inpresa.com)); dentro de ella hay ligas en donde pueden encontrar más información detallada de los prefabricadores del país.

Nota muy importante: la información mostrada en este documento forma parte de una pequeña investigación del sistema, no se mostraron cálculos, ni planos de armados de ninguna pieza, puesto que me tomaría mas hojas en el documento y el lector se revolvería con su contenido; pero si se esta interesado en ver los planos completos y con mayor análisis se incluirán en el disco en formato DWG para que puedan ser vistos directamente en Autocad; para que puedan tomar medidas y constaten todas las frases que en este manual se escribieron.