

21/21
4



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ACATLÁN

FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE CONCRETO PRESFORZADO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

MEMORIA DE DESEMPEÑO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

ADAN CASTREJON ARANDA

ASESOR: ING. PABLO MIGUEL PAVIA ORTIZ



Acatlán, Edo. De México. 2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A



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.



AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de vivir y por guiarme en este corto recorrido de la vida y con la firme esperanza de que lo siga haciendo por siempre.

A mis Padres, Nicolás Castrejón Soto y Oralia Aranda Landa, por darme los principios morales y fortaleza espiritual necesarios para enfrentar las dificultades y superar los obstáculos que se nos presentan a cada momento (que en paz descansen).

A mis hermanos, Mario, Irma, Jorge, Oralia, Arturo, Marisela y Eva, por ser parte del proceso de aprendizaje y por su apoyo en todo momento. Y un reconocimiento muy especial a mi hermano Jorge, por llevarme de la mano en mis estudios y por ser un excelente sustituto paterno cuando en su momento se requirió.

A mi esposa Rosy porque gracias a ella afloró en mí el sentido de responsabilidad como esposo y como padre; por ser mi compañera y por darme tres tesoros (mis hijos).

A mis amigos, Ramón Garduño y Carlos Hernández, por compartir conmigo los triunfos y fracasos.

Al Arq. Enrique Hernández Pérez, por sus enseñanzas, su apoyo incondicional y por abrirme las puertas de la empresa en la cual laboro. Al Ing. Alfredo Serna, por compartir conmigo sus conocimientos técnicos, desinteresadamente. A mis compañeros Adelfo Rojas y al Ing. José Cipriano García por que de ellos aprendí a ser agradecido y constante.

Al Ing. Pablo Miguel Pavía Ortiz, por ser mi asesor y por su apoyo incondicional, para que lograra llegar al término de mi carrera profesional; a mis sinodales por su tiempo y paciencia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

A todos ustedes, gracias.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

C



DEDICATORIAS

Este trabajo y mi carrera profesional se los dedico a mis hijos; Adán Castrejón Escamilla, Jorge Castrejón Escamilla y Fátima Castrejón Escamilla. Con las actitudes que nosotros les demostramos a nuestros hijos, será la mejor forma de enseñarles los buenos principios, la constancia, fuerza espiritual, que deben de mantener; y que todo se puede lograr si realmente lo anhelamos.

Quizá los problemas que se encuentren a lo largo de la vida, los haga doblarse como a las palmeras el viento, pero no se rompen. Mantengan su fuerza en todo momento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

**POR Y PARA USTEDES CAMPEONES
CON MUCHO CARIÑO.**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A



FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE CONCRETO PRESFORZADO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. ANTECEDENTES.....	3
Objetivo.....	3
1.1. Antecedentes históricos del prefabricado presforzado.....	3
1.2. ¿Quiénes fabrican los pretensados en México?.....	5
2. EL CONCRETO PRESFORZADO.....	8
2.1. Definición (ventajas y desventajas).....	10
2.2. Materiales utilizados para su fabricación.....	16
2.3. El pretensado y postensado.....	19
2.4. Secciones (Estándar y Especiales).....	21
3. DISEÑO Y ANÁLISIS DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA PRECOLADOS.....	43
3.1. Criterios de diseño.....	45
3.2. Pruebas de laboratorio.....	49
3.3. Diseño de mezclas de concreto.....	58

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A



4. SISTEMA OPERATIVO DE UNA PREFABRICADORA	76
4.1. Promoción y ventas.....	84
4.2. Análisis de proyectos.....	88
4.3. Presupuestos.....	91
4.4. Proceso constructivo.....	98
4.5. Transporte y montaje.....	115
CONCLUSIONES.....	122
REFERENCIAS.....	124



INTRODUCCIÓN

Dada la eficiencia que ha demostrado el prefabricado en la industria de la construcción, se ha venido desarrollando en nuestro país un sinnúmero de obras de gran magnitud; es más común en nuestro tiempo el uso de elementos presforzados en puentes, túneles, vías férreas, líneas del metro, bodegas comerciales, edificios etc. La imaginación es lo que limita el uso de la aplicación de este método constructivo. Existe un gran número de elementos prefabricados que son estándar, los proyectistas pueden hacer uso de su geometría, dimensiones máximas, y en general de sus propiedades físicas para aplicarlos en los proyectos; sin embargo se pueden fabricar otros presforzados que no sean de línea y que cubran las necesidades de la obra. Pueden dividirse en dos grupos, los arquitectónicos y los estructurales.

Pruebas de laboratorio.

La función de los primeros cubren las necesidades principales de apariencia (útiles en fachadas) estos elementos generalmente no son presforzados, se utilizan agregados pétreos de una gran variedad de colores, formas y tamaños para dar diferentes texturas y colores a las superficies de los paneles, este trabajo artesanal requiere de personas experimentadas en el ramo, debido a la gran cantidad de variantes que se presentan para su elaboración, pueden tener diferencias en tono y textura si no se cuidan los agregados que se suministran, el cemento, temperatura que se tenga al momento del colado, las formas y los procedimientos para la colocación de la pasta en los moldes, apisonado o vibrado, el tiempo que se deje la mezcla en la revolvedora, el martelinado (manual o mecánico y lavado etc.) Todas estas variantes pueden afectar al acabado final de una fachada. Si se llegan a dominar todas estas se tendrá un trabajo satisfactorio.

Respecto a los prefabricados estructurales, estos se asemejan al sistema óseo del cuerpo humano, es el sustento de la obra; en la mayoría de los casos hablamos de elementos pretensados. El pretensar un elemento estructural permite reducir secciones, se pueden salvar claros mayores debido a que tiene



mayor capacidad de carga. A diferencia de los prefabricados arquitectónicos, estos requieren otro tipo de cuidados, el control de calidad se evoca al cuidado del concreto, acero de refuerzo, fuerza de tensado (carga al acero de presfuerzo), puntos medulares para una correcta elaboración.

La versatilidad del ingeniero encargado o encargados de la fabricación de estos elementos es de suma importancia, debido a que de ellos depende, en gran parte, una correcta solución a los problemas que se presentan en el momento, siempre actuando con sentido común aplicando los principios de cálculo, reglamentación y la experiencia adquirida.

Los elementos pretensados, tienen mayor capacidad de carga que un elemento reforzado; debido a que se le inducen esfuerzos de compresión anticipadamente al concreto. Esto se logra mediante el material llamado torón (acero de presfuerzo), el más común es el cable de ½" compuesto por 7 hilos. Estos cables tensados con una carga, son los responsables de dar una mayor capacidad de carga al elemento de concreto.



I. ANTECEDENTES

1.1 OBJETIVO.

Consiste en dar a conocer el procedimiento de fabricación de elementos presforzados en planta, y las aplicaciones de este sistema constructivo, considerando sus ventajas y desventajas, cada método empleado en la construcción de obras, representa un sinnúmero de aspectos que se deben tomar en cuenta para elegir el sistema constructivo más adecuado, que cubra las necesidades de la obra. Este trabajo pretende además de explicar las cuestiones técnicas, dar bases firmes que serán consideradas en la construcción al prefabricado como posible vía para su aplicación.

Al concluir la presente contarán con los conocimientos básicos acerca de materiales, mano de obra y equipos utilizados en este proceso.

La aplicación de los resultados de laboratorio (densidades, granulometrías, peso específico, humedades, absorciones, etc.) de los materiales pétreos, utilizados en la elaboración de concreto.

1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PREFABRICADO PRESFORZADO.

Se tienen antecedentes de los adelantos en esta materia en la época de los Egipcios (2100 a. C.), no propiamente como lo conocemos en la actualidad, es decir, aplicado en la industria de la construcción, sino utilizando un principio similar para el uso en la fabricación de sus barcos, a la madera con la que se hacía el casco, se le aplicaba una fuerza externa una vez que este ya estaba



formado. Con este procedimiento lograban darle una resistencia mayor a sus embarcaciones.

En los barcos del antiguo Egipto se utilizaban también métodos de construcción con troncos, en los que tablas cortas de madera o viguetas, se empernaban o enroscaban entre sí canto a canto para formar el casco, el armazón y el forro de tablas son los componentes básicos de los barcos de madera. el primero se utiliza como apoyo, con objeto de dar rigidez al casco. el segundo, es la capa exterior que se fija al armazón. La forma de cómo se disponían las tablas era la misma en que se aprovechaban para una mayor capacidad de carga.

No es sino hasta el año de 1886 de nuestra era que se tienen registros donde en Europa se hacían barriles de madera dando una fuerza contraria anticipadamente a la fuerza que producía el líquido, utilizando para esto unos cinchos metálicos.

No se cuenta con la fecha exacta de la aplicación del presfuerzo en el concreto, sin embargo, hay algunos datos como el que se tiene del ingeniero estadounidense P. H. Jackson (1886) quien obtuvo una patente de un sistema para unir varillas de acero con bloques de concreto prefabricado para formar losas de piso.

Así podemos mencionar el avance de varios países en esta materia. A Eugene Freyssinet se le conoce como el padre del presfuerzo, este francés en 1928 desarrolló la aplicación de alambres de acero de alta resistencia para presforzar elementos de concreto; la resistencia a la ruptura de esos alambres o tendones andaba en el orden de $17,500 \text{ kg/cm}^2$, el límite elástico en $12,650 \text{ kg/cm}^2$, y se tensaban con el 80% de su límite elástico ($8,850 \text{ kg/cm}^2$). Eugene Freyssinet, trabajó con las dos modalidades del presfuerzo, pretensados y postensados.

Al alemán E. Hoyer se le atribuye el primer sistema práctico de pretensado, este consistía en tensionar los alambres de presfuerzo entre dos pilares a gran distancia el uno del otro, colocando anclajes entre estos, como sistema de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



sujeción y posteriormente se colaba el elemento, ya que había endurecido se procedía a la transferencia del presfuerzo.

Los líderes en el desarrollo del presfuerzo estaban principalmente en Francia y Bélgica, no obstante, al concluir la segunda guerra mundial, que provocó altas demandas para la reconstrucción en las ciudades, rápidamente adoptan este sistema constructivo los países como Alemania, Inglaterra, Holanda y Suiza, contribuyendo de esta manera al desarrollo del prefabricado pretensado.

En Estados Unidos la aplicación del presfuerzo se dio de una forma diferente, en 1935 se comenzó la aplicación sobre unos tanques circulares utilizando el presfuerzo en forma no lineal, sino más bien circular. Una de las grandes estructuras construidas fue el puente Walnut Lane en Filadelfia (1949); la estructura fue fabricada con elementos de sección I y postensadas. Ya para el año de 1954 se funda el PCI (Prestressed Concrete Institut o Instituto de Concreto Presforzado).

Una vez probada la eficiencia del prefabricado pretensado en los Estados Unidos, México comienza con su aplicación. Una de las primeras plantas prefabricadoras en nuestro país fue la ya desaparecida PREMESA. A la fecha existen grandes compañías dedicadas al prefabricado pretensado.

1.3 ¿QUIÉNES FABRICAN LOS PRETENSADOS EN MÉXICO?.

Tenemos un constante movimiento en la industria del prefabricado, donde algunas compañías se incorporan a este giro y otras tienden a desaparecer, pero existen empresas que han logrado mantenerse durante muchos años, estas organizaciones cuentan con la infraestructura necesaria para la elaboración de una gran variedad de elementos estructurales, como:





- **TRABES AASHTO**
- **Columnas (oblongas, cuadradas, circulares mixtas, etc.)**
- **TA (trabe cajón de apoyo)**
- **TC (trabe cajón central)**
- **TINV (trabe invertida)**
- **TPL (trabe portante L)**
- **TR (trabe de rigidez)**
- **TT (doble T)**
- **TTV (doble T variable)**
- **TY (trabe Y)**
- **Z (zapatas)**

Por mencionar algunas plantas prefabricadoras tenemos a:

- **TECSISA (DE GRUPO MEXICANO DE DESARROLLO)***
- **INPRESA**
- **ITISA**
- **PRESANFE**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



- PRESFORZA
- PRESISA
- PRET (DEL GRUPO I. C. A.)
- PRETECSA
- PRETENCRETO
- SEPSA
- SIPSA
- TICONSA
- VIBOSA

Gracias a estas compañías, unas ya desaparecidas* y otras no mencionadas, se ha logrado un adelanto en la técnica del prefabricado pretensado, lo cual ha demostrado ser una buena opción como modelo para la construcción de obras de la más sencilla hasta la más sofisticada.

Muchas de estas compañías prefabricadoras trabajan en la producción de elementos estándares y se especializan en algún elemento o elementos; esto quiere decir que su especialidad pueden ser fachadas, durmientes para ferrocarril, tubos, vigueta y bovedilla o elementos patentados por alguna de estas; como ejemplo tenemos el caso de la TY-2000 patentada por Industrial Prefabricadora.

TESIS CON
FALSA DE ORIGEN



II. EL CONCRETO PRESFORZADO.

Cuando se le inducen fuerzas internas de compresión al concreto, provoca que presente mayor resistencia a los esfuerzos de tensión a la que será sometido durante su vida útil. La forma en que se le transfieren estos esfuerzos, es mediante el torón (acero de presfuerzo).

Imaginemos estirar una liga, al hacerlo se deforma y aumenta su tamaño, en el momento en que se liberan los extremos, esta tendería a recuperar su estado original utilizando una fuerza contraria a la que se le aplicó. El mismo principio es el que se sigue para presforzar al concreto.

Existen dos procedimientos principales para construir estructuras de concreto. Cuando los elementos se forman en su posición definitiva, se dice que la estructura ha sido colada "in situ" o en el lugar. Si se fabrican en un lugar distinto al de su posición definitiva en la estructura, el procedimiento recibe el nombre de prefabricación.

El primer procedimiento obliga a una secuencia determinada de operaciones, ya que para iniciar cada etapa es necesario esperar a que se haya concluido la anterior. Por ejemplo no puede procederse a la construcción de un nivel en un edificio hasta que el nivel inferior haya adquirido la resistencia adecuada. Además, es necesario a menudo construir obras falsas muy elaboradas y transportar el concreto fresco a su posición definitiva, operaciones que influyen decisivamente en el costo.

Con el segundo procedimiento se economiza tanto en la obra falsa como en el transporte del concreto fresco y se pueden realizar simultáneamente varias etapas de construcción. Por otra parte este procedimiento presenta el inconveniente del costo adicional del montaje y transporte de los elementos prefabricados y, además el problema de desarrollar conexiones efectivas entre los elementos.



El proyectista tendrá que elegir entre estas dos alternativas, guiándose siempre por las ventajas económicas, constructivas y técnicas que pueden obtenerse en cada caso. Cualquiera que sea la alternativa que escoja, esta elección influye de manera importante en el tipo de estructuración que se adopte.

TESIS CON
DATA DE ORIGEN



2.1. DEFINICIÓN (VENTAJAS Y DESVENTAJAS)

EL DISEÑO ESTRUCTURAL

Una estructura puede concebirse como un sistema, es decir, como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada. La función puede ser: salvar un claro, como en puentes; encerrar un espacio, como sucede en los distintos tipos de edificios o contener un empuje, como en los muros de contención o silos. La estructura debe cumplir la función a la que está destinada con un grado razonable de seguridad y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicios. Además, deben satisfacerse otros requisitos, tales como mantener el costo dentro de límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas.

Otra característica peculiar de las estructuras de concreto reforzado es el agrietamiento, que debe tenerse en cuenta al estudiar su comportamiento bajo condiciones de servicio.

CONCEPTO DE PRESFUERZO:

- a) Presforzar un elemento de concreto, significa la introducción de fuerzas internas de compresión, misma que contrarrestan las fuerzas de tensión producidas por cargas extrañas impuesta ya sea durante el traslado o en condiciones de servicio.
- b) Presforzar un elemento estructural, consiste en crear en él mediante algún procedimiento, antes o al mismo tiempo que la aplicación de las acciones exteriores esfuerzos tales que, al combinarse con los correspondientes a las cargas exteriores anulen los esfuerzos de tensión o los mantengan menores que los esfuerzos permisibles de los materiales empleados.



- c) Presforzar significa la creación intencionada de esfuerzos no para eliminar tensiones exclusivamente, sino para mejorar el comportamiento general de la estructura.
- a) Definición de "Plant-Cast and Prestressed Concrete.- A Design Guide".
- b) Definición de E. Freysinet.
- c) Definición del Profesor T. Y. Lin

Las fuerzas internas son introducidas mediante el tensado de cables de alta resistencia (alambre y/o torones) hasta un 70 por ciento o más (según la necesidad) del esfuerzo último del cable, para posteriormente transferir esta fuerza al concreto. Existen dos modalidades del preesfuerzo (postensado y pretensado).

Históricamente el concreto es un material poco usado en las construcciones industriales, pero las nuevas tecnologías a las que se tiene acceso con el concreto Prefabricado y Presforzado, lo convierten hoy por hoy en la mejor opción.

Por citarles algunas de las ventajas que se obtienen con este sistema en el caso de naves industriales, son:

- ✓ MENORES TIEMPOS DE CONSTRUCCIÓN: 9500 m² mensuales, lo cual se logra por el Inicio temprano de la prefabricación de elementos desde el primer día de iniciados los trabajos preliminares en el sitio de la obra.
- ✓ CONTROL ABSOLUTO DE LA CALIDAD Y DURABILIDAD: Por los procedimientos de fabricación industrial, los materiales empleados y la alta resistencia de los concretos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



- ✓ CONTROL ABSOLUTO EN EL COSTO DE LA ESTRUCTURA: Por los procedimientos constructivos empleados es posible conocer con anterioridad el costo y las desviaciones que pueda tener la obra.
- ✓ MENOR COSTO DE LA OBRA: Por los sistemas constructivos y tiempos de ejecución empleados, lo cual beneficia con ahorros financieros y de tasa interna de retorno de inversión de proyecto, lo que repercute en un costo global de obra menor.
- ✓ SOLUCIONES DE ACUERDO A SU PROYECTO: Estructuras de soporte a base de columnas y traveses prefabricadas de concreto combinadas con cubiertas prefabricadas y/o cubiertas metálicas engargolada, logrando claros de hasta 30 mts. Libres de un apoyo hasta otro.

VENTAJAS GENERALES.

Este sistema Constructivo proporciona un sinnúmero de ventajas de las cuales se mencionan las más importantes:

- ✓ RÁPIDA RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROPIETARIO debido a la reducción de tiempos del programa de ejecución de la obra, puesto que se pueden realizar los trabajos preliminares y la cimentación en sitio, simultáneamente en nuestra planta se producen los Elementos Prefabricados de Estructuras. Podemos afirmar basados en nuestra experiencia que reduciríamos el programa de obra hasta un 35 o 40 % del tiempo normal de construcción convencionales.
- ✓ REDUCCIÓN AL PESO DE LA ESTRUCTURA, las secciones de los elementos prefabricados están optimadas, utilizando el mínimo necesario de materiales. Esta ventaja incide a su vez en menor costo de la cimentación y mayor rango de seguridad para la estructura desde un punto de vista sísmico.





- ✓ **MAYOR CONTROL DE CALIDAD:** En las plantas se procesan los elementos prefabricados en serie con materiales seleccionados y rigurosamente controlados, tales como: concretos de alta resistencia con $f'c$ superior a los 350 Kg/cm^2 , aceros con fpu igual a $19,000 \text{ Kg/cm}^2$, moldes metálicos, etc. Las plantas prefabricadoras cuentan con laboratorios que tienen la finalidad de muestrear todos los materiales utilizados.
- ✓ **MAYORES CLAROS LIBRES CON APARIENCIA AUDAZ Y ATRACTIVA:** la alta tecnología que se utiliza con el preesfuerzo y la prefabricación como herramientas que permiten desafiar las hipótesis tradicionales y emprender soluciones más modernas que se traducen en mayores espacios utilizables, mayor flexibilidad en distribución arquitectónica y la posibilidad de cambiar y ajustarse a los requerimientos futuros.
- ✓ **SEGURIDAD ESTRUCTURAL Y DURABILIDAD** es un alarde técnico al que se ha llegado con los años de experiencia con que cuenta el Preesfuerzo y la Prefabricación en México. Los sismos de 1985 fueron sin duda la prueba para todas las estructuras, entre todas ellas, las Prefabricadas salieron airosas y con resultados muy superiores a lo aceptable.
- ✓ La utilización del concreto como material principal en éstas estructuras nos permiten afirmar que su mantenimiento es prácticamente nulo.
- ✓ **COSTO FINANCIERO REDUCIDO** al abatirse los tiempos de ejecución, el factor de incremento en el costo directos se reduce considerable.
- ✓ **CONTROL DE COSTO DE LA OBRA,** comparado con otros sistemas constructivos que normalmente presentan un porcentaje alto en lo que se refiere a las "mermas y desperdicios, el Sistema de Presfuerzo y Prefabricación, elimina esta problemática ya que hacemos entrega de



elementos estructurales que conforman la edificación y el no insumo que pueden presentar "mermas y desperdicios"

OTRAS VENTAJAS QUE ESTE TIPO DE ESTRUCTURA OFRECEN SON.

* Alta resistencia al fuego: lo cual permite tener un costo menor en las pólizas de seguros contra incendio mejor comportamiento elástico al largo plazo lo que a su vez permitirá controlar los agrietamientos que surgen con la permanencia de cargas.

* La Prefabricación de elementos estructurales eliminan la necesidad de cimbras, obra falsa, almacenes de materiales, acarreo dentro de la obra y permite la rápida integración de plataformas de trabajo para atacar los frentes subsecuentes de la obra.



DESVENTAJAS PRINCIPALES

- a) Necesidad de invertir en equipo especial.
- b) Dificultad para lograr capacidad de deformación inelástica en las conexiones ante acciones repetidas.
- c) Dificultad para lograr rigidez en la estructura por la falta de monolitismo de las conexiones.
- d) Necesidad de programar y proyectar con detalle, etc.

Como consecuencias principalmente del inciso A surgen las dos condiciones siguientes para que la prefabricación tenga éxito:

- 1.- Que el volumen de obra sea considerable
- 2.- Que exista la posibilidad de estandarizar en grado suficiente los elementos estructurales. Pero no es suficiente que se cumplan las dos condiciones anteriores, sino que en este caso debe hacerse una comparación de costos cuidadosa.

La desventaja relativa a la dificultad de lograr capacidad de deformación inelástica en las conexiones bajo cargas repetidas es la razón por la que se establece que las estructuras prefabricadas de concreto se diseñen por sismo con un factor Q igual a 2 o cuando mucho 3 si así lo juzga procedente el Departamento del Distrito Federal. Esta circunstancia influye en la comparación de costos.

En vista de la importancia que tiene el diseño y la construcción adecuados de las conexiones, en las Normas se incluyó una serie de requisitos específicos para esas zonas de unión.



2.2 MATERIALES EMPLEADOS PARA SU FABRICACIÓN.

Los materiales que se emplean en una planta, varían de acuerdo a la pieza que se vaya a fabricar, es decir, depende si va a ser un elemento estructural, de soporte, de rigidez, arquitectónico, de fachada, etc.

Sin embargo, los más comunes son los elementos estructurales, los que generalmente serán presforzados y en este caso bajo la modalidad del pretensado.

De esta forma podemos englobar en dos grandes grupos a los elementos prefabricados:

- 1) Elementos estructurales
- 2) Elementos arquitectónicos.

Para la fabricación de los elementos es necesario contar con los materiales que a continuación se enlistan.

Materiales Básicos de Concreto

Cemento Normal tipo 1 (normal ASTM-C-150)

Grava(normal ASTM C-33)

Arena (normal ASTM C-33)

Aditivo para concreto

Agua (potable)

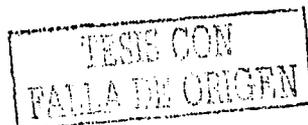
Acero de refuerzo ordinario $f_y = 4200 \text{Kg/cm}^2$ G. D.

Acero de preesfuerzo (alambre o torón)

Placa de acero de Alta Resistencia

Soldadura E-70-18 y E-60-13 para distintos espesores

Malla electrosoldada





Alambre recocido No.18
Oxígeno y Acetileno (equipo9s de corte)
Diesel y gasolina
Malla electrosoldada
Madera (triplay, polín y barrote)
Poliducto (engrase de torones y perforaciones en las piezas)
Polietileno

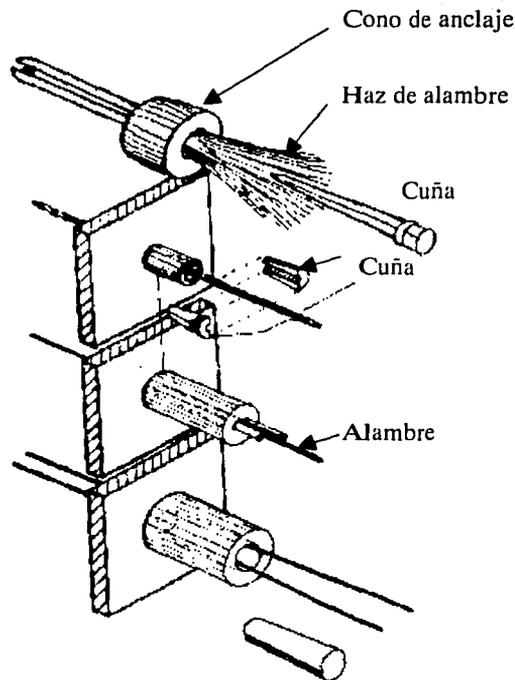
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



MATERIALES ESPECIALES

Existen otros materiales que aunque en menor grado, son necesarios para prefabricar elementos estructurales; estos son:

Anclajes.— Según el procedimiento y el tipo de acero de presfuerzo a utilizar, existe gran variedad de anclajes para pretensado, los que son necesarios tanto para el tensado, como para la fijación del acero a las mesas de presfuerzo o en su caso a los moldes presforzantes.



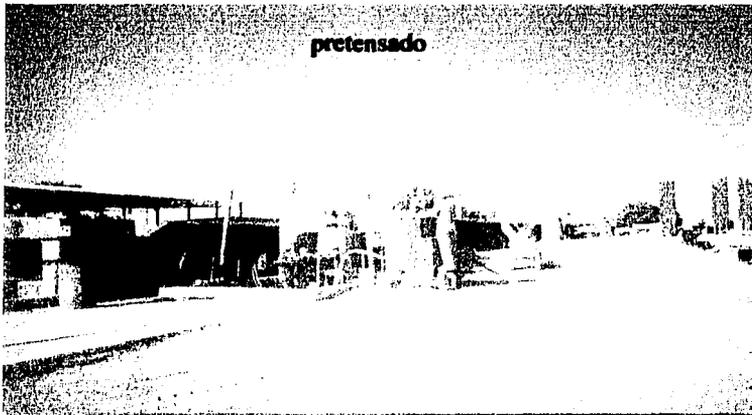
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



2.3. EL PRETENSADO Y POSTENSADO.

Las fuerzas internas son introducidas mediante el tensado de cables alta resistencia (alambres y/o torones hasta un 70% ó más (según necesidades) del esfuerzo último del cable, para posteriormente transferir esta fuerza al concreto. existen dos modalidades del presfuerzo.

PRETENSADO: Los cables son tensados (ver fot. 2.3.1) antes de que el concreto sea colocado en la cimbra o el molde. Cuando el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia (generalmente el 80% de su $f'c$) para asimilar la fuerza impuesta por los cables, entonces se libera el presfuerzo mediante el detensado o corte de los mismos en forma genérica este es el método empleado para producir elementos presforzados en una planta de prefabricados.



Fot 2.3.1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fot. 2.3.1

POSTENSADO.- Se hace el colado del elemento, dejando preparaciones, consistentes en vainas o ductos de postensado, dentro de los cuales se introducen los cables de presfuerzo formados usualmente por un grupo de torones a los que se les denomina tendones. Los tendones se jalan después de que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para asimilar la fuerza impuesta por el tensado. El postensado se realiza generalmente a pie de obra.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



2.4. SECCIONES.

Se entiende como sección a la geometría transversal de los elementos que componen una estructura. Se manejan dos tipos de secciones que son las estandarizadas y las especiales.

Las primeras consisten en elementos de línea, esto quiere decir que la mayoría de las plantas prefabricadoras las trabajan utilizando los moldes ya con una geometría determinada y las segundas, son elementos que por condiciones del proyecto o necesidades estructurales se idean para satisfacerlas, tal es el caso de las llamadas traveses dragón utilizadas como soporte de grúas, escaleras etc.

PIEZAS ESTRUCTURALES ESTÁNDAR

Cada empresa prefabricadora necesita vender lo que fabrica, para lo cual se basa en su publicidad, apoyada principalmente en su catálogo de productos y en sus servicios, su promoción ofrecerá la información a los proyectistas y diseñadores, dicha información son los elementos que fabrican y que pueden fabricar, además sus distintos usos.

Dependiendo de la capacidad que tenga la empresa, es la variedad de productos que puede ofrecer. En el mercado nacional podemos encontrar una gran cantidad de elementos prefabricados, estos son miembros para fachada, losas para abarcar y cubrir entrepisos, y azoteas, columnas, traveses portantes, traveses de rigidez, traveses cajón, pilotes, muros y piezas especiales. Describe en su catálogo de productos y proporciona información como a las características geométricas (peralte, ancho y longitud óptima) y los materiales que emplea en su fabricación, estos datos son el resultado de su experiencia y de pruebas que se han realizado, por lo tanto podemos estar seguros de que son elementos óptimos para los usos que recomiendan, y que garantizan que la pieza sea estandarizada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



También, en estos catálogos encontramos detalles en las conexiones que se puedan utilizar, lo que facilita la idea en el uso del miembro, de su fijación y de como se puede llevar a cabo el montaje.

Los siguientes elementos que describo, son los más comunes en el mercado (Elementos Prefabricados Estructurales), y son: Losas T. Doble T y TTV. Trabes Portantes y de Rigidez; Trabes TY y Columnas.

LOSA DOBLE T: Es un elemento estructural generalmente presforzado. Su fabricación es en moldes metálicos, lo cual ofrece un buen acabado aparente. Las dimensiones de la pieza las determina el molde. Es óptima para claros de 6 a 26 m. y su peralte varía según el claro llegando hasta 90 cms. (Ver fig. 2.4.1).

Esta pieza es usada principalmente en cubiertas de entrepiso, aunque por su versatilidad, también es empleada como muro de carga y como fachada, ofreciendo una buena apariencia dejando las nervaduras en la parte exterior de la construcción. La podemos encontrar diseñada para sección simple ó compuesta; es decir, con ó sin firme estructural, que comúnmente es de 5 cms. de espesor y armada con malla 6x6-6/6, lo cual sirve para dar rigidez al entrepiso. Sus principales destinos son: edificio de oficinas, viviendas, clínicas y hospitales, centros comerciales, gimnasios, pasos peatonales, estadios, etc.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fot. 2.3.1

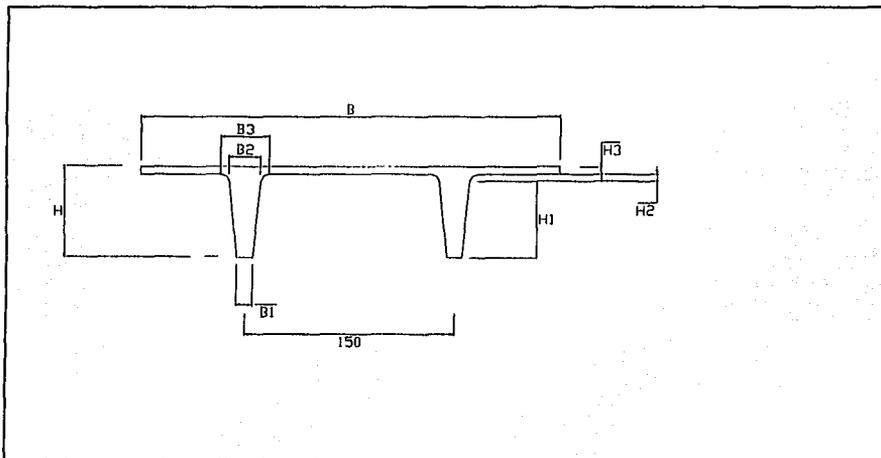


Fig.2.4.1.

Concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Acero de Presfuerzo $fpu = 18\,900 \text{ kg/cm}^2$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



SECCIÓN LOSA DOBLE T (SIMPLE)

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA SECCIÓN SIMPLE (LOSA DOBLE T)											
TIPO B/H	B cm	B1 cm	B2 cm	B3 cm	H cm	H1 cm	H2 cm	H3 cm	H4 cm	SECCION Cm ²	P.P kg/m
250/40	250	10.8	16	26	40	30	5	5	-	2246	475
250/50	250	9	16	26	50	40	5	5	-	2460	590
250/60	250	10.2	16	26	60	50	5	5	-	2770	665
250/70	250	9	16	26	70	60	5	5	-	2960	710
250/80	250	16.2	25	35	80	70	5	5	-	4438	1065
250/90	250	15	25	35	90	80	5	5	-	4750	1140
300/40	300	10.8	16	26	40	30	5	5	-	2514	603
300/50	300	9	16	26	50	40	5	5	-	2710	650
300/60	300	10.2	16	26	60	50	5	5	-	3020	725
300/70	300	9	16	26	70	60	5	5	-	3210	770
300/80	300	16.2	25	35	80	70	5	5	-	4688	1125
300/90	300	15	25	35	90	80	5	5	-	5000	1200

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



LOSA T. Es una de las piezas más versátiles debido a que su nervadura tiene gran capacidad a la compresión (por tener mayor área de concreto en comparación con Doble T. por ejemplo). Su uso es principalmente estructural: losa de entrepiso, cubierta, muro, trabe rigidizante y trabe para puentes (Fig.2.4.2.).

Entre mayor sea el claro y la sobrecarga, la sección aumentará. Esta posibilidad de obtener varias dimensiones en la pieza nos la facilita el tipo de molde, el cual debe tener la facilidad de abrirlo o cerrarlo a las dimensiones que requiera, para que sea aprovechable y rentable. La opción del molde movable se logra teniendo un cachete fijo, el otro no en la mesa de presfuerzo (las dimensiones en el alma del molde son las que varían).

Es importante comentar también los contratiempos que presentan estos elementos que están en el transporte y el montaje. Antes de fijada la pieza (antes de su conexión con el miembro portante, con soldadura, usualmente y mientras se cuele el firme estructural, si es de sección compuesta) esta puede voltearse, ya que al tener sólo una nervadura, que es donde se apoya, se vuelve inestable. Por esta razón se necesita sujeciones temporales.

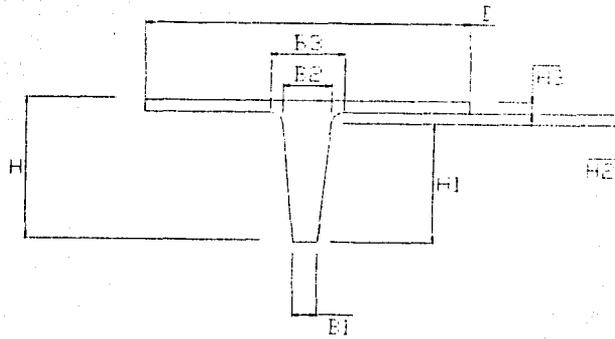


Fig.2.4.2.

Concreto $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Acero de Presfuerzo $f_{pu} = 18\,900 \text{ kg/cm}^2$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



SECCIÓN LOSA T (SIMPLE)

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA SECCIÓN SIMPLE											
(LOSA T)											
TIPO B/H	B cm.	B1 cm.	B2 cm.	B3 cm.	H cm.	H1 cm.	H2 cm.	H3 cm.	H4 cm.	SECCIÓN cm.	P.P Kg/mt
300/50	300	21.8	22.5	37.7	50	38.6	7.6	3.8	-	3591	862
300/60	300	21.5	22.5	37.7	60	48.6	7.6	3.8	-	3807	914
300/70	300	21.3	22.5	37.7	70	58.6	7.6	3.8	-	4021	965
300/80	300	21	22.5	37.7	80	68.6	7.6	3.8	-	4232	1016
300/90	300	20.8	22.5	37.7	90	78.8	7.6	3.8	-	4441	1066
300/100	300	20.8	22.5	37.7	100	88.6	7.6	3.8	-	4647	1115
300/110	300	20.3	22.5	37.7	110	98.6	7.6	3.8	-	4851	1164
300/120	300	20.0	22.5	37.7	120	108.6	7.6	3.8	-	5052	1212



LOSA TTV. Son losas de sección "Doble T Variable", son presforzadas y se usan para cubierta únicamente. Del centro del claro (sección de cumbrera) a los extremos, tiene una pendiente del 6.25% la necesaria para el desalojo de aguas pluviales, lo que evita gastos en rellenos o firmes que normalmente se hacen en construcciones tradicionales.

Son utilizadas principalmente en bodegas, naves industriales y en lugares donde se requiera que el ruido exterior sea el mínimo, como foros de televisión, teatros, cines entre otros. También, por los materiales utilizados son muy empleadas para lugares donde se guardan equipos delicados (medicinas, alimentos, instrumentos eléctricos, etc.)

Al tener sección variable, sus características geométricas son difíciles de calcular, por lo que la mayoría de las empresas ofrecen estos datos a través de gráficas y tablas obtenidas de la estandarización del elemento. Estos son momentos de inercia, centroide, modulo de sección, volumen, área y capacidades para diferentes claros; esta información nos va a dar las dimensiones del miembro que necesitamos en un proyecto. En el presente trabajo, sólo presento los datos más representativos de la pieza, debido a la extensa información (en gráficas y tablas) que se fabrican (Fig.2.4.4).

Los miembros TTV, como elemento de cubierta, tienen la facilidad de que cuando en un proyecto se necesita que haya buena iluminación exterior, se le coloque entre sus nervaduras domos, con la alternativa de colocarlos también en medio de dos piezas (a todo lo largo del elemento)(Fig.2.4.3) .



Fig. 43

PERFIL DE ELEMENTOS TTV CON DOMO ENTRE ELLOS. UTILIZADO PARA LUGARES DONDE SE REQUIERE QUE HAYA ILUMINACIÓN CENTRAL .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

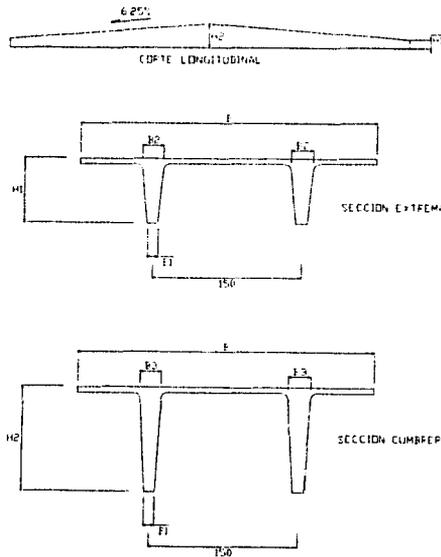


Fig 244

Concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Acero de Presfuerzo $fpu = 18\,900 \text{ kg/cm}^2$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN


CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE LA SECCION SIMPLE
(LOSA DOBLE TTV)

TIPO B/H	B cm.	B1 cm	B2 cm.	B3 cm.	LONG cm.	H1 cm.	H2 cm.	H4 cm	SECCIÓN		P. P kg/m ²
									A1 (cm ²)	A2 (cm ²)	
300/75	30 0	9	12. 7	17. 3	12.00	37.5 0	75	-	2543	3623	247
300/75	30 0	9	11. 6	17. 3	15.00	28.1 0	75	-	2358	3623	235
300/85	30 0	9	12	20	21.00	30.0 0	85	-	2307	4102	256
300/10 5	30 0	9	11. 5	21. 3	25.00	27.0 0	10 5	-	2233	4040	251
300/12 0	30 0	9	13. 4	25. 1	30.00	42.5 0	12 0	-	2622	6256	355

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



TRABE TY: Es muy utilizada en naves industriales y bodegas, por la capacidad de cubrir grandes claros, es una trabe presforzada; este elemento es portante ya que cuando es utilizada soporta lámina estructural. Tienen la ventaja que al darle cierta pendiente funcionan como una trabe canalón en el desalojo de agua pluviales; esta pendiente se logra con una diferencia de alturas en las columnas, que es donde se apoyan. Las obras donde se emplean estos miembros se destacan por su rapidez de ejecución, sobre aquellas donde se emplea lámina estructural, debido a que el montaje de los elementos en obra es bastante rápido.

El molde de esta pieza puede ser utilizado para las piezas de sección "T" contando con que en este se puedan abatir sus alas arriba y hacia abajo. Ya que se utiliza el mismo molde, la sección en el alma será la misma que para las de sección "T". El ángulo que forman las aletas con el nervio es generalmente de 20° existiendo miembros que llegan hasta 35° con respecto a la horizontal.

Las empresas cuentan con un tipo de molde con estas características, por lo que solo ofrecen un tipo de ancho, que varía entre los 194 y 300 cms. Los peraltes que manejan son de 80, 100 y 120 básicamente y que dependen del claro que tenga que cubrir. Los claros que cubren son de 15 a 30 m.

Las desventajas es su transportación (de la planta a la obra) tomando en cuenta que sólo es posible trasladar una pieza a la vez, lo que eleva su costo, También tienen el problema del volteo, que para asegurar al elemento durante el flete, colocan en los extremos arneses¹ que los sujetan; estos arneses en un lado se apoyan en el dolly² que sustituye a la plataforma del trailer.

¹ . Arnes. Es un accesorio metálico que sujeta a los precolados para que no se caigan (vease fot. 2.4..).

² . Dolly. Es una base o plataforma que cuenta con dos o mas ejes para el transporte de elementos, que son utilizados en los camiones y que tienen la característica de ser separados del tractor.



CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA SECCIÓN COMPUESTA											
TRABE (TY)											
TIPO B/H	B cm.	B1 cm.	B2 cm.	B3 cm.	H cm.	H1 cm.	H2 cm.	H3 cm.	H4 cm.	SECCION cm.	P.P kg/m
300/88	300	21.8	22.5	37.7	88	50	7.62	13.11	4	3591	862
300/98	300	21.5	22.5	37.7	98	60	7.62	13.11	4	3807	914
300/108	300	21.3	22.5	37.7	108	70	7.62	13.11	4	4021	965
300/118	300	21.0	22.5	37.7	118	80	7.62	13.11	4	4232	1016
300/128	300	20.8	22.5	37.7	128	90	7.62	13.11	4	4440	1066
300/138	300	20.5	22.5	37.7	138	100	7.62	13.11	4	4647	1115
300/148	300	20.3	22.5	37.7	148	110	7.62	13.11	4	4851	1164
300/158	300	20.0	22.5	37.7	158	120	7.62	13.11	4	5052	1212



TRABES PORTANTES. Se pueden fabricar en diferentes anchos, peraltes y longitudes según lo requiera el proyecto. Son utilizadas como elementos que reciben la carga de los miembros de entrepiso y azotea. Su empleo es en estructuras de concreto de cualquier índole; sus secciones son, Rectangulares, T-inv. L, el peralte del nervio varía en función de la altura del elemento de piso. Estas, piezas, generalmente trabajan en sección compuesta, ya que posterior a su colocación, se cuela un firme estructural.

Al ser elementos regulares pueden colarse en el sitio o ser prefabricados; la elección la dará la estandarización de las piezas en el proyecto, es decir la cantidad y geometría de elementos iguales. Si son prefabricados se tiene la ventaja de poder aplicarles presfuerzo, lo que mejora su comportamiento si se asegura que las conexiones trabajen monóticamente.

SECCIÓN RECTANGULAR. Es la más sencilla en el proceso de fabricación. Por la variedad en sus dimensiones, en ocasiones, llega a ser de 100 cms. Hay veces que no cuentan con el molde por lo que recomiendan justificar inversión en este cuando en el proyecto se requieran más de 300 ml. Esta sección también puede ser utilizada como pieza de rigidez.

SECCIÓN L. Pieza utilizada en los ejes perimetrales de la construcción; su patín inferior permite que descansen sólo en uno de sus lados (en el lado del patín), otros miembros estructurales. Por su geometría no es recomendable utilizarlos como elementos de Rigidez.

SECCIÓN T-INV. Puede recibir cargas en ambos lados de su nervadura. Usada en los ejes intermedios de la construcción. Al ser prefabricada y al aplicarle presfuerzo, presenta la ventaja de salvar grandes claros y reducir sus



dimensiones. Puede ser el molde aprovechado para sección L, ya que tapando uno de sus cachetes se tiene dicha sección (Fig. 2.4.6).

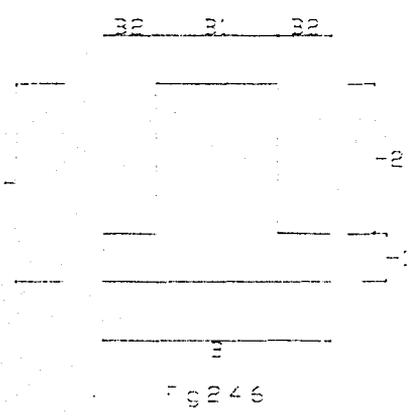
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
 Acero de Presfuerzo $fpu = 18\ 900 \text{ kg/cm}^2$

SECCIÓN TRABE T-INV (SIMPLE)

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA SECCIÓN SIMPLE											
(TRABE T-INV)											
TIPO B/H	B cm	B1 cm.	B2 cm	B3 cm	H cm	H1 cm	H2 cm	H3 cm	H4 cm	SECCIÓN cm ²	P.P kg/ m
60/60	60	30	15	-	60	30	30	-	-	2700	648
60/80	60	30	15	-	80	30	50	-	-	3300	792
60/100	60	30.0	15	-	100	40	60	-	-	4200	1008





TRABES DE RIGIDEZ. Estos elementos no reciben carga; se diseñan para sección simple o compuesta para diferentes claros y soportar su propio peso. Las secciones más comunes son las rectangulares, la I, y una combinación de ambas. Su geometría varía dependiendo de la experiencia y juicio del estructurista, por ésta razón no se incluye en los catálogos (además de que no presentan secciones constantes si son combinadas)

Con la pieza de sección I se logra mejor aprovechamiento en los materiales, quitando concreto en las zonas donde no trabaja y aprovechando el acero donde se presentan los máximos esfuerzos.

En la combinación de la sección I con la rectangular, se aprovecha la mayor sección en los lugares donde se necesite más, por ejemplo en la zona de unión entre la trabe y la columna, donde se presentan los mayores esfuerzos cortantes.

Las trabes de Rigidez de sección combinada, están distribuidas a lo largo de la pieza entre partes, tratando de aprovechar mejor cada sección:

- 1).- En los extremos, la sección rectangular
- 2).- Una zona de transición entre la sección rectangular y la I
- 3).- En la parte media, la sección I

Los elementos de sección I también son muy utilizados en puentes, porque alcanzan a cubrir claros de hasta 42 metros. La geometría de estas piezas varía de acuerdo al claro que se necesite.

En estos casos la sección I también puede trabar como miembro portante, debido a que así lo permite su geometría. Son más conocidas como Trabes AASHTO.

Cuando las dimensiones son grandes y la transportación se dificulta, se cuela al miembro en la obra y se realiza un postensado. Podemos encontrar 5 tipos de Trabes AASTHO en el mercado nacional (tipo 11,111,1V, 1V modificada, VI)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



COLUMNAS. Como productos Standard sólo encontramos la rectangulares y las cuadradas.

Las cuadradas varían de 25 a 60 cms., mientras que las rectangulares alcanzan hasta 100 cms. en la dimensión mayor de la sección.

Las Columnas Prefabricadas generalmente cuentan con ménsulas que sirven de conexión con otro elemento, como las Trabes Portantes y de Rigidez que forman a la estructura prefabricada.

Las ménsulas varían en su geometría, van de 2 y 4 por nivel y pueden indicar el número de estos.

Su proceso de fabricación si lleva 2 ménsulas, es colocar su cimbra en ambos lados del molde y posteriormente colar elemento; si lleva 3, se coloca un tercer cajón por encima del miembro y se cuela; una cuarta mensual puede integrarse al elemento haciendo un colado posterior, dejando una placa ahogada en el colado de primera etapa para poder soldar el armado de la cuarta ménsula (esto cuando la barra haya alcanzado su resistencia y girada 180) colándola finalmente.

El número de elementos iguales determina el proceso de fabricación, por ejemplo si van a fabricar gran cantidad de columnas y estas llevan 4 ménsulas, resulta más económico hacer un hueco en la parte inferior del molde y colocar un fondo falso con las dimensiones de la ménsula, para fabricar la pieza en una sola operación al momento de colar.

La transportación de las Columnas Prefabricadas es importante, ya que en ocasiones las dimensiones permitidas (longitud y ancho del elemento) dificultan el acceso a la obra, sobre todo en aquellos que rebasan los 30 mts. de longitud y en las columnas Tipo Cruz que puedan tener más de 30 mts. de ancho.

Una alternativa en transportación es la fabricación en secciones, para que se implementen y se forme la unidad completa en obra; otra es la introducción



de presfuerzo a la barra, lo que permite transportar unidades de mayor longitud ya que las mantiene precomprimidas, lo que contrarresta los esfuerzos de tensión provocados por las fuerzas laterales del trailer a causa de los movimientos de este durante el viaje.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



PIEZAS ESTRUCTURALES ESPECIALES.

Son los elementos que por necesidades del proyecto, se tendrá la necesidad de sugerir geometrías especiales que cubran con las necesidades y requerimientos. Para estos elementos no se tendrán los datos predeterminados como se vio en la sección anterior; como en el caso de las llamadas Trabes Dragón que tienen la función de sustentar las gradas o escalones (Fot. 2.4.7).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fot. 2.4.7.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



III. DISEÑO Y ANÁLISIS DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA PRECOLADOS

Los inicios del concreto datan del período del Imperio Romano, en el cual el cemento que consistía de cal muerta puzolana (ceniza volcánica conteniendo sílice) era mezclado con grava, teja rota y ladrillo para formar un concreto.

También durante el Imperio Romano se utilizó algún principio de refuerzo ordinario, este es para resistir el deslizamiento y agrietamiento en los domos, se colocaban cadenas de hierro entre la cimbra en la que finalmente se colaría el concreto. En 1756 John Smeaton reinstaló el arte de hacer cemento hidráulico extraído de rocas naturales.

El cemento Pórtland fue inventado en el año de 1824 en Inglaterra, El concreto es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, agregados y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material heterogéneo, algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos o adicionantes, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. El peso volumétrico del concreto es elevado en comparación con el de otros materiales de construcción y como los elementos estructurales de concreto son generalmente voluminosos, el peso es una característica que debe tomarse en cuenta. Su valor oscila entre 1.9 y 2.5 ton/m³ dependiendo principalmente de los agregados pétreos que se empleen.

Algunas de las otras características del concreto se ven influidas por su peso volumétrico, como se verá más adelante. Por esta razón algunos reglamentos de construcción establecen disposiciones que dependen del peso volumétrico. El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, por ejemplo, define dos clases de concreto: clase 1, que tiene un peso volumétrico en estado fresco superior a 2.2 ton/m³, y clase 2 cuyo peso volumétrico está comprendido entre 1.9 y 2.2 ton/m³. El concreto simple, sin refuerzo, es resistente a la



compresión, pero es débil en tensión, lo que limita su aplicabilidad como material estructural. Para resistir tensiones, se emplea refuerzo de acero, generalmente en forma de barras, colocado en las zonas donde se prevé que se desarrollarán tensiones bajo las acciones de servicio. El acero restringe el desarrollo de las grietas originadas por la poca resistencia a la tensión del concreto. El uso del refuerzo no está limitado a la finalidad anterior, también se emplea en zonas de compresión para aumentar la resistencia del elemento reforzado, para reducir las deformaciones debidas a cargas de larga duración y para proporcionar confinamiento lateral al concreto, lo que indirectamente aumenta su resistencia a la compresión. La combinación de concreto simple con refuerzo constituye lo que se llama concreto reforzado.

El concreto presforzado es una modalidad del concreto reforzado, en la que se crea un estado de esfuerzos de compresión en el concreto antes de la aplicación de las acciones. De este modo, los esfuerzos de tensión producidos por las acciones quedan contrarrestados o reducidos. La manera más común de presforzar consiste en tensar el acero de refuerzo y anclarlo en los extremos del elemento.



3.1 CRITERIOS DE DISEÑO.

Dependiendo de la aplicación que se le da a los diferentes elementos estarán expuestos a las siguientes condiciones.

Exposición Ligera. Cuando se desee la inclusión de aire por otros efectos benéficos que no sean la durabilidad, por ejemplo para mejorar la cohesión, trabajabilidad o para incrementar la resistencia del concreto con bajo factor de cemento pueden emplearse contenidos de aire inferiores a los necesarios para la durabilidad. Esta exposición incluye servicio interior o exterior en climas en los que el concreto no estará expuesto a agentes de congelación o deshielo.

Exposición moderada. Implica servicio en clima donde es posible la congelación pero en los que el concreto no estará expuesto continuamente a la humedad o al agua corriente durante largos períodos antes de la congelación, ni a agentes descongelantes u otros productos químicos agresivos. Como ejemplos pueden señalarse: vigas exteriores, columnas, muros, trabes o losas que no estén en contacto con el terrero húmedo y que esté ubicadas de manera que no reciban aplicaciones directas de sales descongelantes.

Exposición severa. El concreto expuesto a productos químicos descongelantes u otros agentes agresivos, o bien cuando el concreto pueda resultar altamente saturado por el contacto continuo con humedad o agua corriente antes de la congelación. Ejemplos de lo anterior son: pisos de puente, guarniciones, desagües, aceras, revestimiento de canales, tanques exteriores para agua o resumideros.

La capacidad para ajustar las propiedades del concreto a la necesidades de la obra refleja un desarrollo tecnológico que no tuvo lugar sino a partir de los primeros años de este siglo, el empleo de la relación agua/cemento como



herramienta para estimar la resistencia fue reconocido alrededor del año 1918. Las notables mejoras en la durabilidad, resultantes de la inclusión de aire, fueron reconocidas a principios de los años cuarenta. Estos dos importes adelantos en la tecnología del concreto, se han visto aumentados por las extensas investigaciones y de desarrollo de muchas áreas afines, incluido el empleo de aditivos para contrarrestar posibles deficiencias, desarrollar propiedades especiales o economizar.

Las proporciones calculadas por cualquier método deben considerarse siempre objeto de una revisión basada en la experimentación con las mezclas de prueba. De acuerdo con las circunstancias, las mezclas de prueba pueden prepararse en un laboratorio de preferencia, como muestras de campo de tamaño natural. Este último procedimiento, cuando es factible, evita las posibles fallas derivadas de suponer que los datos de pequeñas mezclas hechas dentro del laboratorio predicen el comportamiento en condiciones de campo. Cuando se emplean agregados de tamaño máximo (mayores de 5 cm.) las mezclas de prueba de laboratorio deben verificarse y ajustarse en el campo, empleando mezcladoras del tamaño y tipo de las que se utilizarán en la construcción.

Las proporciones del concreto deben seleccionarse de manera que sea posible obtener la facilidad de colado, densidad, resistencia y durabilidad necesaria para determinada aplicación. Además, al dosificar concreto masivo, debe tomarse en cuenta la generación de calor. A continuación se analizan las relaciones establecidas que rigen estas propiedades.

Colado (incluye propiedades satisfactorias del acabado). Comprende las características consideradas por separado en los términos trabajabilidad y consistencia. Para los fines de este análisis se considera que la trabajabilidad es una propiedad del concreto que determina su capacidad de ser colado y compactado apropiadamente y de tener un acabado sin segregación nociva. Engloba conceptos tales como moldeabilidad, adhesión y compactibilidad, además afectan la granulometría, forma de las partículas y proporción de



agregado; la cantidad de cemento, la presencia de aire incluido, los aditivos y la consistencia de la mezcla.

Consistencia. Definida a grandes rasgos, es la humedad de la mezcla de concreto. Se mide en términos de revenimiento cuanto más elevado sea el revenimiento, más agua contiene la mezcla y afecta la facilidad con que el concreto fluye durante el colado. Está relacionada con la trabajabilidad, pero no es un sinónimo de ésta. En concretos correctamente proporcionados, el contenido unitario de agua necesario para producir un revenimiento determinado, dependerá de varios factores. El requerimiento de agua aumenta conforme los agregados son más angulosos de textura más áspera (pero esta desventaja puede compensarse mejorando otras características, como su adherencia a la pasta de cemento). El requerimiento de agua para la mezcla disminuye conforme aumenta el tamaño máximo de agregados bien graduados y con la inclusión de aire. El requerimiento de agua en la mezcla se reduce a veces significativamente con el empleo de ciertos aditivos.

Resistencias. La resistencia es una característica importante del concreto, pero otras, como la durabilidad, permeabilidad y resistencia al desgaste, son a menudo igualmente importantes o más. Estas características pueden estar relacionadas con la resistencia de una manera general, pero también son afectadas por factores que no están significativamente asociados con ella. En el caso del concreto masivo, las mezclas se proporcionan generalmente para satisfacer la resistencia diseñada para edades avanzadas, sin embargo, al proporcionar concretos masivos debe considerarse también la resistencia temprana más adecuada para permitir la remoción y anclaje de la cimbra.

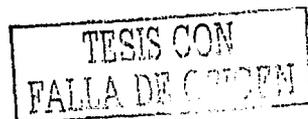
En un conjunto determinado de materiales y condiciones, la resistencia del concreto se rige por la cantidad neta de agua empleada por cantidad unitaria de cemento. El contenido neto de agua excluye el agua absorbida por los agregados. Pueden observarse diferencias en la resistencia de una mezcla con determinada relación agua/cemento, debidas a cambios en el tamaño máximo de agregado, la graduación, la textura de la superficie, la forma, resistencia y



rigidez de las partículas del agregado; las diferencias en el tipo de cemento y las fuentes de aprovisionamiento en el contenido de aire y en el empleo de aditivos que afecten el proceso de hidratación del cemento o que desarrollen por sí mismos propiedades aglutinantes. No obstante, dado su número y complejidad, es obvio que una predicción precisa de la resistencia debe basarse en mezclas de prueba o en la experiencia obtenida con los materiales que se van a emplear.

Durabilidad. El concreto debe ser capaz de soportar exposiciones que puedan privarlo de su eficacia: congelación y deshielo, humedad y secado, calentamiento y enfriamiento, sustancias químicas, agentes descongelantes y otros. Puede mejorarse la resistencia a algunos de estos factores mediante el empleo de componentes especiales: cemento de bajo contenido de álcali, puzolanas o agregado seleccionado para evitar la expansión nociva a la reacción álcali/agregado, que ocurre en algunas áreas cuando el concreto está expuesto a ambientes húmedos, cementos o puzolanas sulfato resistentes para concretos expuestos al agua de mar o a terrenos sulfatados, o agregado sin excesivas partículas blandas, cuando se requiera resistencia a la abrasión de la superficie. El empleo de una baja relación agua/cemento prolonga la vida del concreto al reducir la penetración de líquidos agresivos. La resistencia a condiciones ambientales severas, particularmente a la acción congelación-deshielo, así como a las sales empleadas para descongelar, se mejora significativamente mediante la incorporación de aire incluido bien distribuido. El aire incluido debe ser empleado en todo el concreto aparente expuesto a climas que alcanzan el punto de congelación.

Densidad. Para ciertas aplicaciones, el concreto puede emplearse principalmente por su característica de peso. Ejemplos de estas aplicaciones son los contrapesos de los puentes levadizos, las pesas para hundir en el agua tuberías de petróleo, como protección contra la radiación y como aislante acústico. Mediante el empleo de agregados especiales se obtienen concretos que pueden colarse con densidades tan elevadas como $5\ 600\ \text{Kg/m}^3$.





Generación de calor. Un factor digno de tenerse en cuenta al dosificar concreto masivo, es el tamaño y forma de la estructura completa o de la parte donde va a ser empleado. Los colados de concreto tan grandes que ameriten tomar medidas -

para controlar la generación de calor y los cambios resultantes dentro de la masa, requieren la consideración de las medidas de control de temperatura. Por regla general, la hidratación del cemento producirá una elevación de la temperatura en el concreto de 7 a 11°C por cada 60 Kg. de cemento Pórtland en 1 m³. si la elevación de la temperatura de la masa del concreto no se mantiene al mínimo, para permitir que el calor se disipe a una velocidad razonable o si el concreto es sometido a un enfriamiento rápido, es probable que ocurra agrietamiento. Las medidas de control de temperatura pueden incluir una temperatura inicial de colado relativamente baja, cantidades reducidas de materiales aglutinantes, circulación de agua enfriado y en ocasiones, aislamiento de las superficies de concreto según sea necesario para ajustarse a las diversas condiciones y exposiciones del concreto. Cabe señalar que el concreto masivo no es necesariamente concreto de agregado grande y que la preocupación por la generación de calor excesivo en el concreto no está confiada a estructuras masivas de presas o cimentaciones. Muchos elementos estructurales grandes pueden ser de gran masa y requerir que se tenga en cuenta la generación de calor, particularmente cuando las dimensiones mínimas de una sección transversal de un miembro de concreto sólido se aproximen o excedan de los 60 a 90 cm. o cuando se están considerando contenidos de cemento superiores a 356 Kg/m³.

3.2 PRUEBAS DE LABORATORIO

Las pruebas de laboratorio más comunes que se realizan en los agregados para el diseño de la mezcla de concreto son:

- 1.- Granulometría.
- 2.- Densidades.



3.- Absorciones.

4.- Peso volumétrico

5.- Pérdida por lavado

6.- Humedades

1.- El análisis granulométrico de un agregado consiste en separar y conocer los porcentajes de cada tamaño que lo conforma.

El módulo de finura de la arena es un índice que describe la proporción de finos y gruesos para una arena dada; y es igual a una centésima parte de la suma de los porcentajes acumulados retenidos en 6 mallas STANDAR 4,8,16,30,50,100.

Clasificación de las mallas:

TYLER. (4, 8, 14, 28, 48,100).

STANDAR (4, 8, 16, 30, 50, 100).

MALLA #	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO
4	1	1
8	18	19
16	20	39
30	19	58
50	18	76
100	16	92
		SUMA = 285



$$M.F. = \frac{\text{SUMA DE \% ACUM. RET.}}{100} = \frac{285}{100} = 2.85$$

DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA:

EQUIPO (PARA ARENA Y GRAVA).

- A) Balanza de torsión con capacidad de 1 kg. Y 0.1 grs. De sensibilidad
- B) Báscula de 135 kg.
- C) Juego de mallas de 8" de diámetro del # 4,8,10,28,48,100 fondo y tapa clasificación TYLER
- D) Juego de mallas de 8" de diámetro del # 4,8,16,30,50,100 fondo y tapa clasificación ESTÁNDAR
- E) Juego de tamices de 305 mm. ó 406 mm. de diámetro (12" ó 16") con aberturas cuadradas de 152.4 (6") , 76.2 (3") , 38.1 (1 ½") , 19.1 mm. (¾") y 9.5 mm. (⅜") y 4.76mm. (⅜").
- F) Charola de lámina galvanizada
- G) Brocha de cerda y cepillo de alambre

Procedimiento para la arena:

- 1) 1.- Se cuartea la muestra total de la arena previamente secada hasta obtener 500 grs.
- 2) La cantidad de muestra pesada se cernirá en las mallas superpuestas de mayor a menor.
- 3) Vertida la muestra sobre la malla superior no. 8 la operación de cribado se hará soportando la serie de mallas sobre los dedos e inclinándole de un lado a otro a la vez que se golpean sus costados con las palmas de la mano.
- 4) Una vez comprobado que cada malla ha dado paso a todo el material menor que su apertura para lo cual se habrá observado que durante un

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



minuto no pasa más que el 1% del reteniendo las porciones se colocarán en recipientes por separado para posteriormente pesarlos.

- 5) Las MALLAS deben quedar siempre limpias después de vaciar su contenido y para esto se utilizará el cepillo de alambre o el brochado según la apertura/hilos.
- 6) Se pesa cada una de las porciones obteniendo en el cribado con aproximado de 0.1 gr.

Por esta razón se conservarán por separado las distintas porciones después de pesado para en caso necesario comprobar los pasos obtenidos.

Procedimiento para la grava:

- 1) Para el análisis granulométrico de la grava se requiere una muestra con un peso total no menor de 25 Kg. obtenido por cuarteo.
Las muestras se cernirán en las MALLAS especificadas separando en charolas los retenidos correspondientes. Se deberá tener cuidado de que no queden partículas atrapadas entre los alambres que forman las MALLAS.
- 2) Una vez separado el material se procede a pesar cada porción en charolas taradas. Los pesos obtenidos deberán registrarse.

DETERMINACIÓN DE DENSIDADES.

Se llama densidad relativa a la relación entre el peso de un volumen dado de un material saturado y superficialmente seco y el peso del mismo volumen de agua destilada a 4 grados de temperatura.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Método de gabinete en arenas.

Procedimiento. Se afora con agua el frasco de lechatelier, haciendo coincidir el menisco inferior con la marca o se seca el interior del cuello del frasco y se pone en la balanza de torsión 50 gr. de material; se vierte en el frasco de lechatelier los 50 gr. de la muestra; se toma el frasco ligeramente inclinado dando giros de izquierda a derecha y de derecha a izquierda, hasta expulsar totalmente el aire arrastrado por el material.

Se pone el frasco en posición vertical y se hace la lectura al nivel del menisco inferior, esta lectura se anota y arroja directamente el volumen de la muestra introducida.

$$\text{Densidad} = \frac{P}{V}$$

P= Peso de el material de arena s.s.s.

V= Volumen desalojado en el frasco.

DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN.

La cantidad de agua retenida por un material arena o grava, después de estar sumergida en ella durante 24 hrs. se expresa como porcentaje del peso seco del material.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



$$\% \text{ de absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

B= Peso de la muestra saturada.

A= Peso de la muestra seca.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Peso volumétrico.

El peso volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo expresado en kg/m³.

Hay dos valores para esta relación dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material inmediatamente antes de la prueba.

- a) **Peso volumétrico suelto:** Se usa invariablemente para la conversión peso a volumen, es decir, para saber el consumo de agregados por m³ de concreto.
- b) **Peso volumétrico varillado:** Este valor se usa para conocimientos de volúmenes de materiales apilados y que están sujetos a acomodamientos o asentamientos por el tránsito sobre ellos o por la acción del tiempo. Los agregados deberán estar secos a la intemperie.

$$\text{kg/m}^3 = \frac{P-p}{V} \times 100$$

P= PESO PROPIO DE LA MEDIDA MÁS PESO DEL MATERIAL
EN KG.

p= PESO PROPIO DE LA MEDIDA

V= VOLUMEN DEL MATERIAL MEDIDO EN LTS.

PERDIDA POR LAVADO.

La presencia de material de tamaño menor de 0.074 mm. (MALLA 200) en una arena puede ser considerada como impureza y por lo tanto es necesario conocer su cantidad.

Equipo: Balanza de torsión 1kg. de capacidad y 0.1 gr. de sensibilidad; charola o recipiente de tamaño suficiente para contener la muestra cubierta de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



agua que a la vez permitirá agitaciones vigorosas sin pérdida de muestra o agua; parrilla y agitador.

ARENA

- 1) Se toma una muestra obtenida por cuarteo.
- 2) Se seca la muestra en estufa a temperatura no mayor de 110°C Hasta obtener peso constante.
- 3) De la muestra seca se pesan 500 grs. y se registra dicho peso.
- 4) Se vierte esta cantidad de muestra en la charola y se cubre con agua.
- 5) Se agita vigorosamente teniendo cuidado de no perder ni agua ni muestra.
- 6) A continuación se vacía el agua sobre la MALLA 200; 4°, 5° ó 6° tantas veces como sea necesario hasta obtener un agua de lavado completamente limpia.
- 7) Se regresa el retenido en la MALLA 200 a la charola de lavado.
- 8) Se seca en la estufa hasta obtener peso constante.
- 9) Se pesa el material ya seco y se registra su peso.

Cálculo:

$$\begin{array}{l} \text{\% de} \\ \text{material fino} \\ \text{que pasa la} \\ \text{malla 200} \end{array} = \frac{P-p}{V} \times 100$$

P= PESO ORIGINAL DE LA MUESTRA.
p= PESO DEL MATERIAL LAVADO.



Para la grava se usará un procedimiento parecido a de la arena solamente que con mayor cantidad.

$\frac{3}{16}$ a $\frac{3}{8}$ 100 a 1500 grs.

$\frac{3}{8}$ a $\frac{3}{4}$ 1500 a 2000 grs.

$\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{2}$ 2500 a 3500 grs.

Humedades:

La humedad de un agregado está compuesta por dos valores.

- a) humedad de absorción.
- b) humedad superficial.

Equipo: Balanza de torsión de 1 kg. y 0.1 gr. de sensibilidad, charola, brochuelo y estufa.

Se toma una muestra representativa del material mediante cuarteo

Menor a ($\frac{3}{16}$) 0.2 kg.

($\frac{3}{16}$ a $\frac{3}{4}$) 0.5 kg.

($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{2}$) 1.0 kg.

Se pesa y se anota.

Se seca en estufa o parrilla a una temperatura de 100 a 110 °C, hasta obtener un peso constante.

Las pesadas se hacen estando el material frío.

Cálculos:

$$\% \text{ de humedad total} = \frac{P-p}{P} \times 100$$

P= Peso original de la muestra.

P= Peso seco.



3.3. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

El procedimiento que a continuación se enuncia, es aplicable para concreto de peso normal.

Primer paso. *Elección del revenimiento.* Cuando no se especifica el revenimiento, puede seleccionarse un valor apropiado para la obra de los que aparecen en la tabla 3.3.1 Las variaciones de revenimiento que se muestran son aplicables cuando se emplea el vibrado para compactar el concreto. Deben emplearse mezclas de la consistencia más densa, que pueden colocarse con buen rendimiento.

Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción		
Tipos de Construcción	Revenimiento en cm.	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas.	8	2
Zapatas, campanas y muros de subestructura sencillos.	8	2
Vigas y muros reforzados.	10	2
Columnas para edificios.	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto masivo	5	2

Tabla 3.3.1



Segundo paso. *Elección del tamaño máximo de agregado.* Los tamaños más grandes de agregados bien graduados tienen menos huecos que los tamaños más pequeños, por esto, los concretos con agregados de tamaño mayores requieren menos mortero por volumen unitario de concreto. Por regla general, el tamaño máximo de agregado debe ser el mayor disponible económicamente y guardar relación con las dimensiones de la estructura. En ningún caso el tamaño máximo debe exceder de $\frac{1}{5}$ de la menor dimensión entre los costados de las cimbras, $\frac{1}{3}$ del espesor de las losas, ni $\frac{3}{4}$ del espacio libre mínimo entre varillas de refuerzo individuales, paquetes de varillas o torones de pretensado. A veces, estas limitaciones se pasan por alto si la trabajabilidad y los métodos de compactación permiten que el concreto sea colado sin cavidades o huecos. Cuando se desea un concreto de alta resistencia, se pueden obtener mejor resultado con agregados de tamaño máximo reducido, ya que éstos producen resistencias superiores con una relación agua/cemento determinada.

Tercer paso. *Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire.* La cantidad de agua por volumen unitario de concreto requerida para producir determinado revenimiento, depende del tamaño máximo de la forma de la partícula y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incluido. No le afecta significativamente el contenido de cemento.

En la tabla 3.3.3 aparecen valores estimados del agua de mezclado requerida para concretos hechos con diversos tamaños. Máximos de agregado, con y sin aire incluido. Según sea la textura y forma del agregado, los requerimientos de agua de mezclado pueden estar ligeramente por encima o por debajo de los valores tabulados, pero son lo suficientemente precisos para el primer cálculo. Estas diferencias en el requerimiento de agua no se reflejan necesariamente en las resistencias, ya que pueden estar implicados otros factores de compensación. Por ejemplo, de un agregado redondeado y otro angular, ambos gruesos, bien graduados y de buena calidad se espera que puedan producir concretos de aproximadamente la misma resistencia a la compresión



por el mismo factor de cemento, a pesar de la diferencia en la relación agua/cemento resultante de los diferentes requerimientos de agua de mezclado. La forma de la partícula no indica por sí misma que el agregado estará por encima o por debajo del promedio en cuanto a su capacidad para obtener resistencia.

En la parte superior de la tabla 3.3.3 se indica la cantidad aproximada de aire atrapado que puede esperarse en concretos sin inclusión de aire y en la parte inferior, el promedio de contenido de aire recomendado para concretos con inclusión de aire. Para el caso de que sea necesario o deseable incluir aire, se señalan tres niveles de contenido de aire para cada tamaño de agregado, los que dependen del propósito de la inclusión de aire y de la severidad de la exposición, si la inclusión de aire está en función de la durabilidad.



TABLA 3.3.3 Requisitos de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado

Revenimiento, cm	Agua, kg/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales de agregado, (mm)							
	10#	12.5#	20#	25#	40#	50+#	70+(++)	150+(++)
	Concreto sin aire incluido							
De 3 a 5	205	200	485	180	160	155	145	125
De 8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
De 15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	-
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin inclusión de aire, expresado como un porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	Concreto con aire incluido							
De 3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120
De 8 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135
De 15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	-
Promedio recomendado ## del contenido Total de aire, porcentaje de acuerdo con el Nivel de exposición.								
Exposición ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5 ### 2+	1.0 ### 2+
Exposición moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5 ### 2+ 4.5 ###	3.0 ### 2+
Exposición severa (4+)	7.5	7	6	6	5.5	5	2+	4.0 ### 2+

#.- Estas cantidades de agua de mezclado se emplean para calcular factores de cemento en mezclas de prueba. Son cantidades máximas de agregados gruesos angulares, razonablemente bien formados y con granulometría dentro de los límites de especificaciones aceptadas.

+.- Los valores de revenimiento para concreto con agregado mayor de 40 mm está basados en pruebas de revenimiento después de la remoción de las partículas mayores de 40mm. mediante tamizado húmedo.



(++) Estas cantidades de agua mezclado se emplean para calcular factores de cemento para calcular factores de cemento para mezclas de prueba, cuando se utilizan agregados de tamaño máximo nominal de 70 ó 150 mm. son promedios para agregados gruesos razonablemente bien formados y con buena granulometría de grueso a fino.

#.- En varios documentos del ACI aparecen recomendaciones adicionales con respecto al contenido de aire y a las tolerancias necesarias de contenido de aire para control en el campo. Entre estos documentos están: ACI 201, 345, 318 301 y 302. La norma ASTM C94 para concretos concordar exactamente, por lo que al proporcionar concreto debe presentarse atención de un contenido de aire que se ajuste a las necesidades de la obra, así como a las especificaciones aplicables.

#.- Para un concreto que contienen agregados grandes que serán tamizados en húmedo a través de una malla de 1 ½ pulgadas antes de someterse a la prueba de contenido de aire, el porcentaje de aire esperado en el material de tamaño inferior a 40 mm debe ser como el tabulado en la columna de 40mm, sin embargo los cálculos iniciales de proporción deben incluir el contenido de aire como un porcentaje del total.

2+.- Cuando se emplean agregados grandes en concretos con bajo factor de cemento, la inclusión de aire no debe ir detrimento de la resistencia. En la mayoría de los casos el requerimiento de agua de mezclado se reduce lo suficiente para mejorar la relación agua/cemento y de esta manera, compensar el efecto reductor de resistencia del concreto con infusión de aire. Generalmente, sin embargo para dichos tamaños máximos grandes de agregado los contenidos de aire recomendados en caso de exposición severa deben tomarse en consideración aunque pueda haber poca o ninguna exposición a la humedad o al congelamiento.

4+.- Estos valores se basan en el criterio de que es necesario un 9 %de aire en la fase de mortero del concreto. Si el volumen del mortero va a ser sustancialmente diferente del determinado en esta obra, puede ser conveniente calcular el contenido de aire necesario tomando un 9% del volumen real del mortero.

Exposición Ligera. Cuando se desee la inclusión de aire por otros efectos benéficos que no sean la durabilidad, por ejemplo para mejorar la cohesión o trabajabilidad o para incrementar la resistencia del concreto con bajo factor de cemento pueden emplearse contenidos de aire inferiores a los necesarios para

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



la durabilidad. Esta exposición incluye servicio interior o exterior en climas en los que el concreto no estará expuesto a agentes de congelación o deshielo.

Exposición moderada. Implica servicio en clima donde es posible la congelación pero en los que el concreto no estará expuesto continuamente a la humedad o al agua corriente durante largo períodos antes de la congelación, ni a agentes descongelantes u otros productos químicos agresivos. Como ejemplos pueden señalarse: vigas exteriores, columnas, muros, trabes o losas que no se estén en contacto con el terrero húmedo y que esté ubicadas de manera que no reciban aplicaciones directas de sales descongelantes.

Exposición severa. El concreto expuesto a productos químicos descongelantes u otros agentes agresivos, o bien cuando el concreto pueda resultar altamente saturado por el contacto continuo con humedad o agua corriente antes de la congelación. Ejemplos de lo anterior son: pisos de puente, guarniciones, desagües, aceras, revestimiento de canales, tanques exteriores para agua o resumideros.

El empleo de cantidades normales de aire incluido en concretos con resistencia específica de 350 kg/cm^2 o aproximada, puede no ser factible debido al hecho de que cada porcentaje de aire adicional reduce la resistencia máxima que se puede obtener con determinada combinación de materiales. En estos casos, la exposición al agua, sales descongelantes y temperaturas de congelación deben ser cuidadosamente evaluadas. Si un elemento no va a estar continuamente mojado ni expuesto a sales descongelantes, son apropiados los valores de contenido de aire más bajos, como los que señalan en la tabla 3.3.3 para exposición moderada, aunque el concreto este expuesto a temperaturas de congelación deshielo. Sin embargo, en condiciones de exposición en las que el elemento puede estar saturado antes de la congelación, no debe sacrificarse el aire incluido a favor de la resistencia.



Cuando se emplean mezclas de prueba con el fin de establecer las relaciones de resistencia o verificar la capacidad para producir resistencia de una mezcla, debe emplearse la combinación menos favorable de agua de mezclado y aire incluido, es decir, el contenido de aire debe ser el máximo permitido y el concreto se debe mezclar para un revenimiento lo más elevado posible. Esto evitará la elaboración de un cálculo demasiado optimista de la resistencia, basado en la suposición de que, en el campo prevalecerán las condiciones promedio en vez de presentarse condiciones extremas. Para obtener información sobre las recomendaciones relativas al contenido de aire, consultándose ACI 201, 301 y 302.

Cuarto paso. *Selección de la relación agua/cemento.* La relación agua /cemento requerida se determina no sólo por los requisitos de resistencia, sino también por otros factores como la durabilidad y las propiedades del acabado. Puesto que diferentes agregados y cementos producen, generalmente, distintas resistencias empleando la misma relación agua/cemento, es muy deseable establecer una relación entre resistencia y la relación agua/cemento para los materiales que de hecho van a emplearse. En ausencia de estos datos, pueden tomarse de la tabla 3.3.4^a valores aproximados y relativamente conservadores para concretos que contengan cemento Pórtland Tipo 1 con materiales comunes. Las relaciones tabuladas de agua/cemento deben producir las resistencias indicadas, con base en pruebas a los 28 días de muestras curadas en condiciones normales de laboratorio. La resistencia promedio seleccionada debe, por supuesto, exceder de la límites especificados las pruebas con bajos valores.

Para condiciones de exposición severas la relación agua/cemento debe mantenerse baja, aun cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse con valores mayores. En la tabla 3.3.4 (b) aparecen los valores límite.

Cuando se emplean los valores puzolanicos en el concreto, debe considerarse una relación agua/cemento más puzolana por peso, en vez de la tradicional



relación agua/cemento por peso. Existen dos enfoques que se emplean normalmente para determinar una relación $(W/C + P)$ que pueda considerarse equivalente a la relación W/C de una mezcla que contiene solamente cemento Portland:

- a) Peso equivalente del material aglutinante
- b) Volumen absoluto equivalente del material aglutinante en la mezcla.

Para el primer enfoque (la equivalencia del peso) el peso total del material aglutinante sigue siendo el mismo, es decir, $(W/(C + P) - W/C$ directamente), pero, el volumen absoluto total de cemento mas puzolana, normalmente será ligeramente mayor. Con el segundo enfoque, aplicado la ecuación 3.3.4.2, se calcula una relación de volumen absoluto, pero que reducirá el peso total del material aglutinante, puesto que el peso específico de las puzolanas es normalmente inferior al del cemento.

Las ecuaciones para convertir una relación agua/cemento, W/C , deseada a una relación por peso de agua/cemento mas puzolana, $W/(C + P)$, por: una parte la equivalencia de peso o por otra la equivalencia de volumen que son las siguientes:

Equivalencia de peso (ecuación 3.3.4.1)

$W/(C+P)$ Relación de peso, equivalencia de peso= W/C .

TABLA 3.3.4^a Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Resistencia a la compresión a los 28 días, (kg/cm ² *)	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	-
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

*Los valores son resistencias promedio estimadas para concreto que no contiene más del porcentaje de aire que se indica en la tabla 3.3.3 Para una relación agua/cemento constante se reduce la resistencia del concreto conforme se incrementa el contenido de aire.

La resistencia se basa en cilindros de 15 x 30cm, curados con humedad a los 28 días a $23 \pm 1.7^\circ\text{C}$, de acuerdo con la sección 9 (b) de la norma ASTM C31.

La relación supone un tamaño máximo de agregado de $\frac{3}{4}$ a 1", para un banco dado, la resistencia por una relación agua/cemento dada se incrementará conforme se reduce el tamaño máximo de agregado.



Donde:

$\frac{W}{C+P}$ = Peso del agua dividido entre el peso del cemento + puzolana

$\frac{W}{C}$ = Relación agua/cemento deseada por peso

Cuando se emplea el enfoque de equivalencia de peso, el porcentaje o fracción de puzolana empleado en el material aglutinante se suele expresar por peso. Así pues F_w , porcentaje de la puzolana, expresado como un factor decimal, es:

$$F_w = \frac{P}{C + P}$$

TABLA 3.3.4 (b) Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Tipo de estructura	Estructura continua o frecuentemente mojada y expuesta a congelación y deshielo +	Estructura expuesta al agua de mar o a sulfatos
Secciones esbeltas (barandales) guarniciones, umbrales, ménsulas, trabajos ornamentales) y secciones con menos de 3 cm de recubrimiento sobre el acero de refuerzo.	0.45	0.40++
Todas las demás estructuras	0.50	0.45++

+ El concreto también debe tener aire incluido.

++ Si se emplea cemento resistente a los sulfatos (Tipo II o Tipo V de la norma ASTM C150), la relación agua/cemento permisible puede incrementarse en 0.05.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



F_w = Porcentaje de puzolana por peso, expresado como factor decimal.

P = Peso del material puzolanico.

C = Peso del cemento.

Nota: Cuando solamente se conoce el factor deseado de porcentaje de puzolana por volumen absoluto, F_v este puede convertirse a F_w de la siguiente manera:

$$F_w = \frac{1}{1 + \frac{3.15}{G_p} \frac{1}{F_v} - 1} \times 100$$

Donde,

F_v = Porcentaje de puzolana por volumen absoluto del volumen absoluto total del cemento mas puzolana, expresado como factor decimal.

G_p = Peso específico de la puzolana

3.15 = Peso específico del cemento Pórtland (se empleara el valor real si se sabe que es diferente).



Equivalencia en volumen absoluto. Ecuación 3.3.4.2.

$\frac{W}{C+P}$ = Relación de peso, equivalencia de volumen absoluto.

$$\frac{\frac{W}{3.15}}{C} = \frac{3.15(1-Fv)+Gp(Fv)}{C}$$

donde

3.15=peso específico del cemento Pórtland

Fv=porcentaje de puzolana por volumen absoluto del volumen absoluto total del cemento mas puzolana. Expresado como factor decimal.



Tabla 3.3.6

tamaño máximo del agregado, mm	volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2.4	2.6	2.8	3.0
10(3/8")	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5(1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
20(3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25(1")	0.71	0.69	0.67	0.65
40(1 1/2")	0.75	0.73	0.71	0.69
50(2")	0.78	0.76	0.74	0.72
70(3")	0.82	0.80	0.78	0.76
150(6")	0.87	0.85	0.83	0.81

Quinto paso: Cálculo del contenido de cemento. La cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se rige por las determinaciones expuestas en el tercero y cuarto pasos anteriores. El cemento requerido es igual al contenido estimado de agua de mezclado (tercer paso), dividido entre la relación agua/cemento (cuarto paso). Si, no obstante, la especificación incluye un límite mínimo separando sobre el cemento, además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla debe basarse en el criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento.

Tabla. 3.3.7.1.

tamaño máximo del agregado, mm	cálculo tentativo del peso del concreto, kg/m ³	
	concreto sin aire incluido	concreto con aire incluido
10(3/8")	2.285	2.190
12.5(1/2")	2.315	2.235
20(3/4")	2.355	2.280
25(1")	2.375	2.315
40(1 1/2")	2.420	2.355
50(2")	2.445	2.375
70(3")	2.465	2.400
150(6")	2.505	2.435

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



El empleo de aditivos puzolánicos o químicos afectará las propiedades del concreto, tanto fresco como endurecido.

Sexto paso. *Estimación del contenido de agregado grueso*

Los agregados con tamaño máximo y granulometría esencialmente iguales producen concretos de trabajabilidad satisfactoria cuando se emplea un volumen dado de agregado grueso por volumen unitario de concreto, con base en varillado en seco. En la tabla 3.3.6. aparecen valores apropiados para estos volúmenes de agregado. Puede observarse que para igual trabajabilidad, el volumen de agregado grueso en un volumen unitario de concreto depende únicamente de su tamaño máximo y del módulo de finura del agregado fino. Las diferencias en la cantidad de mortero requerido para la trabajabilidad con diferentes agregados, debidas a diferencias en la forma y granulometría de las partículas, quedan compensadas automáticamente por las diferencias en la cantidad de huecos en el varillado en seco.

En la tabla 3.3.6. se muestra el volumen de agregados, en metros cúbicos, en base en varillado en seco, para un metro cúbico de concreto. Este volumen se convierte a peso seco del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por el peso unitario de varillado en seco por metro cúbico de agregado grueso.

3.3.6.1 Para obtener un concreto de buena trabajabilidad, lo que a veces es necesario para colar mediante bombeo o cuando el concreto se cuela alrededor de lugares congestionados de acero de refuerzo, es deseable reducir el contenido estimado de agregado grueso, determinado por la tabla 3.3.6. hasta en un 10%. Sin embargo, deben tomarse precauciones para garantizar el revenimiento resultante, la relación agua/cemento y las propiedades de resistencia del concreto.

Séptimo paso. *Estimación del contenido de agregado fino.* Al término del sexto paso se han estimado todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se determina por diferencia. Puede emplearse



cualquiera de los dos procedimientos siguientes: El método de peso o el método de volumen absoluto.

3.3.7.1 Si el peso del concreto por volumen unitario se supone o puede estimarse por experiencia, el peso requerido del agregado fino es, simplemente, la diferencia entre el peso del concreto fresco y el peso total de los demás componentes. A menudo se conoce con bastante precisión el peso unitario del concreto, por experiencia previa con los materiales.

En ausencia de dicha información, puede emplearse la tabla 3.3.7.1. para hacer un cálculo tentativo. Aun si el cálculo del peso del concreto por metro cúbico es aproximado, las proporciones de la mezcla serán suficientemente precisas para permitir un ajuste fácil.

Cuando se desea un cálculo teóricamente exacto del peso del concreto fresco por metro cúbico, puede emplearse la siguiente fórmula:

$$U = 10.0Ga (100 - A) + C (1 - Ga/Gc) - W (Ga - 1)$$

Donde.

U = peso del concreto fresco por metro cúbico, Kg.

Ga = promedio pesado del peso específico de la combinación de agregado fino y grueso, a granel SSD¹

Gc = peso específico del cemento (generalmente de 3.15.)

A = porcentaje de contenido de aire.

W = requerimiento de agua de mezclado, kg por metro cúbico.

C = requerimiento de cemento, kg por metro cúbico.

3.3.7.2. Un procedimiento más exacto para calcular la cantidad requerida de agregados finos, implica el empleo de volúmenes desplazados por los

¹ SSD Significa condiciones de saturado y superficie seca al considerar el desplazamiento del agregado. El peso específico del agregado empleado en los cálculos debe de estar de acuerdo con la condición de humedad supuesta en los pesos básicos del lote del agregado.



componentes. En este caso, el volúmenes desplazados por los componentes. En este caso, el volumen total desplazado por los componentes conocidos - agua , aire, cemento y agregado grueso - se resta del volumen unitario de concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino. El volumen ocupado por cualquier componente en el concreto es igual a su peso dividido entre la densidad de este material (siendo ésta el producto del peso unitario del agua por el peso específico del material)

Octavo paso. *Ajustes por humedad del agregado.* Las cantidades de agregado que realmente deben pesarse para el concreto deben considerar la humedad del agregado. Los agregados están generalmente húmedos, y por sus pesos secos deben incrementarse con el porcentaje de agua, tanto absorbida como superficial, que contienen. El agua de mezclado que se añade debe reducirse en cantidad igual a la humedad libre contenida en el agregado, es decir, humedad total menos absorción.

Noveno paso. *Ajustes en la mezcla de pruebas.* Las proporciones calculadas de la mezcla deben verificarse mediante mezclas de pruebas, preparadas y probadas de acuerdo con la ASTM C192: "Making and Curing concrete Compression and flexure test Specimens in the Laboratory". O por medio de mezclas reales en el campo. Sólo debe usarse el agua suficiente para producir el revenimiento requerido, independientemente de la cantidad supuesta al dosificar los componentes de prueba. Deben verificarse el peso unitario y la fluencia (ASTM C 138), así como el contenido de aire (ASTM C138, C173 o C231) del concreto. También debe tenerse cuidado de lograr la trabajabilidad apropiada, ausencia de segregación, así como las propiedades de acabado. Deben efectuarse los ajustes necesarios en las porciones de las mezclas subsiguientes, de acuerdo con los siguientes procedimientos.

3.3.9.1. La cantidad estimada de agua de mezclado para producir el mismo revenimiento

que el de la mezcla de prueba, sería igual a la cantidad neta de agua de mezclado empleada, dividida por la fluencia de la mezcla de prueba en

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



m³. Si el revenimiento de la mezcla de prueba no es el correcto, incrementécese o redúzcase el contenido nuevamente estimado de agua 2 Kg. Por metro cúbico de concreto para cada centímetro de incremento o de reducción del revenimiento.

3.3.9.2. Si no se obtiene el contenido de aire deseado (para concreto con aire incluido), debe estimarse de nuevo el contenido requerido de aditivo para lograr el contenido apropiado de aire, y reducirse o incrementarse el contenido de agua de mezclado que se indica en el párrafo 3.3.9.1., en 3 kg por cada 1 % en que debe reducirse o incrementarse el contenido de aire respecto al de la mezcla de prueba previa.

3.3.9.3. el peso unitario del concreto fresco estimado nuevamente para el ajuste de las proporciones de las mezclas de prueba, es igual al peso unitario en kg/m³ medido en la mezcla de prueba, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o reducción del contenido de aire de la mezcla ajustada respecto a la primera mezcla de prueba.

3.3.9.4 Deben calcularse nuevos pesos de mezcla, comenzando con el cuarto paso, si es necesario se modificara el volumen del agregado grueso para obtener la trabajabilidad adecuada.



IV. SISTEMA OPERATIVO DE UNA PREFABRICADORA.

ASPECTOS DE ORGANIZACIÓN

Las empresas deben tener definidas las funciones a realizar para lograr un objetivo, siendo en el caso específico de una Prefabricadora, lograr la venta de sus productos. Por tal motivo existen divisiones encargadas de llevar dichas funciones a cabo, a las que se les denominan departamentos.

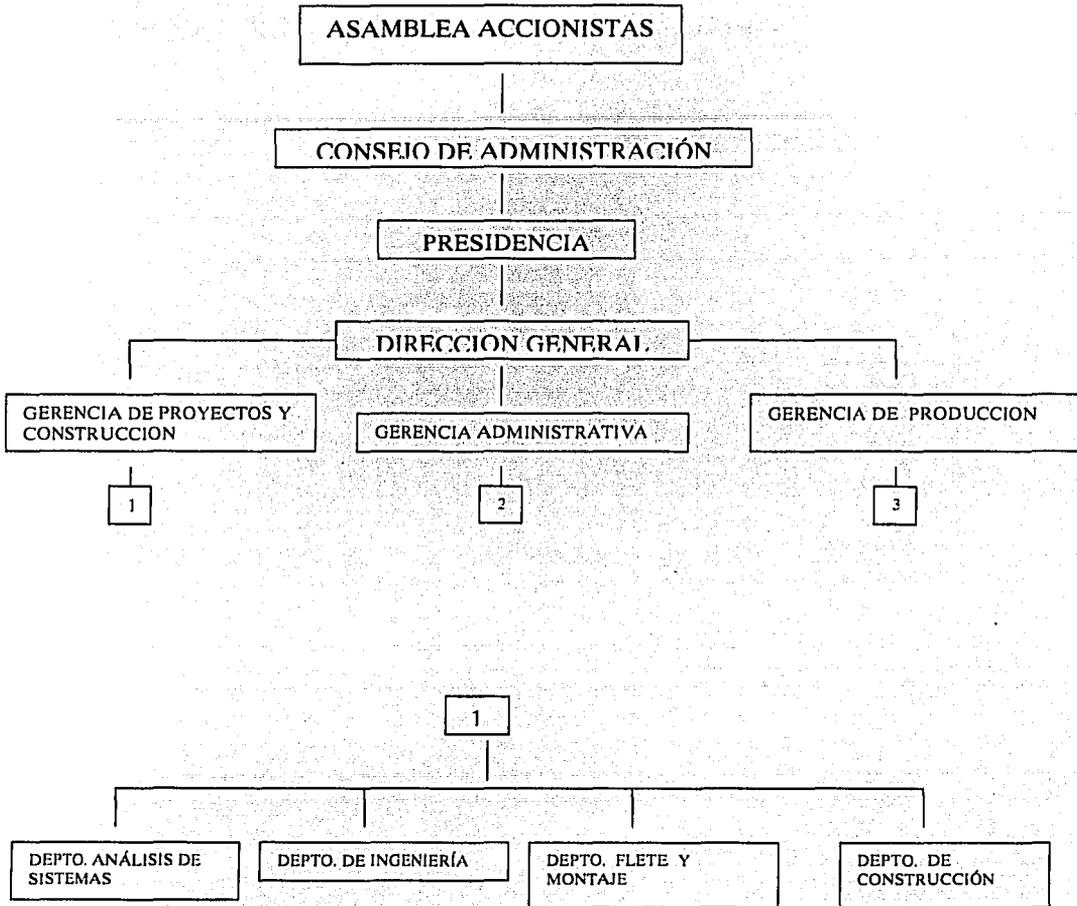
Cada departamento proveerá de los recursos a su disposición, para facilitar la consecución del objetivo principal de la empresa. De esta manera se puede entender que cada departamento tiene su propio objetivo dentro del sistema operativo y la labor conjunta de todas las partes que conforman dicho sistema, resultará en una eficaz venta de productos fabricados por la empresa.

Así, tenemos que el desarrollo del objetivo requiere de un sistema operativo, en el que interviene tanto el personal como el equipo disponible, haciéndose necesario determinar las categorías de los departamentos obteniendo de esta forma, el organigrama de la compañía.

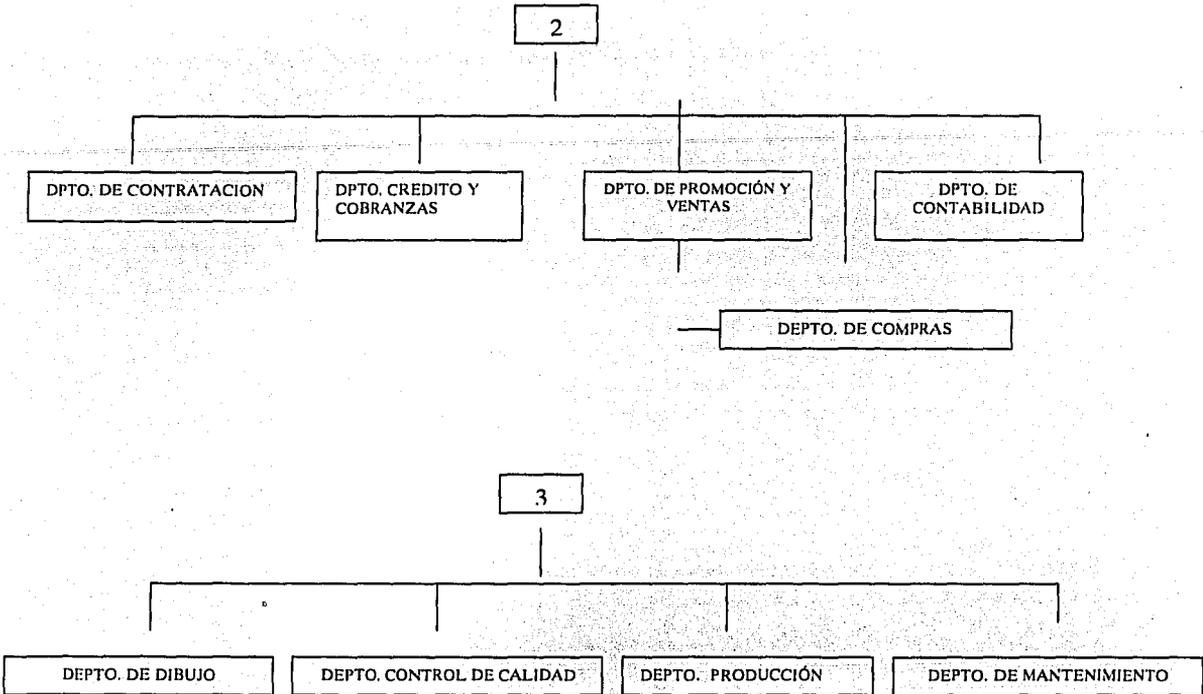
4.1 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.

En este inicio se explica de manera genérica, la forma en que podría integrarse una Empresa dedicada a la prefabricación de elementos de concreto, pretendiendo dar la idea, más no siendo esta integración definitiva y única.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



De esta manera se puede organizar una empresa de elementos prefabricados y/o presforzados, aunque muchas organizaciones pueden tener más posiciones especializadas que las categorías aquí indicadas, sin embargo, básicamente un flujo eficiente de trabajo se pueden lograr con la ya mostrada.

Ya sea el Presidente o el Director de la compañía (que en muchas empresas es el mismo) se encargará además de revisar constantemente el buen funcionamiento de la organización, de mantener control físico sobre las actividades primordiales de la empresa, esto es:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



1.- Revisar periódicamente los costos reales de los insumos contra los presupuestados, de acuerdo a la información que tanto el departamento de Contabilidad reporta como los datos obtenidos a través de los departamentos de Producción, Construcción, Flete y Montaje, así cualquier variación significativamente de los costos programados garantiza su inmediata atención.

2.- En general deberá revisar los reportes que cada gerencia debe realizar ya sea en forma semanal o quincenal, para que no se pierda contacto con las necesidades, logro y deficiencias que estas presentan.

3.- También se encargará de revisar y aprobar las cotizaciones y estimaciones por presentar que importen cantidades considerables (mayores a \$50 000,000.00) a fin de llevar un control de las obras en proceso de contratación y/o ejecución.

4).- De acuerdo a las actividades anteriores, ya sea el Presidente o el Director General tomará las decisiones adecuadas en cuanto a cambios en precios, rendimientos tal que reducen en la contratación de la captación obtenida a través del departamento de Promoción y Ventas.

A continuación se mencionan las funciones principales que cada gerencia y departamentos tienen dentro de la organización, las que al coordinarse adecuadamente resultan en el largo objetivo de este tipo de empresas que como ya explicamos, es la venta de elementos prefabricados y/o presforzados.

GERENCIA ADMINISTRATIVA

Como su nombre lo indica, tiene a su cargo la Administración de la Prefabricadora, sin embargo, no es la única actividad que desempeña, es decir, que no sólo controla el aspecto contable de la compañía (ingresos, egresos, créditos, cobranzas, etc.) sino que también tiene que ver por futuras



operaciones comerciales, es decir, supervisar el manejo de las promociones y ventas de la compañía así como de que los presupuestos sean congruentes y entregados en tiempo.

Para desarrollar las actividades descritas, la gerencia Administrativa se apoya en los departamentos en que se subdivide:

DEPARTAMENTO DE CONTABILIDAD

Es el encargado de llevar al corriente los impuestos, registrar ingresos y egresos, preparar reporte de Estado de Posición Financiera de la empresa y estar en íntimo contacto con el departamento de Crédito y Cobranzas a fin de evitar retrasos con los ingresos a recibir. Cabe aclarar que estas actividades implican un gran número de operaciones (impuestos, controles internos, archivos, etc.) dentro del departamento, pero que prácticamente se integran para dar forma a los reportes que se elaboran en el mismo.

DEPARTAMENTO DE CREDITO Y COBRANZAS.

Tiene a su cargo la revisión de las condiciones con los que se elabora cada contrato y en base a estas preparar uno a uno los estados de cuenta de los clientes a fin de llevar un concreto control sobre ingresos a corto, mediano deberá operar conjuntamente con el área de Contabilidad.

En muchas compañías Contabilidad, Crédito y Cobranzas, forman un sólo departamento para que el flujo de información sea más directo.



DEPARTAMENTO DE CONTRATACION

Al ser aceptado algún presupuesto se deberá proceder a elaborar el contrato respectivo el cual deberá contener las bases y condiciones particulares de la obra que se cotizó. También se especificarán en este las cláusulas generales que integran dichos contratos.

Cabe aclarar que existen 2 tipos de contratos en cuanto a clientes se refieren:

1)-. Contrato por Obra Pública.- Es aquel que se realiza en el Sector Público, es decir, que en este caso la Prefabricadora funciona como Contratista del Gobierno federal o proveedor de la Administración Pública. Aunque nos es muy usual, en algunos casos se llega a convocar directamente a las empresas de este ramo por la ejecución de obra con los elementos prefabricados y/o presforzados. Por tal motivo para poder operar en el Sector Público, será necesario que las prefabricadoras tengan unos registros especiales tales como:

a) Registro en el Padrón de Contratistas del Gobierno Federal ante S.P.P. (Secretaría de Programación y Presupuesto): Este registro da la posibilidad a las Prefabricadoras de que puedan presupuestar la ejecución de obras públicas que consideren el suministro, fletes y montaje de elementos prefabricados y/o presforzados. Aunque por lo general, al concursar obras de este tipo, dichas empresas tendrán que presupuestar también conceptos que no están dentro de su especialidad tales como: Obras Preliminares, Excavaciones, Terrecerías, Cimentaciones, Complementos de Estructuras, Albañilería, Acabados, Instalaciones, etc. No obstante se ha llegado a dar al caso de que la convocatoria de la dependencia sólo se refiera a las especialidades que las prefabricadoras poseen, siendo este registro un requisito para concursar.

b) Registro en el Padrón de Proveedores de la Administración Pública Federal. Se hace con el fin ya sea de suministrar productos elaborados o de concursar para contratos de suministros de materiales y/o productos terminados, los



que en este caso son elementos prefabricados y/o presforzados. Sin efectuar el trabajo de instalación o colocación. Por lo tanto se opera únicamente como proveedor.

La diferencia entre estos registros consiste en que en el primero los trabajos a desarrollar incluyen la colocación por unidad de obra terminada y en segundo solamente se efectúa el suministro del producto elaborado.

Así, ya sea como contratista o como proveedor pueden llegar a realizarse contratos con el Sector Público. En ambos casos, el contrato es elaborado por la dependencia, teniendo las empresas que apegarse a las cláusulas y condiciones que establecen en dicho contrato.

2) Contrato por obra Privada.- Se realiza directamente con el Sector Privado, siendo este tipo de contrato el más común debido a las variantes que ofrece este Sector, es decir, a que da mayor posibilidades de obtener un Cliente, (sea persona Física o Moral). Asimismo como persona moral podrá en determinado momento contratarse con una compañía constructora la fabricación y/o flete y/o montaje de elementos prefabricados que esta necesite para la ejecución de la obra que la misma tenga a su cargo; o en algunos casos con empresas que aunque no tengan que ver con el ramo de la construcción requieran obra nueva o ampliación de sus instalaciones, bodegas, naves industriales, talleres, etc. La misma aplicación podría mencionarse con respecto a las personas físicas.

Una vez que el cliente y la Prefabricadora se ponen de acuerdo en cuanto al precio y condiciones de entrega, el único requisito que existe es el de elaborar el convenio.

Se debe apuntar que los contratos que se celebran son generalmente elaborados por la Prefabricadora y el cliente se limita a dar su consentimiento, a fin de que el trámite se realice rápidamente.



Al igual que los otros departamentos ya descritos, no pueden operar aisladamente, sino que debe de apoyarse de unos y dar apoyo a otros. Esto es, que el departamento de Promoción y Ventas, en conjunto con el de Contratación documentará a Contabilidad, Crédito y Cobranza del nuevo o nuevos clientes con los que se celebrarán contratos.

Y sólo limitará su apoyo a departamentos de su misma gerencia, sino que a través de la información que se recabe en todos los reportes provenientes del departamento de Contratación, servirá directamente a la gerencia de Producción y a los departamentos de Construcción y de Flete y montaje, para dar paso a las siguientes etapas que tienen como objetivo lo que ya se mencionó en el inicio del capítulo: la Venta de los productos elaborados por la empresa (En este caso elementos de contrato prefabricados y/o presforzados).

Para que una prefabricadora funcione como tal, deberá considerar, todos los conceptos sobre: Promoción (Ventas), Análisis Estructural, Presupuestos, Proceso Constructivo, Transporte y Montaje.



4.1. PROMOCIÓN Y VENTAS.

DEPARTAMENTO DE PROMOCIÓN Y VENTAS

Realiza 2 funciones primordiales en la empresa; la primera es la de dar a conocer a las personas físicas o morales, la existencia de los servicios y productos que la empresa que pueda ofrecer a sus clientes, desde la asesoría técnica y coordinación de proyectos hasta la fabricación de secciones especiales según necesidades del proyecto.

De la primera función que desempeña este departamento resulta la 2ª que es precisamente la de obtener la venta de los productos ofrecidos.

Para que se logre esta actividad, deberá estar en continua coordinación tanto con el departamento de Precios Unitarios y Presupuestos como con el departamento de Ingeniería, ambos dependientes de la gerencia de Construcción, tal que los presupuestos de las estructuraciones propuestas que se realicen rápidamente. Se contactará con el departamento de Ingeniería si la estructuración no es proporcionada por el Cliente y por lo tanto deba proponerse.

En cualquiera de los casos en que el proyecto sea conseguido, Promoción y Ventas presionará en su caso a los departamentos de Ingeniería y/o el de precios Unitarios y Presupuestos a fin de que se obtenga rápidamente una decisión con respecto a la venta de los Precios Unitarios y Presupuestos de los productos inicialmente ofrecidos.

Ahora bien, el desarrollo de estas actividades depende directamente de la información que se tenga acerca de nuevos proyectos y construcciones a realizar, por lo que el departamento de Promoción y Ventas mantiene sus contactos acerca del trabajo que pueda llegar a efectuarse.



Como resumen podemos apuntar que el departamento de Promoción y Ventas selecciona las ventas a realizar de acuerdo a los plazos en los que se piensa desarrollar alguna construcción. Así se clasifican las ventas si son, ya sea, a corto, mediano, largo plazo; por tanto deben atenderse de diferente forma, por ejemplo, si la venta es a corto plazo, seguramente el cliente ya tiene definida la estructuración de su proyecto y así solamente se tendrá que elaborar y presentar la cotización del mismo, coordinándose la actividad con el departamento de Precios Unitarios y Presupuestos; si la venta es a mediano plazo, por lo general se tendrá que recurrir tanto al departamento de Ingeniería como posteriormente al de Precios unitarios y Presupuestos, de tal forma que el primero desarrolle la posible estructuración de un anteproyecto arquitectónico y el segundo presente el presupuesto probable de dicha estructuración. Usualmente se hacen varios tanteos de estructuración, a fin de que el cliente quede totalmente convencido de la construcción a realizar: finalmente si la venta a efectuar es a largo plazo, el proceso que se sigue es similar al anterior, pero, con la variante de que la realización de la obra es indispensable, y se planea efectuar en un tiempo mayor que las otras dos opciones (generalmente para aquellas que se planean a un año)

Cabe aclarar que para hacer estas actividades, Promoción y Ventas deberá contar con una cartera de clientes donde: ya sea que se hayan efectuado operaciones con ellos o simplemente sean nuevas posibilidades. Esta cartera de Clientes se obtiene gracias a 2 fuentes de información. La primera fuente es la propia experiencia que la Prefabricadora tenga en el medio, de tal manera que por su prestigio o por operaciones anteriores, puedan llegar a realizarse otras, al estar en contacto con clientes que alguna vez contrataron los servicios de la empresa. La segunda fuente de información es precisamente la de contar con nuevos posibles clientes y para tal motivo deberá contarse con: 1) Un catalogo de productos en el que se indiquen las piezas que la empresa fabrica y 2) con los análisis de proyectos y construcciones a realizar tanto en el Sector Público como en el Privado. Este Último se obtiene generalmente adquiriendo los reportes que las empresas de comunicación realizan con respecto a la Industria de la Construcción (una de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



esta empresa se localiza en México, D. F. con la razón social de Bolsa de Información, S. A.).

SISTEMA DE OPERACIÓN:

El presente capítulo describe en sí la parte principal del presente trabajo, es decir, las necesidades que tiene una Prefabricadora para poder operar como tal, ya que en muchos aspectos es necesario tener un excesivo cuidado en cada una de ellas, por ejemplo:

Si una empresa sobrepasa su capacidad de producción, ofreciendo entrega de piezas en plazos imposibles de cumplir debido a esa saturación de producción podría verse afectada su imagen en el mercado.

Deberán coordinar muy detalladamente todas las actividades de cada departamento, es decir, no saturar alguno de estos de manera tal que se provoque una insuficiencia en los mismos y no se cumplan con plazos especificados.

Muchas veces la realización de una operación, no se logra tan fácilmente como lo es la elaboración de un pedido y consecuentemente el contrato y la orden de producción, sino que para lograr este último tuvo que haberse hecho una verdadera campaña en la que intervienen prácticamente todos los departamentos en que se divide una empresa de este tipo.

Así después de estos pasos llegamos en caso de que el cliente acepte el presupuesto, a la contratación de la obra y por lo tanto a la elaboración de su programa de producción en planta para ofrecer plazos de entrega y demás condiciones estipuladas en el contrato. Como último paso se encuentra lo que es el procedimiento de producción en planta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



En el caso de parar la realización de una obra no se necesiten los pasos anteriores citados, es que por lo general se debe a que el proyecto es considerablemente grande y ya sea el cliente o la misma empresa Prefabricadora contrate los servicios de un Despacho de Proyecto y Cálculo dándoles, en el caso que sea la Prefabricadora todas las características de los productos que ella misma fabrica, a fin de que el Despacho tenga los elementos necesarios para elaborar el proyecto motivo de la obra. En tales circunstancias, la Prefabricadora a través del Despacho de Cálculo se hace responsable tanto del diseño como de la fabricación de las piezas, a fin de que estos trabajen satisfactoriamente bajo condiciones de servicio. En el caso de que el cliente haya contratado por su cuenta al Despacho de Cálculo, la responsabilidad de la Prefabricadora se limita únicamente a la fabricación de las piezas, haciendo estas de acuerdo a las especificaciones indicadas por el Despacho.

TEMS CON
FALLA DE ORIGEN



4.2. ANÁLISIS DE PROYECTOS

PROMOCIÓN Y CAPACITACIÓN DE PROYECTOS

Dentro de las Prefabricadoras son dos actividades primordiales que en determinado momento llevarán a las empresas a realizar las obras promocionadas por ellas mismas. Esto significa, que estas actividades deberán ser llevadas a cabo por uno de los departamentos en que se divide una Prefabricadora, y es precisamente el departamento de Promoción y Ventas el que se encarga de realizarlas.

Es necesario por lo tanto que el departamento de Promoción y Ventas tenga a su disposición información de los análisis de nuevas construcciones a realizar tanto en el Sector Privado como en el Sector Público, las cuales pueden estar en cualquiera de las siguientes etapas:

1. PLANEACIÓN
2. PROYECTO
3. CONSTRUCCIÓN

Dependiendo de la etapa en la que se encuentren las nuevas obras a realizar se atacará en diferente forma.

Si están en la etapa de planeación será necesaria la investigación de prácticamente todos los departamentos en los que se divide la empresa y en lo que se refiere al de Promoción y Ventas se tendrá que realizar una labor de convencimiento para que el cliente pueda observar los beneficios y ventajas de usar sistemas prefabricados hasta que finalmente se realice la obra.

Para lo anterior se necesitara seguir los pasos que se describen a continuación:





1.- ANÁLISIS DE LA CARTERA DE CLIENTES: Significa Llevar a cabo la captura de los proyectos posibles de realizar.

2.- PROMOCIÓN DE LOS PROYECTOS DE LA EMPRESA: Significa ofrecer al cliente de acuerdo a sus necesidades toda la gama de elementos que la empresa pueda fabricar y que se aboque a dichas necesidades. Lo anterior obliga a realizar la labor de convencimiento a fin de que el cliente pueda apreciar las ventajas de su sistema prefabricado (de concreto) Hay que comparar con las ventajas que puedan ofrecer otros sistemas de construcción.

Posteriormente entrarán en acción las demás actividades que forman parte del sistema de operación para poner punto final al proyecto promocionado por la empresa.

Si las obras se encuentran en cualquier otra de las etapas, como son proyecto, construcción, las actividades de promoción y capacitación se reducen a la obtención de los datos que servirán para desarrollar las demás actividades del sistema de operación, es decir, si una obra se encuentra en la etapa de proyecto, sólo será necesario indicarle al proyectista los productos existentes en el mercado de la prefabricación para que él a su vez decida la estructuración del proyecto; finalmente en una obra en construcción si se van a utilizar prefabricados la promoción y capacitación se reduce a ofrecer los servicios al propietario de la obra o al contratista ejecutante en lo que se refiere a la presupuestación de los elementos que pudiesen ser fabricados. Asimismo, al estar desarrollando estas actividades se podrán obtener datos para realizar las siguientes, como es precisamente el análisis de los proyectos u operación, el presupuesto de los mismos y finalmente la contratación.

ANÁLISIS DE LOS PROYECTOS

Una vez determinado el proyecto a analizar, será necesario ofrecer al cliente la solución prefabricada de su obra.



Para tal efecto, entrarán en acción los recursos de los que el departamento de Ingeniería (otras veces gerencia Técnica) dispone, evaluando desde el inicio, en primer lugar si el proyecto de referencia se adecua a los productos que la empresa maneja y como ya se mencionó, los riesgos de cada obra a fin de verificar su factibilidad.

El análisis de cada proyecto deberá atender a los criterios de diseño y estructuración. Asimismo deberá lograrse la máxima estandarización posible, a fin de que el proyecto sea fácil de asimilar y ejecutar. Al obtenerse el mayor número de elementos idénticos o similares, todo el proceso constructivo se simplifica.

En los casos en que el proyecto prefabricado se encuentra definido (concurso de obra), el análisis se limita a la simple extracción de datos de una estructuración ya resuelta por técnicos de la empresa, tales como algún despacho de cálculo o departamento técnico del propio cliente.

Así los resultados obtenidos en el análisis, serán la base del siguiente paso, que es precisamente la elaboración del presupuesto respectivo, englobando todas las consideraciones y recomendaciones que el caso amerite.

Esta actividad es uno de los puntos clave de la organización y de sistema de operación de una empresa de prefabricados, pues dependiendo de la eficiencia con la que se analicen los proyectos, tanto en tiempo como en calidad podrá competirse con una solución que sea atractiva para el cliente, ya sea por su economía, rapidez de ejecución o simplemente por el buen servicio y atención que se le haya dado.

Debe mantenerse una continua comunicación entre el departamento de Promoción y Ventas y el departamento de Ingeniería a fin de obtener como ya se mencionó la máxima eficiencia. Este es, que cada proyecto se atenderá de acuerdo a una programación de prioridades entre estos departamentos,

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



valorando la importancia y urgencia de ataque, dándoles de esta forma entrada programada para el análisis.

4.3 PRESUPUESTOS

Se realizan a través del departamento de Precios Unitarios y Presupuestos de la empresa, desglosándose para cada obra, Los conceptos que la integran:

- 1) Cantidades de obra
- 2) Importe de la fabricación L. A. B. (libre a bordo) planta
- 3) Importe del flete a obra
- 4) Importe del Montaje
- 5) Plazos de entrega
- 6) Forma de pago
- 7) Observaciones

En los presupuestos se deben tomar en cuenta todas las circunstancias para titulares que rijan en la construcción, tal que se formen los datos necesarios para elaborar cotizaciones razonables y realistas. Las variables a que estarán sujetas las diferentes etapas de construcción así como sus riesgos, deberán ser evaluadas conjuntamente tanto por el departamento de Construcción como por el departamento de Precios Unitarios y Presupuestos.

Así, se prepara la información acerca del costo del proyecto a ejecutar, basándose en:

Programa de construcción (plazos de ejecución en base a la ocupación de la planta)

- o Precios de mercado y descuentos otorgados a la empresa



- o Materiales y mano de obra, tanto disponibles como proyectados
- o Precios de mercado y descuentos otorgados a la empresa
- o Rendimientos de materiales, mano de obra y equipo a utilizar en la fabricación, fletes y montaje del proyecto.

Posteriormente por medio del análisis de Precios Unitarios se obtiene para cada proyecto el costo de fabricación de los elementos, su flete a obra y el montaje de los mismos.

Esto es, que en las cantidades de obra y los precios unitarios de cada una podemos integrar un presupuesto, desglosando los conceptos que la integran como se muestra el siguiente ejemplo.

PLAZO DE ENTREGA

- ✓ Fabricación: 75 días calendario a partir de la entrega del anticipo y de la aprobación por parte del cliente de los croquis de fabricación.
- ✓ Flete: Conforme a programa de montaje.
- ✓ Montaje: 60 días calendario, una vez que el cliente entregue los apoyos totalmente terminados, debiendo realizarse en una sola etapa continua y de acuerdo al programa de montaje elaborado por CIA. PREFABRICADORA XYZ, S. A.

FORMA DE PAGO

Fabricación: 50% de anticipo y el resto contra estimaciones semanales de producción.

Fletes y Montaje: 50% de anticipo y el resto contra estimaciones semanales de avance.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



OBSERVACIONES

DE PRODUCCIÓN:

1.- Si el cliente no puede recibir las piezas en obra, deberá liquidar el importe de la fabricación al dar a CIA. PREFABRICADOS XYZ, S. A., el aviso al cliente de la terminación de la producción.

2.- El cliente se compromete a respetar los claros de entre apoyos de acuerdo a las piezas que se están cotizado y que de aceptarse el presupuesto CIA. PREFABRICADOS XYZ, S. A., entregará un croquis de las mismas para aprobación. Comprometiéndose el cliente a proporcionar las medidas reales de la obra para así evitar recortes o ajustes de las piezas, trabajos que en caso de realizarse, será por cuenta del cliente.

3.- En caso de aceptarse el presupuesto CIA. PREFABRICADORA XYZ, S. A., y el cliente deberán ponerse de acuerdo en cuanto al sistema de rigidización de la construcción.

4.- En el presupuesto de las piezas se incluye el diseño de las mismas basándose este, en las en las sobrecargas proporcionadas por el cliente, en el reglamento del D.D.F., y en el manual de diseño del P.C. I. (Prestressed Concrete Institute), por lo tanto cualquier variación en el proyecto que altere dicho diseño, obligara a un nuevo presupuesto.

5.- El concreto que CIA. PREFABRICADOS XYZ, S. A. produce se hace con las diferentes marcas de cemento existentes en el mercado, por lo que no nos responsabilizamos por las variaciones de color que puedan presentar las piezas prefabricadas.

6.-Cualquier trabajo adicional como pretiles, remates, chaflanes, calafateos, impermeabilizaciones, etc. serán por parte del cliente.



7.- Los precios de fabricación, flete y montaje, indicados en el presupuesto son los vigentes a la fecha; por lo que en caso de una variación extraordinaria, en los costos que integran dichos precios, que impliquen un incremento de más del 5% del importe de cada concepto, nos veremos obligados a actualizarlos. La fabricación se efectuara en base a las siguientes incidencias:

	T's	TTV'S	RB'S	RL'S
CONCRETO	30%	31%	11%	26%
ACERO DE REFUERZO	27%	24%	35%	26%
ACERO DE PRESFUERZO	5%	21%	7%	3%
ACCESORIOS	2%	2%	15%	4%
CIMBRA	5%	2%	3%	3%
MANO DE OBRA	13%	11%	15%	4%
GASTOS FIJOS	4%	4%	5%	5%
EQUIPOS	14%	5%	9%	8%

Tabla. 4.3.7.1

Los incrementos de precio se computarán de acuerdo a como se vayan efectuando los pagos por el saldo permanente.

TRANSPORTE Y MONTAJE

1.- Para el montaje, el cliente deberá proporcionar la energía eléctrica requerida por los equipos necesarios para efectuar el trabajo. El tipo de energía requerida es: trifásica de 220 volts. y para operar dos soldadoras de 300 Amperes c/u.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Los análisis de Precios Unitarios, se desarrollan de la misma forma que se hace para cualquier obra civil.

$$P.U. = C.D. + C.I. + U$$

Donde:

P.U. = Precio Unitario del concepto que se este utilizando.

C.D. = Costo Directo del concepto (Intervienen los materiales, mano de obra y equipo necesario para ejecutar el concepto).

C.I. y U. = Costo Indirecto y Utilidad del concepto. Obtenido generalmente como un porcentaje del C.D. en el que se incluyen los gastos administrativos, financieros y fiscales de la empresa. También se incluye en el porcentaje, la utilidad que la empresa obtendrá por la ejecución del concepto.

NOTA: Algunas veces se separa en el precio unitario el porcentaje de utilidad del porcentaje de indirectos.

Finalizando el presupuesto, se remite al departamento de Promoción y Ventas, Para que sea entregado al cliente en cuestión, el cual generalmente dispone de cotizaciones de las demás prefabricadoras.

Comprando las diferentes proposiciones, no sólo en cuanto a precio, sino también respecto de los plazos de entrega y ventajas de estructuración, el cliente selecciona la mejor proposición.

Se procede entonces a elaborar el contrato de obra respectivo entre las partes. Es en este momento cuando el departamento de Promoción y Ventas logra su objetivo, dejando paso a las demás etapas del proceso de operación de la planta.



5.4 CONTRATACIÓN DE LA OBRA

Al aceptarse el presupuesto entregado por el departamento de Promoción y Ventas, el aspecto administrativo entra en funcionamiento, para la elaboración del convenio respectivo entre la empresa y el cliente.

1) Contrato por Obra Pública.- Significa un convenio de obra con el gobierno Federal y/o Estatal.

- REQUISITOS:
- Fianza de cumplimiento y de anticipo
 - Registro en SPP. (Proveedor y/o Contratista)
 - Registro Patronal IMSS
 - Registro en CNIC y/o CANACINTRA
 - Registro federal de Causantes
 - Registro de Empadronamiento de IVA
 - Registro de Infonavit

Depende del tipo de obra si el contrato se realiza incluyendo la colocación de los elementos, en cuyo caso el Registro SPP necesario es el de Contratista, o si solamente se realiza el suministro del producto elaborado, siendo requerido entonces el Registro SPP de Proveedores de la Administración Pública Federal.

1) Contrato por Obra privada.- Es un convenio entre particulares para la ejecución de una obra. El cliente puede ser persona física o moral, sin que esta situación modifique cláusulas del contrato. De hecho, es la prefabricadora la que generalmente presenta al cliente un formato de éste, para su consentimiento, agilizando de esta forma los trámites necesarios.

En cuanto a requisitos se refiere, el cliente solicitará a la prefabricadora los mismos que anteriormente se mencionaron, a excepción del registro S.P.P., substituyendo este, usualmente por el currículum de la empresa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Cualquier tipo de contrato (público o privado), deberá contemplar las bases y condiciones particulares de la obra en cuestión, siendo parte integrante del contrato para sector público, las bases de concurso, y para sector privado, las observaciones, plazos de ejecución y condiciones de pago señaladas en el presupuesto aceptado por ambas partes.

Finalmente el departamento de Contratación, tendrá la obligación de documentar a los demás departamentos de la Gerencia Administrativa a cerca de las nuevas transacciones a fin de que tanto Contabilidad, como Crédito y Cobranzas, tomen conocimiento del hecho. Informará también a la Gerencia de Producción del contrato obtenido para que este se coordine con el departamento de Ingeniería, para el desarrollo del proyecto y de esta forma elaborar la Programación de la Producción.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



4.4 PROCESO CONSTRUCTIVO.

PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN PLANTA

Al tiempo que se firma el contrato de obra, departamento de Producción y Ventas informa a los departamentos de Contabilidad, Construcción e Ingeniería, así como a la Gerencia de Producción acerca de la nueva obra contratada a fin de que comiencen los preparativos para la ejecución de la obra. El departamento de Ingeniería perfeccionará el diseño de las piezas propuestas, procediendo después a preparar los croquis de fabricación, contando con la aprobación del cliente. En este paso el departamento de Ingeniería y la Gerencia de Producción a través del departamento de Dibujo contactan para hacer correctamente los croquis mencionados.

En proyecto donde se utilicen elementos arquitectónicos prefabricados, aprobaciones adicionales se requieren, una para la sección a utilizar, lo que permite proceder a la fabricación de los moldes y otra para el diseño. La cual permite ordenar la elaboración de anclajes y conexiones (generalmente son como empezar el habilitado de dicho acero de refuerzo ordinario ($f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$) que llevará la pieza a fabricar. La aprobación definitiva de las secciones a fabricar es usualmente manejada como un anexo al contrato de obra.

La gerencia de producción, basándose en los croquis de fabricación y en el número de piezas a elaborar, prepara el programa de operación de la planta. La coordinación del proyecto en la etapa de fabricación generalmente se maneja a través de la Gerencia, si el proyecto es pequeño o de mediana talla. En compañía grandes y si la obra a ejecutar lo amerita se designa a un coordinador o gerente de proyecto tal que se aseguren los plazos de entrega propuestos, siempre bajo un estricto control de calidad. Para esto es necesario que cada planta tenga sus propias instalaciones de inspección y prueba como parte de un programa establecido de control de calidad; por lo tanto en la planta deberá existir un laboratorio de concreto, tanto para hacer el diseño de



las mezclas, como para tomar cilindros de prueba de los colados efectuados en la planta, a fin de verificar las resistencias obtenidas a diferentes edades del concreto. Los resultados se registran en formas específicas que para tal efecto se desarrollan en la planta.

Esta se hace con el objeto de llevar un control tanto de los colados efectuados como de un registro de piezas que serán enviadas posteriormente a sitio de la obra,

El departamento de Compras, además de ser el responsable por la compra de materiales para la fabricación de los elementos precolados, en algunas organizaciones, también se encarga de contratar los servicios de transporte y montaje, cuando estos no estén dentro de las capacidades de la empresa.

TESIS CON
FALLA DE OPCIÓN



PROCEDIMIENTO DE PRODUCCIÓN EN PLANTA

La producción de las unidades comienza con la fabricación de los moldes, si es que estos se requieren, siguiendo con la elaboración de los accesorios de conexión; después de colar los cables de presfuerzo (ya sea alambres o torones) junto con los accesorios de conexión. Posteriormente se hace el colado de las piezas, vibrándolas a vapor. Una vez que el concreto haya alcanzado el 80% de la resistencia nominal a compresión ($f'_{ci}=0.8 f'c$) se realizan el destensado o corte de los cables y el desmoldeo o descimbrado de las piezas desmoldadas antes de enviarlas al almacén, donde son estibadas. Al tiempo que se está realizando el procedimiento de producción, el departamento de control de Calidad hace su trabajo; en un principio diseña la mezcla a utilizar en el colado, posteriormente va tomando los cilindros de prueba durante el colado de las piezas, y al día siguiente después de haberse efectuado el curado a vapor se pasan los cilindros de prueba al laboratorio para verificar su resistencia a la compresión. Una vez efectuado el destensado de cables y el desmoldeo de las unidades, interviene nuevamente el Control de Calidad en planta para revisar la producción y determinar si alguna pieza necesita de resanes, o en su caso rechazar los elementos que no cumplan alguna de las especificaciones estipuladas en el proyecto, tales como las características geométricas, posición de los accesorios, etc. Todo esto atendiendo a las tolerancias de fabricación de cada pieza.

Resanada la producción, y los resanes, se coloca el sello de control de calidad a un lado de la marca de la pieza y de su fecha de fabricación a fin, de que el elemento de referencia pueda ser considerado como totalmente terminado y listo para ser enviado a su destino final.

Finalizando el presupuesto, se remite al departamento de Producción y Ventas, para que sea entregado al cliente en cuestión, el cual generalmente dispone de cotizaciones de las demás prefabricadoras.



Se procede entonces a elaborar el contrato de obra respectivo entre las partes. Es en este momento cuando el departamento de Promoción y Ventas logra su objetivo, dejando paso a las demás etapas del proceso de operación de la planta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



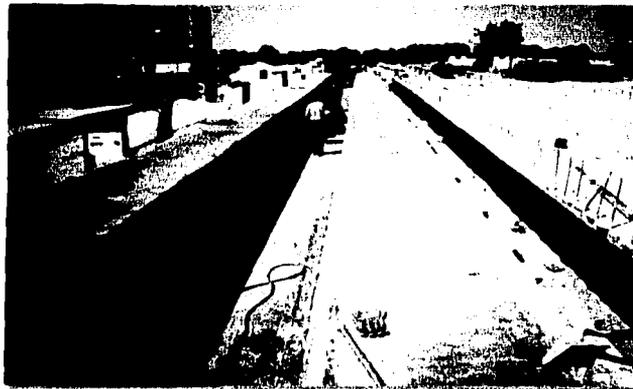
EL PROCESO CONSTRUCTIVO QUE SE REALIZA EN LA PLANTA, SE ENUNCIA A CONTINUACIÓN.

- 1.- LIMPIEZA DE MOLDE
- 2.- TRAZO DE LA PIEZA
- 3.- APLICACIÓN DE DESMOLDANTE
- 4.- HABILITADO, BULBEADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO
- 5.- FABRICACIÓN DE ACCESORIOS
- 6.- COLOCACIÓN DE ARMADO EN EL MOLDE
- 7.- ENHEBRADO DE TORÓN Y ENGRASES
- 8.- TENSADO DE TORÓN Y COLOCACION DE GANCHOS DE IZAJE
- 9.- COLOCACIÓN DE ALIGERAMIENTOS (EN TRABES TIPO CAJÓN)
- 10.- COLOCACIÓN DE ARMADO SUPERIOR (EN TRABES TIPO CAJÓN)
- 11.- DETALLADO DE FRONTERAS
- 12.- COLADO
- 13.- LAPSO DE ESPERA INICIAL ANTES DE APLICAR VAPOR
- 14.- CURADO
- 15.- PRUEBA A LA COMPRESIÓN DE CILINDRO DE CONCRETO
- 16.- EXTRACCIÓN
- 17.- ESTIBADO
- 18.- DETALLADO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



1.-LIMPIEZA DEL MOLDE.- La limpieza consiste en retirar el escombro que haya quedado del colado anterior y posteriormente pasarle carda para retirar todo el material adherido, como pueden ser puntos de soldadura.



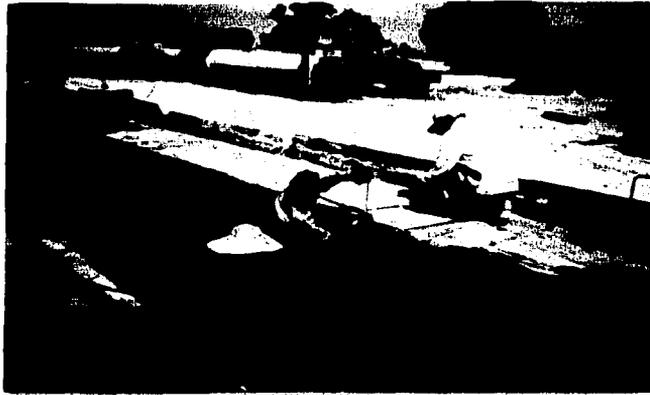
Fot.4.4.1

2.-TRAZO DE LA PIEZA.- Consiste en trazar en el molde la geometría de las piezas a fabricar, para posteriormente colocar las fronteras y tapas necesarias.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fot.4.4.2



3.-APLICACIÓN DE DESMOLDANTE.- Esta actividad consiste en aplicar desmoldante líquido, de preferencia con aspersor o con una estopa asegurándose que sea de una forma uniforme.

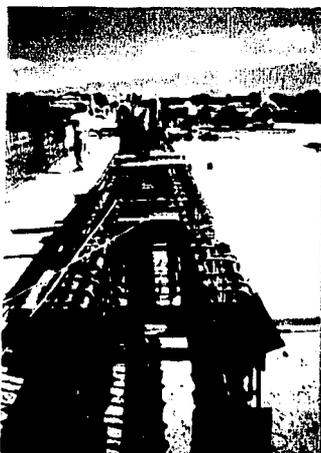
Fot.4.4.3





4.-HABILITADO, SOLDADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO.- Corte y habilitado de estribos, bulbeado de varilla de diámetro mayores de 1", y armado de traveses revisando traslapes y recubrimientos.

Fot.4.4.4



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



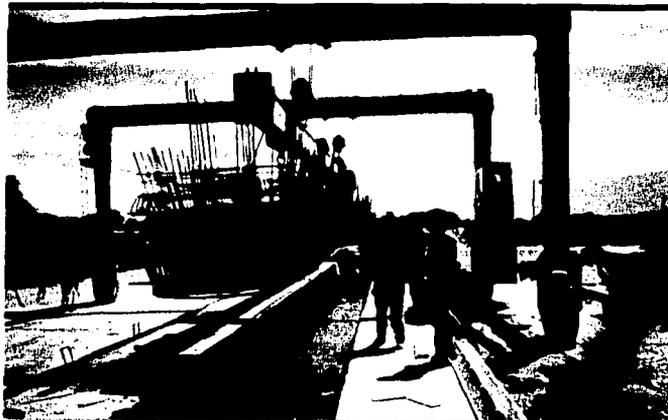
5.-FABRICACIÓN DE ACCESORIOS .- La fabricación de accesorios se efectúa en el taller de estructura metálica, con personal calificado periódicamente por un laboratorio externo, respetando, medidas y geometrias de los planos de fabricación.



Fot.4.4.5

6.-COLOCACIÓN DE ARMADO EN EL MOLDE.- La colocación de armados dentro del molde, se efectúa normalmente con nuestra grúa drott, teniendo mucho cuidado de respetar, recubrimientos y trazos geométricos realizados con anterioridad.

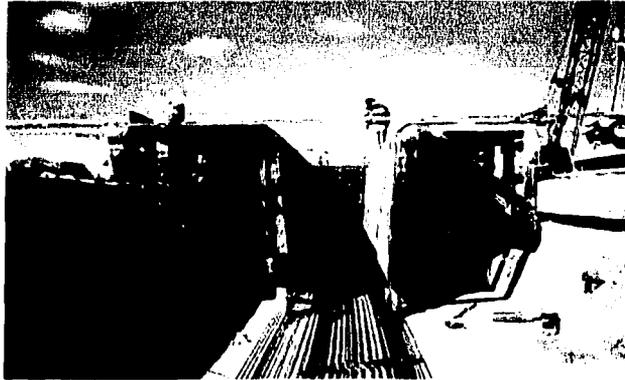
Fot.4.4.6





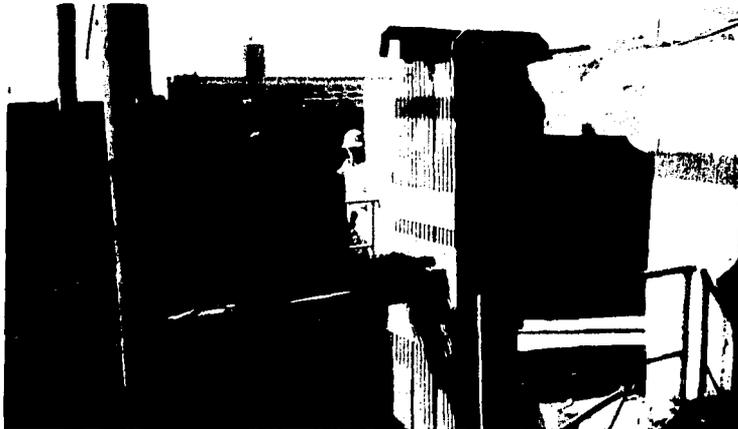
7.-ENHEBRADO DE TORÓN Y ENGRASES .- Colocación de torón de acuerdo a la posición y especificación que marca el proyecto, cuidando que no se entrelacen los cables así como la verificación de los engrases, tanto en posición como en longitud.

Fot.4.4.7



8.-TENSADO DE TORÓN Y COLOCACIÓN DE GANCHOS DE IZAJE.- Colocación de anclajes y tensado con el gato hidráulico, controlando las deformaciones del cable con la gráfica de esfuerzo-deformación, revisión de entrecruzamientos de cables y colocación de ganchos de izaje cuidando que estos queden en su posición y a un mismo nivel.

Fot.4.4.8





9.-COLOCACIÓN DE ALIGERAMIENTOS (EN TRABES TIPO CAJÓN) .- Colocación de tramos de aligeramiento con la geometría especificada, fabricada a base de secciones metálicas que posteriormente se recuperan por un registro dejado para tal fin, la sujeción final será a base de pernos y tubos que funcionen como escantillón para garantizar los recubrimientos requeridos

Fot.4.4.9

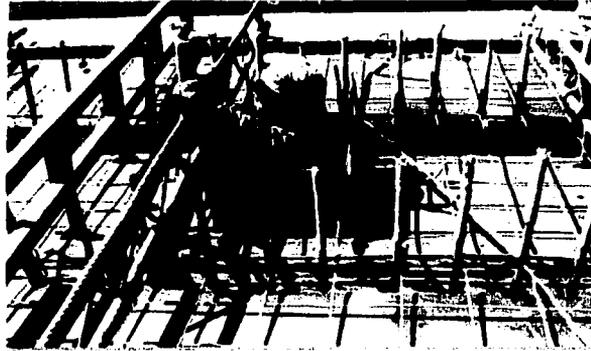


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



10.-COLOCACIÓN DE ARMADO SUPERIOR (EN TRABES TIPO CAJÓN) .- Una vez realizada la actividad de colocación o de aligeramiento se procede a detallar el armado o la malla electrosoldada según se especifique en proyecto para la losa superior.

Fot.4.4.10

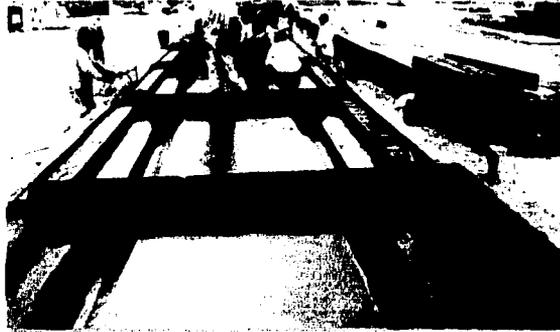


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



11.-DETALLADO DE FRONTERAS .- Consiste en afinar la colocación definitiva de las fronteras y sujeción para evitar cualquier movimiento, respetando la geometría del elemento a colar.

Fot.4.4.11



12.-COLADO .- La dosificación y mezclado central se hará en una planta dosificadora ELBA-M30 y el transporte de concreto con camiones mezcladores con capacidad de $6m^3$ cada uno; la colocación será por descarga directa y vibradores de inmersión para compactar el concreto, además de utilizar un aditivo superfluidificante para facilitar la colocación del concreto una vez ejecutada la terminación de la superficie se procede a tapar la pieza para evitar la deshidratación cuidando dejar limpios los accesorios ahogados en la pieza. En esta etapa se tomarán las muestras de concreto (cilindros) que sirven como testigos para la prueba de resistencia a la compresión.

Fot.4.4.12

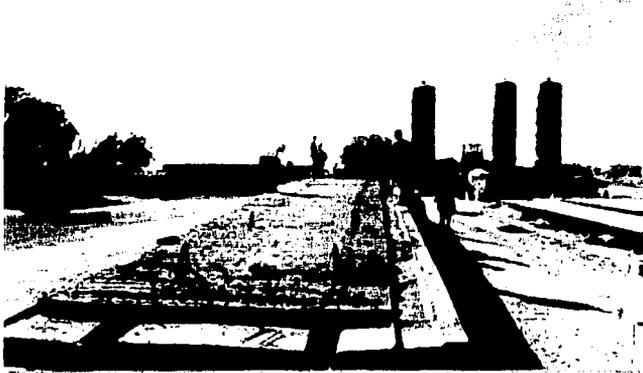


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



13.-LAPSO DE ESPERA INICIAL ANTES DE APLICAR VAPOR .- Periodo comprendido entre el final del colado y el comienzo de la aplicación del vapor, el cual debe prolongarse hasta que el concreto adquiriera su fraguado inicial. Pero en ningún caso debe ser menor a 3 hrs. a fin de que no sufra alteración superficial por efectos del vapor.

Fot.4.4.13



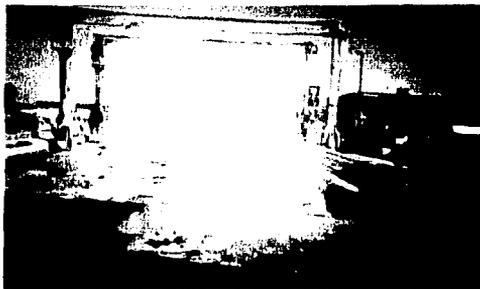
14.-CURADO .- Se formará una cámara de curado, cubriendo al elemento con lonas; conforme se termine el colado evitando la pérdida de agua por evaporación. Terminando el lapso de pre-curado se aplicará el vapor elevando la temperatura ambiente hasta un intervalo de 55°C y 70°C, a razón de 22°C/hr. Esta temperatura máxima se mantendrá por espacio de 4 hrs. Aproximadamente. Al suspender la aplicación del vapor debe procurarse que el descenso de temperatura tenga el mismo gradiente que se uso para elevarla. Con objeto de evitar que el concreto sufra un choque térmico y se produzcan agrietamientos por este motivo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Puede permitirse que la velocidad del descenso de la temperatura sea mayor que la del ascenso pero sin exceder $33^{\circ}\text{C}/\text{hr}$.

El periodo de enfriamiento es el momento adecuado para la transferencia del presfuerzo previa revisión de la resistencia a la compresión la cual normalmente se estipula igual al 80% del f_c .

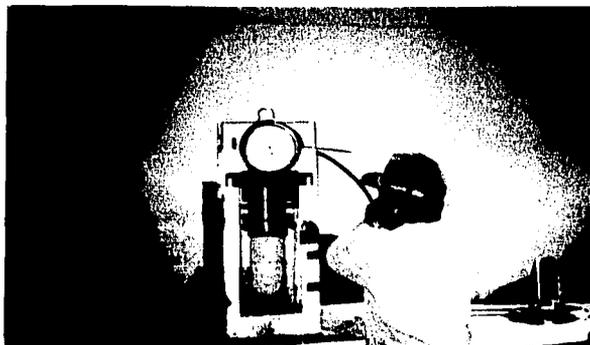


Fot.4.4.14

15.-PRUEBA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO - La resistencia a compresión del concreto endurecido se obtiene de especímenes cilíndricos estándar ensayados a compresión Axial de acuerdo a la norma NOM-C-83 vigente consistente en :

- Número de identificación del cilindro
- Diámetro y altura del espécimen
- Área transversal del cilindro
- Cabeceo del cilindro
- Carga máxima en kg.
- Resistencia a compresión en kg/cm^2
- Tipo de falla cuando no se presenta el cono usual
- Edad del espécimen en horas
- Esta resistencia a compresión deberá ser 80% f_c

Obteniendo dicha resistencia se procederá a la transferencia de presfuerzo al elemento.



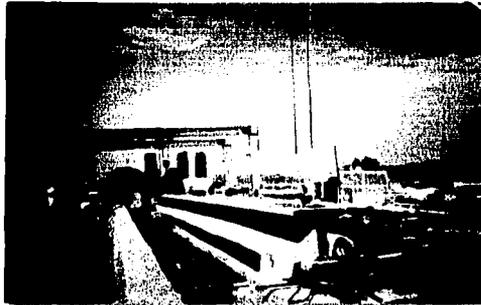
Fot.4.4.15

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



16.-EXTRACCIÓN .- Una vez retiradas las lonas y efectuada la transferencia del presfuerzo al elemento se extrae la pieza del molde mediante grúas estructurales o de pórtico teniendo cuidado de colocar los estrobos adecuados con objeto de hacer una maniobra segura y eficiente.

Fot.4.4.16



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



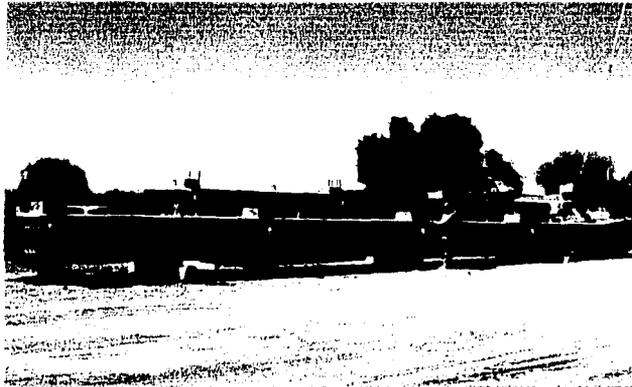
17.-ESTIBADO .- Las piezas se colocarán utilizando los puntos de estiba según planos y en lugar tal de que se eviten dobles movimientos previendo además corredores de acceso para camiones y grúas. En la etapa de envíos a la obra, así como facilidad para personal de acabados finales.

Fot.4.4.17



18.-DETALLADO .- Esta actividad contempla el acabado final de la pieza tomando en cuenta los siguientes puntos: recorte de puntas de torón, cabeceo, limpieza de conectores y/o accesorios remarcando la identificación y orientación de la pieza.

Fot.4.4.18



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



4.5. TRANSPORTE Y MONTAJE.

SISTEMA DE MANEJO Y DISTRIBUCIÓN DE PIEZAS

El fabricante de elementos elaborados en planta es responsable por el manejo de estos desde su construcción hasta cuando son colocados en forma permanente al edificio. En el caso de que el fabricante vende sus productos L. A. B. (libre a bordo) en obra, entonces es responsable hasta que el cliente descargue el camión en sitio de la obra. Algunas veces en contratos L. A. B. en obra o en planta (en planta, el fabricante solo entrega sus productos cargados al camión del cliente), el fabricante querrá proporcionar información de manejo y maniobras a ser utilizada por el contratista de montaje, aunque su responsabilidad no se extienda a este aspecto. En cualquier caso, el manejo adecuado de unidades prefabricadas y/o preforzadas consiste en evitar fisuras y agrietamientos en las mismas usando correctamente los puntos de izaje como de apoyo.

Los accesorios para el izaje de los productos son también diseñados con suficientes factores de seguridad para garantizar la protección del personal de planta y obra así como la integridad del producto. Las cargas de diseño usadas para calcular los esfuerzos por el manejo de las piezas incluye tolerancia para impacto el cual repercute en la magnitud de las cargas dinámicas a las que el elemento está sujeto. En este inciso se presentan algunos de los accesorios e insertos para el manejo de los elementos, así como algunas de las variables, que intervienen en el desmoldeo, almacenamiento, transporte, montaje y finalmente el proceso paso a paso que se usa para analizar el manejo y distribución de la pieza.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



GANCHOS DE IZAJE E INSERTOS

Los insertos, son accesorios que colocan dentro del elemento que será fabricado, usándose estos para el manejo de la unidad o para conectar el elemento al sistema estructural o para ambas cosas. Cuando se utilizan para ambas cosas los insertos reducen su costo por los usos a que son sometidos, aunque esto es difícil de comprobar.

Los ganchos de izaje (generalmente a base de torón) son usados solamente como accesorios para levantar las unidades. Los ganchos se elaboran de secciones cortas de torón, el cual esta disponible por los desperdicios de las operaciones del pretensado.

Usándose como accesorio de izaje, el gancho de torón se coloca dentro de la unidad prefabricada antes de que sea colada, el gancho usualmente se dobla hacia un lado mientras dura el proceso de producción en tanto que la regla vibratoria haya terminado de pasar por encima del elemento. Una vez efectuada esta operación los ganchos se enderezan hasta la posición que tendrán durante el manejo de las unidades. Cuando el peralte del elemento es escaso (losas extruídas, losas macizas, etc.), la longitud de desarrollo del gancho dentro del elemento es crítica, en la mayoría de los casos los ganchos de izaje se amarran con alambre recocido al refuerzo de acero ordinario que lleve el elemento.

Cuando la pieza prefabricada vaya a trabajar como sección compuesta, es decir, que se le vaya a colar un firme estructural, la protuberancia que implica el gancho puede ser cortada o dependiendo del espesor del firme, puede extenderse hacia un lado. Este último es el caso más común para vigas doble T, T simple, T invertida, pilotes y losas de entepiso y techo.

La dimensión y número de ganchos de izaje son determinados al calcular la carga a que estará sujeto cada punto de apoyo, incluyendo el impacto, para después aplicar un factor de seguridad de 4 a la capacidad última del gancho



(generalmente a base de torón de $\frac{1}{2}$ " 0) que reduzca la posibilidad de falla en la etapa de manejo. Por ejemplo: si se utiliza torón de $\frac{1}{2}$ " de diámetro y grado 270k ($270,000 \text{ lbs/pulg}^2 = 19027.5 \text{ kg/cm}^2$ como gancho de izaje entonces su resistencia última ser:

$$F_{sr} = f_{pu} = p_u$$

A

$$P_u = f_{pu} \times A = 19027.5 \text{ kg/cm}^2 \times 0.9871 \text{ cm}^2$$

$$P_u = 18,782.05 = 18.8 \text{ ton.}$$

Y aplicando el factor de seguridad, entonces la carga máxima que deberá soportar cada gancho será:

La longitud de desarrollo del cable usado como gancho de izaje dentro del concreto puede ser conservadoramente de 50 DIAMETROS. En casos especiales el método del cono de cortante puede ser usado para checar la resistencia del concreto en la zona del gancho de izaje. (Este método, así como información adicional se encuentra descrito con más profundidad en el capítulo 5 páginas 42 a 48 del Manual de Diseño del P. C. I.).

En cuanto a los insertos de manufactura especial, puede apuntarse que por lo general se encuentran disponibles, siendo el fabricante de estos el que proporciona un listado indicando tanto capacidades últimas como las cargas máximas de trabajo para cada uno, aplicándoles el factor de seguridad de 4.

Cabe aclarar que los factores de seguridad pueden variar según las circunstancias aplicables al caso.

Los insertos se hacen en diámetros variados, desde $\frac{3}{8}$ " a 1" (como piezas estándar). Vienen también con diferentes tipos de fijación para maximizar la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



resistencia del concreto al jalón. Cuando el inserto trabaja a tensión plena, y existe suficiente área de concreto alrededor del mismo, entonces se desarrolla el siguiente patrón de cortante:

Sin embargo, si no hay suficiente área de concreto, entonces solamente una parte del cono se desarrolla. El área ashurada en el cono muestra la reducción que se hace del área de aplicación.

Cuando el elemento se levanta por un extremo, se presenta el siguiente patrón de esfuerzos.

El inserto tiende a torcerse alrededor del punto "X" y la última figura indica la probable falla del concreto en el canto de la pieza.

Una nota final de precaución acerca de los accesorios de izaje se presenta: Solamente deben usarse como tales, ya sean ganchos de izaje a base de torón o insertos de manufactura especial. Deberá evitarse el uso de varillas de acero de refuerzo ordinario como accesorios de izaje para elementos prefabricados de tipo estructural.

Últimos pasos para finalizar el proceso:

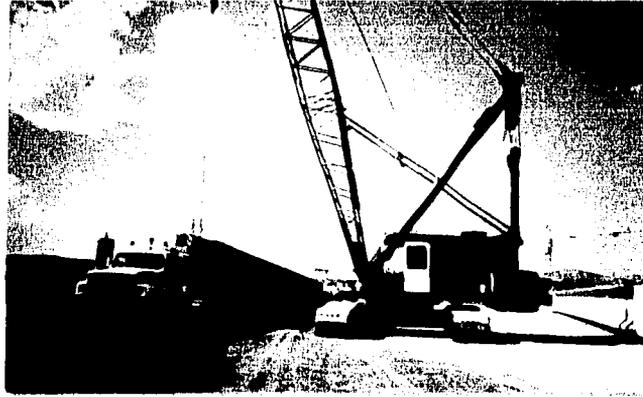
CARGA

Durante las maniobras de carga para su envío a la obra, se debe tener cuidado de no golpear la pieza ni levantarla de otro lugar que no sean los ganchos de izaje.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fot.4.5.1

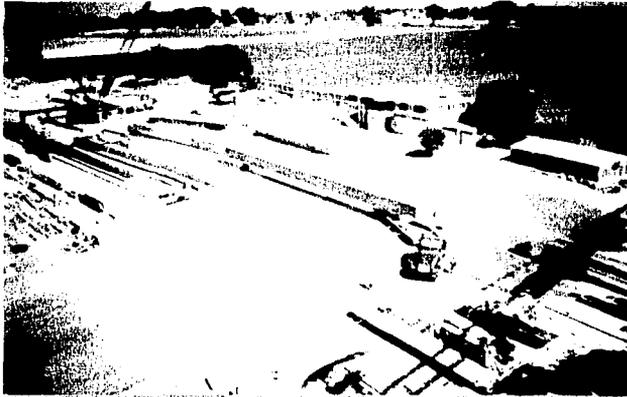


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TRANSPORTE.

Los apoyos y las reacciones que tengan las piezas durante su traslado, deberán ser aproximadamente los mismos que tendrá el elemento en su posición final, sin embargo cuando no se puede cumplir con esta norma se tendrán que tomar precauciones especiales para evitar que el elemento se dañe (se hace un análisis de las condiciones de apoyo); estas consideraciones deben de ser tomadas en cuenta también en los puntos 16, 17 y 19.



Fot.4.5.2

MONTAJE

Las grúas deberán tener un soporte firme, adecuado para soportar las cargas temporales. Los ganchos de izaje y el radio del trabajo deberán trazarse en dibujos, situándolos y haciéndolos cumplir con la exactitud en el campo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



También se debe de tener mucho cuidado con los estrobos inclinados, ya que estos ejercen esfuerzos temporales que pueden ocasionar rupturas en el elemento a montar.



Fot.4.5.3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CONCLUSIONES .

Dadas las crecientes demandas de servicios en nuestro país, nos hemos visto en la necesidad de investigar las nuevas tecnologías que nos permitan satisfacerlas. Para mi formación, el conocimiento de éste sistema constructivo (el prefabricado presforzado) aclaró muchas de mis inquietudes, ¿Cómo es que se alcanzaban claros tan largos y principalmente que les daba la gran capacidad de carga a los elementos estructurales?;

Fue en el año de 1997 que ingresé en una empresa prefabricadora, tuve la oportunidad de conocer los principios del presfuerzo, sus aplicaciones, proceso constructivo y el montaje de estos elementos. En el desempeño de mis funciones, primero como supervisor posteriormente como residente y finalmente (a la fecha como gerente de planta), me ha permitido vivir de cerca cada uno de los procesos y por lo tanto poder proponer un esquema de lo que sería un correcto funcionamiento de una prefabricadora y principalmente definir los procesos constructivos a seguir para una correcta elaboración o fabricación de los prefabricados.

Estoy convencido por todas las ventajas que representa construir con elementos prefabricados pretensados, que irá desplazando el uso del sistema tradicional; ya que la creciente demanda de vivienda, electrificación, suministro de agua potable, vías férreas, vías terrestres, etc. estamos obligados los Ingenieros civiles a proveer de rápidas soluciones y sobre todo seguras, a todas las demandas de la población y este sistema ha demostrado tener la capacidad de poder satisfacerlas.

También tenemos que estar consientes que estamos aún empezando y por lo tanto conociendo la infinidad de aplicaciones que podemos darle y recibir a la nueva tecnología que viene a sustituir los procesos tradicionales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



La experiencia que nos han dejado ya cuatro décadas de estar trabajando con pretensados, son suficientes para poder concebir obras de gran magnitud como el proyecto tan ambicioso y polémico del Distribuidor Vial San Antonio en la ciudad de México. Y empresas tan importantes como la del grupo Riobóo S. A. que incluso intervino en el grupo que asesoró la elaboración de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de concreto, DDF.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



REFERENCIAS

GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL.
TITULO: NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y
CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.
PAIS: MÉXICO.
AÑO: 1997.

AUTOR: GONZALEZ CUEVAS - ROBLES.
TITULO: ASPECTOS FUNDAMENTALES DE CONCRETO REFORZADO.
EDITORIAL: LIMUSA.
PAIS: MÉXICO.
AÑO: 1997.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.
TITULO: MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES-DISEÑO POR SISMO.
EDITORIAL:
PAIS: MÉXICO.
AÑO: 1993

AUTOR: A. H. ALLEN.
TITULO: INTRODUCCIÓN AL CONCRETO PRESFORZADO.
EDICIÓN: I. M. C. Y C. A. C.
PAIS: MÉXICO.
AÑO: 1980.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



AUTOR: BEN C. GERWICK, JR.
TITULO: CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO.
EDITORIAL: LIMUSA.
PAIS: MEXICO
AÑO: 1975

(A.N.I.P.P.A.C.)

TITULO: CATALOGO DE PRODUCTOS DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES DEL PREESFUERZO Y LA PREFABRICACION.
PAIS: MÉXICO.
AÑO: 1986.

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.
TITULO: PRÁCTICA PARA DOSIFICAR CONCRETO NORMAL, CONCRETO PESADO Y CONCRETO MASIVO.
EDITORIAL: I.M.C.Y.C.
PAIS: MÉXICO.

INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM.
TITULO : COMENTARIOS, AYUDAS DE DISEÑO Y EJEMPLOS DE LAS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO, DDF.
EDITORIAL: U.N.A.M.
PAIS: MEXICO.
AÑO: 1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN