

00164 2ej

**"DESARROLLO Y APLICACION TECNOLOGICA  
DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS  
INDUSTRIALIZADOS".**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO.  
FACULTAD DE ARQUITECTURA.  
MAESTRIA EN TECNOLOGIA.  
U. N. A. M.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

---

**ARQ. D. Wilfrido Vazquez Guerra.**

**C.U. Mexico, D.F. Junio de 1992.**



## **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 está 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.

## ESTRUCTURA TEMATICA DE TESIS DE MAESTRIA EN TECNOLOGIA.

### "DESARROLLO Y APLICACION TECNOLÓGICA DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS".

	Pag.
PREFACIO.	8.
INTRODUCCION.	4
1.- ADVERTENCIA.	6
2.- HIPOTESIS.	7
3.- OBJETIVOS.	7
CAPITULO I.	
ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA INDUSTRIALIZACION DEL PROCESO DE CONSTRUCCION.	
1.- ANTECEDENTES HISTORICOS.	8.
2.- CONCLUSION DE LOS ANTECEDENTES HISTORICOS.	27
CAPITULO II.	
ETAPAS DE PRODUCCION DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS.	
1.- LOS PROCESOS INDUSTRIALES.	30
1.1.- CRITERIOS NORMATIVOS DE LA INDUSTRIA PREFABRICADA.	33
1.2.- ORGANIGRAMA DE LAS INSTANCIAS DE PRODUCCION Y SER- VICIOS PERIFERICOS DE APOYO.	35
2.- PRIMERA ETAPA: PREFIGURACION DE ELEMENTOS TIPO.	37
2.1.- CONCEPCION DE LA COORDINACION MODULAR.	37
2.2.- METODOLOGIA DE LA COORDINACION MODULAR.	39
2.3.- PRINCIPIOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE LOS ESPA- CIOS COORDINADOS MODULARMENTE.	40
2.4.- ETAPAS DE LA COORDINACION MODULAR.	43
2.4.1.- SISTEMA MODULAR BASICO.	45
2.4.2.- SISTEMA REFERENCIAL.	49
2.4.3.- SISTEMA 2D Y/O 3D.	50
2.4.4.- TEORIA DE AJUSTES, TOLERANCIAS Y CONEXIO- NES.	53
2.5.- CRITERIOS SISMICOS DE DISEÑO	55
2.6.- CONCLUSION DE LA ETAPA DE DISEÑO.	64
3.- SEGUNDA ETAPA: PRODUCCION DE ELEMENTOS TIPO.	
3.1.- SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PREFABRICADOS.	66
3.2.- METODO DE PRESFUERZO O PRECOMPRESION.	66
3.3.- SISTEMAS DE PRESFUERZO O PRECOMPRESION.	73
3.4.- CONTROL DE CALIDAD DE LOS PRESFORZADOS.	77

4.- TERCERA ETAPA: TRANSPORTE, MONTAJE, CONEXIONES, JUNTAS Y TOLERANCIAS DE ELEMENTOS TIPO. _____	85
4.1.- TRANSPORTE DE LAS PIEZAS PREFABRICADAS. _____	85
4.2.- DIVISION DEL MONTAJE DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO. _____	87
4.2.1.- POR LA FORMA DE SOPORTAR LA CARGA. _____	88
4.2.2.- POR EL MEDIO DE LOCOMOCION. _____	89
4.2.3.- TECNICA DE ELEVACION. _____	91
4.3.- TOLERANCIAS, JUNTAS Y CONEXIONES. _____	94
4.3.1.- TOLERANCIAS. _____	94
4.3.2.- JUNTAS EN FACHADAS PREFABRICADAS. _____	96
4.3.3.- CONEXIONES. _____	104
5.- VENTAJAS Y ALCANCES DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS. _____	108
6.- DESVENTAJAS Y LIMITACIONES DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS. _____	112
7.- CONCLUSION DE APLICACION DEL METODO INDUSTRIAL A LA CONSTRUCCION PREFABRICADA. _____	116

**CAPITULO III.**

**METODO DE CONSTRUCCION, MEDIANTE SISTEMA DE MOLDES.**

1.- CIMBRA PARA ESTRUCTURAS MONOLITICAS EN FORMA DE "ELE" INVERTIDA. _____	119
2.- CIMBRA PARA MUROS VERTICALES COLADOS "IN SITU". _____	120
2.1.- SUPERFICIE DE CONTACTO. _____	121
2.2.- ELEMENTOS RIGIDIZADORES. _____	122
2.3.- DISPOSITIVOS DE APUNTALAMIENTO Y AJUSTE. _____	123
2.4.- ELEMENTOS DE SEGURIDAD. _____	124
2.5.- ACCESORIOS. _____	124
2.6.- ELEMENTOS ANGULARES. _____	126
2.7.- COLOCACION Y AJUSTE DE LA CIMBRA. _____	127
3.- CONCLUSION DE LA CONSTRUCCION, MEDIANTE MOLDES. _____	130

**CAPITULO IV.**

**CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS NACIONALES.**

1.- CARACTERISTICAS DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS PREFABRICADOS NACIONALES. _____	132
2.- CONCENTRADO DEL ANALISIS. _____	136
3.- CONCLUSION DEL ANALISIS TECNOLÓGICO DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS NACIONALES. _____	137

**CAPITULO V.**

**ESTUDIO DE CASO.**

**OBJETO ARQUITECTONICO PRODUCIDO MEDIANTE SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS.**

1.- APORTACIONES NACIONALES. (CAPFCE). _____	139
1.1.- ESTRUCTURA METALICA TIPO A-70. _____	140
1.2.- ESTRUCTURAS DE CONCRETO TIPO U-1C, U-2C. _____	140
1.3.- ESTRUCTURAS MIXTAS TIPO T-73, H-M y REGIONAL. _____	141
1.4.- ESTRUCTURAS ESPECIALES. _____	143

CONCLUSIONES.

147

APENDICE A.  
CUADRO CRONOLOGICO DEL DESARROLLO TECNICO-CONSTRUCTIVO.

APENDICE B.  
GLOSARIO.

APENDICE C.  
BIBLIOGRAFIA.

# INTRODUCCION.

**TESIS:**

**Desarrollo y Aplicacion Tecnologica,  
de los Procesos Constructivos Industrializados.**



**Maestria en Tecnologia.**

PREFACIO.

Pretendiendo esclarecer y desmistificar los principios teóricos de la prefabricación industrializada, y de el método industrial de producción, enfatizando los conceptos que se deben incorporar en el acervo profesional (con un rigor semántico y técnico), desde la formación académica de los futuros profesionistas hasta las practicas profesinales de diseño y construcción de espacios arquitectónicos. Por que existe una erronea conceptualización de estos principios, propiciando una equivocada o limitativa aplicación.

En base a lo anterior, el presente estudio considera:

A). Un conocimiento, del desarrollo y aplicación del proceso de producción de los sistemas constructivos industrializados, que permita tener un panorama general de la transformaciones, adecuaciones y utilizaciones que se han propiciado a través de la historia por todos los pueblos preocupados en la transformación del proceso de hacer arquitectura, y en consecuencia en la transformación de la producción de su Hábitat, mas optimizado tecnicamente.

B). Un análisis de la metodología de la Coordinación Modular aplicada al diseño y producción de Espacios Arquitectónicos.

C). Una descripción de la aplicación de los métodos industriales en los procesos constructivos.

Este estudio esta estructurado, a partir de la división del documento en 5 capitulos, 3 apéndice, que presentan elementos de apoyo informativo en la documentación y desarrollo de la tesis.

El 1º capitulo, esboza a partir de un panorama histórico, las prácticas que dieron origen y transformación, de la producción arquitectónica, desde un método artesanal, hasta una práctica industrializada, dando énfasis a la aplicación en los prefabricados y elementos presforzados de tipo comercial.

El 2º capitulo, se hace un análisis del proceso industrial del prefabricado, considerando como primer paso la metodológica del diseño de los prefabricados aplicando la coordinación modular, enmarcando los pasos y requisitos técnicos de su práctica a cualquier proyecto arquitectónico, en segundo termino se considera la etapa de producción y las características técnicas de los elementos prefabricados de concreto, y como última y tercera etapa el montaje de los elementos, caracterizando las conexiones, juntas y tolerancias principales que se implementan en los prefabricados de concreto a nivel nacional.

El 3º capitulo, se muestra el sistema de moldes para colados "in situ", estableciendo los elementos que conforman este sistema, y las posibles variantes del sistema.

El 4º capitulo, se hace un análisis comparativo de los prefabricados comerciales, considerando las características, en general, que integran un proceso industrial.

El 5º capitulo, se realiza un "estudio de caso", de un proyecto y la construcción, que contempla el empleo de sistemas constructivos industrializados, de tipo nacional, implementado en la construcción de Escuelas.

El apéndice A, muestra mediante un cuadro sinóptico, el desarrollo histórico de los materiales, técnicas y procedimientos que permitieron el proceso de la construcción prefabricada, el cual esta contemplado descriptivamente en el capítulo II.

El apéndice B, contiene un glosario como parte última, conteniendo los términos técnicos mas empleados en este documento, al igual que introduce términos técnico-constructivo, para un mejor manejo y aplicación conceptual de los valores semánticos.

El apéndice C, contiene la Bibliografía, implementada para la documentación de este trabajo.

La abreviatura R.B. en las figuras se denotará como Referencia Bibliográfica.



**ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA INDUSTRIALIZACION.  
DEL PROCESO DE CONSTRUCCION.**

**CAPITULO 1.**

**T E S I S :**

---

**Desarrollo y Aplicacion Tecnologica,  
de los Procesos Constructivos Industrializados.**



**Maestria en Tecnología.**

## INTRODUCCION.

### 1.- ADVERTENCIA.

Los avances tecnológicos y científicos, están ligados a procesos de guerras o desastres naturales (sismos, inundaciones, ciclones), existen ejemplos de ello en la historia: Como las inundaciones en el México colonial, permitiendo avances en la Ingeniería Hidráulica; En el presente siglo, al concluir la segunda guerra mundial, existen avances en las áreas de la energía termonuclear, los ordenadores electrónicos, la aviación moderna y la industrialización de la construcción, entre otras.

Los países que fueron protagonistas de ésta contienda (La Segunda Guerra Mundial), se vieron obligados a enfrentar, una reconstrucción rápida de ciudades, creando las condiciones para unificar la industria de materiales y los procesos industriales, optando en algunos casos por la prefabricación, para la transformación gradual del método tradicional, esencialmente artesanal, hasta hoy en día, a un proceso altamente industrializado.

El desafío que presenta el desarrollo tecnológico y científico, para la satisfacción de los espacios arquitectónicos de servicios (escuelas, hospitales, y la vivienda, es decir la edificación de espacios con posibilidades de producirse masivamente), para el mundo entero y en especial para aquellos países que se encuentran "en vías de desarrollo", como es el caso de México, presenta limitantes estructurales, sin embargo la implementación y factibilidad de solución, esta en función de la canalización de recursos económicos, políticos, técnicos y financieros, unidos a la creación de una estructura operativa adecuada para una aplicación racional de esos recursos, para que proporcionen la máxima productividad, apegado a la investigación y experimentación que promueba cada nación.

La industria de la Construcción, es un elemento sintomático, del grado de industrialización de una nación, por que al existir inflación o recesión económica, el primer sector en frenar su actividad productiva, tanto en el sector público como en el privado, es ésta industria.

El poco desarrollo técnico-industrializado, en la industria de la construcción mexicana, se encuentra en su mayoría en manos particulares, se caracteriza bajo un régimen de lucro, concatenado a la especulación del capital financiero, lo cual se traduce en encarecimiento desmedido del sistema constructivo, imposibilitando una aplicación masiva en la satisfacción de servicios.

2.- HIPOTESIS.

10. Los sistemas de prefabricación en un "pais en vias de desarrollo", son empleados como elementos especulativos y de lucro incrementan los gastos de administración, en contraste con aspectos cualitativos y cuantitativos del sistema constructivo.

20. Existe una separación de índole técnica, en el proceso de diseño, fabricación, implementación y evaluación del sistema constructivo, en relación a la producción de espacios arquitectónicos de servicios, el cual propicia una discontinuidad operativa integral de el sistema.

3.- OBJETIVOS.

3.a.- OBJETIVO GENERAL.

Se realizará un análisis, del proceso de producción de los prefabricados nacionales, para poder definir teóricamente las aportaciones y apropiaciones que permitan una adecuación técnica a los Métodos Racionales de Construcción, en la producción de los soportes materiales necesarios, para satisfacer los espacios arquitectónicos masivos de servicios, tales como: espacios de salud, educación, vivienda.

3.b.- OBJETIVOS PARTICULARES.

A partir de los sistemas preelaborados se definirán los parametros que se incorporan en los procesos de diseño y producción, con la finalidad de conformar un manual de las características técnicas determinantes de los sistemas considerando:

10. Se desarrollará una propuesta de la metodología de la Coordinación Modular, como parte integral de los criterios Arquitectónicos y Estructurales, en la producción de espacios mediante Sistemas Racionales de Construcción, para una mayor producción serial, buscando el abatimiento de costos, optimización de recursos (materiales, mano de obra, equipo, dinero y menor tiempo de construcción).

20. Se analizará en general, la aplicación de los métodos industriales, y en particular los elementos que integran los métodos de producción de elementos constructivos industrializados, definiendolos como proceso de producción y no como sistemas constructivos.

30. Se definirá como colofón, una propuesta teórica que permita un crecimiento técnico-científica en la industria de la Construcción Nacional, tendiente a satisfacer el déficit de espacios con posibilidades de producirse masivamente.

CAPITULO I.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.

1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

En el devenir de la sociedad, así sean egipcios, caldeos, griegos o romanos, los procesos edicatorios y artísticos presentaban una práctica de prefiguración mediante el uso de medidas precisas, mediante un sistema que permitía una coherencia en el diseño, conformando una unidad.

En el Período Neolítico aparece la Arquitectura, construída por medio de bloques de piedra, creando los menhires, dólmenes, cromlech y otros. (Fig. 1; R.B. 52).

Los Hebreos, tenían diversas dimensiones que, recibían diferentes nombres antropométricos, algunas estaban determinadas por los propios comerciantes así, encontramos:



ALINEACIONES DE CARNAC, FRANCIA



CROMLÉCH DE STONEHENGE INGLATERRA

Fig. 1. Arquitectura Megalítica.

- 1 Dedo = 23.165 mm.
- 4 Dedos = 1 Palma = 92.660 mm.
- 3 Palmas = 1 Palmo = 277.980 mm.
- 2 Palmos = 1 Codo Sagrado = 555.960 mm.
- 1 Codo Lítico = 417 mm.
- 1 Codo Común = 347 mm.
- 2000 Codos = 1 Jornada del Sábado = 1,111.920 mm.
- 1 Jornada de Sabat = 1,281 m.
- 40 Jornadas del Sábado = 1 Jornada del Día = 44,476.800 mm.
- 1 Jornada del Día = 53,371 m.

En Mesopotamia usaron como material de construcción el adobe y mas tarde el ladrillo, los cuáles eran empleados en la construcción del arco y la bóveda.

En Egipto, las medidas más comunes fueron:

- 1 Dedo = 1.873 cm.
- 1 Codo Nalaud = 44.98 cm.
- 1 Codo Real = 52.48 cm.
- 1 Codo Sagrado = 61.02 cm.

En Egipto, Los elementos arquitectónicos, más representativos, fueron las pirámides de Sakara y el conjunto de Kheops, de 232 m. de lado, y 146.60 mts. de altura, integrada por 2.300.000 m<sup>3</sup>. de piedra. (Fig. 2; R.B. 53).

Corte del interior de la pirámide de Kheops.

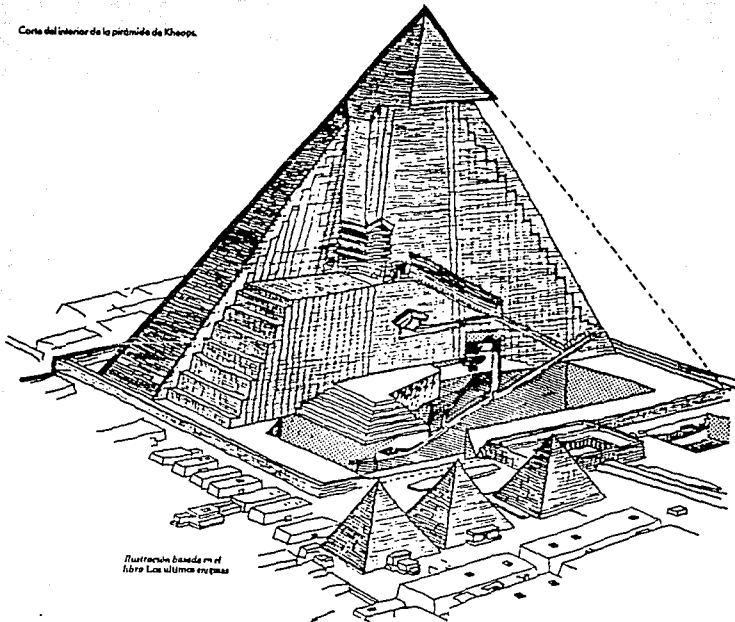


Ilustración basada en el libro Los últimos egipcios

Fig. 2. Interior de "La Pirámide de Kheops".

En Grecia en el Siglo V, se implementan conocimientos modulares de los elementos, mediante:

1.- Proyectos integrales con gran perfección de organización de obras y de montaje de elementos producidos en serie.

2.- Los problemas eran resueltos en la fase de proyecto.

3.- Crearon un sistema modular en la construcción de sus edificios.

4.- El módulo básico era el "radio" de la columna, todas las medidas del templo estaban subordinadas a él. ( Fig. 3; R.B. 52)

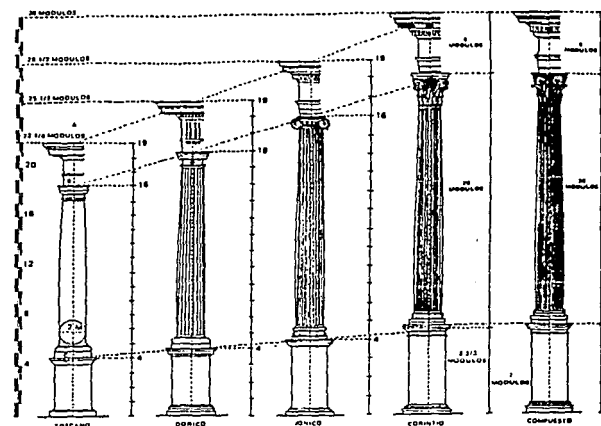


Fig. 3. Comparación de la Proporcionalidad de los órdenes.

5.- La modulación se manifestó en el intercolumnio, estableciendo cinco tipos diferentes entre los que se encontraban:

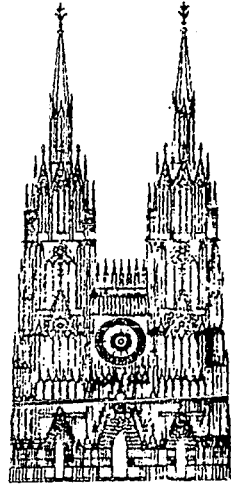
- a). Pícnóstilo, media 6 "radios", la columna debía medir 20 radios de altura.
- b). Sístilo, media 8 "radios", la columna debía medir 19 radios de altura.
- c). Eústilo, media 9 "radios", la columna debía medir 19 radios de altura.
- d). Diástilo, 12 "radios", la columna debía medir 17 radios de altura.
- e). Areóstilo, "14 radios", y la columna debía medir 16 radios de altura.

6.- Diseñaron y crearon los órdenes arquitectónicos, apoyándose en la vegetación de su entorno, en las que sobresalían, en los capiteles la flor de loto y el papiro.

7.- La columna y el dintel, fueron usadas como únicos elementos estructurales en templos. La principal obra con estas características fue "El Partenón".

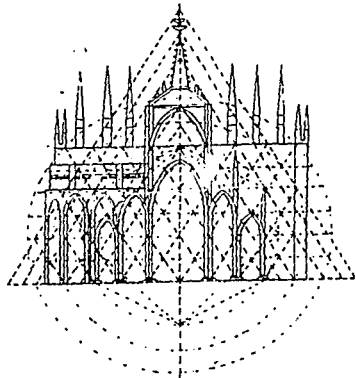
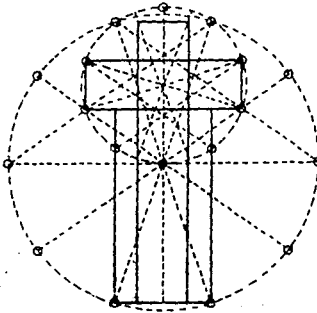
En Roma el ladrillo se desarrolló, con dimensiones normativas de: 1 pie (0,296 m) de anchura y 1.5 pies (0.444 m) de longitud.

En los Siglos XII, XIII, XIV, en Europa, con el arte gótico, (Fig. 4, R.B. 52 ), se conforman grupos interdisciplinarios de artistas y artesanos, iniciando los antecedentes técnicos del control de obra, la organización del personal y una fuerte disciplina en la especialización de la mano de obra, construyendo como elemento mas representativo, la construcción de Catedrales, consistiendo en la división de sus plantas en tres o cinco naves con crucero y ábside. La nave central generalmente era mas elevada que las laterales. En la fachada principal, existían la división en tres secciones, con sus respectivas puertas, cada puerta corresponde a cada nave, las puertas tienen forma ojival enmarcadas por medio de arcos abocinados.



FIGURAL DE  
MUNDO FRANCIA

MODELO DE PLANTA Y SECCION GOTICA

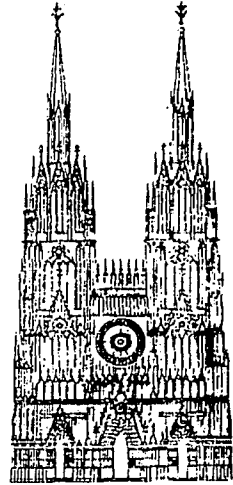


PROPORCION DE LA CATEDRAL DE MILAN

La planta suele tomar dos tipos de plantas, la rectangular con crucero y la de salón que no tiene crucero.

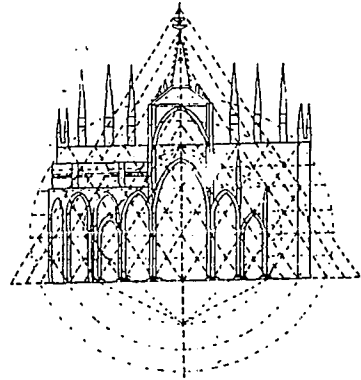
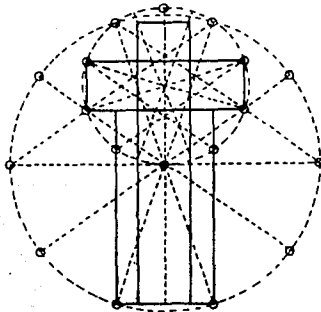
Fig. 4. Principios Generales del Trazo de la Arq. Gótica.

En los Siglos XII, XIII, XIV, en Europa, con el arte gótico, (Fig. 4, R.B. 52 ). se conforman grupos interdisciplinarios de artistas y artesanos, iniciando los antecedentes técnicos del control de obra, la organización del personal y una fuerte disciplina en la especialización de la mano de obra, construyendo como elemento mas representativo, la construcción de Catedrales, consistiendo en la división de sus plantas en tres o cinco naves con crucero y ábside. La nave central generalmente era mas elevada que las laterales. En la fachada principal, existían la división en tres secciones, con sus respectivas puertas, cada puerta corresponde a cada nave, las puertas tienen forma ojival enmarcadas por medio de arcos abocinados.



CATEDRAL DE  
LEUNO FRANCIA

MODELO DE PLANTA Y SECCION GOTICA



PROPORCION DE LA CATEDRAL DE MILAN

La planta suele tomar dos tipos de plantas, la rectangular con crucero y la de salón que no tiene crucero.

Fig. 4. Principios Generales del Trazo de la Arq. Gótica.



En 1453, Constantinopla (Hoy Estambul, Turquía), es invadida por los Turcos, propiciando que los monjes que habitan los monasterios huyan a la Europa Occidental, protegiendo los manuscritos antiguos, en su mayoría Griegos, Dando origen al Renacimiento, enriqueciendo los principios científicos y culturales, en todas las ramas del conocimiento, se revolucionaron y desarrollaron conocimientos técnicos, impulsando conceptos teóricos para la Arquitectura como nueva Tecnología Organizada, mediante los tratados de: Paccioli, Alberti, Filarete, Fco de Giorgio, Palladio, Vignola, Escamozzi, y otros. (Fig. 5, R.B. 52 ).

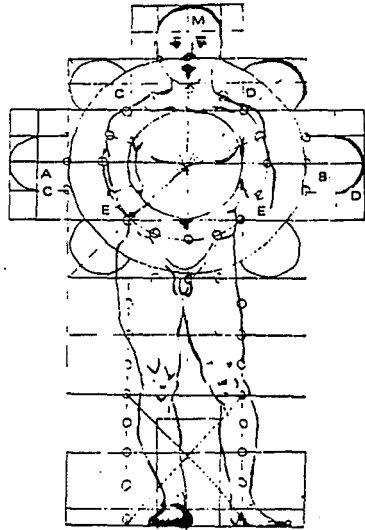


Fig. 5. Estudio de Proporciones de Francesco di Giorgio.



IMAGEN VITRUVIANA DE FRANCESCO DI GIORGIO.



En el siglo XVI Leonardo da Vinci proyectó por encargo de Francisco I de Francia la construcción de ciudades en la región de Loire, proyectó un tipo básico de casa de vecindad apoyándose, en su estudio del "Hombre Perfecto". Es un estudio modular antropométrico, con el objeto de simplificar la construcción del conjunto (Organizada a base de unir un grupo de elementos) dando un impulso a la prefabricación. (Fig. 6, R.B. S2 ).

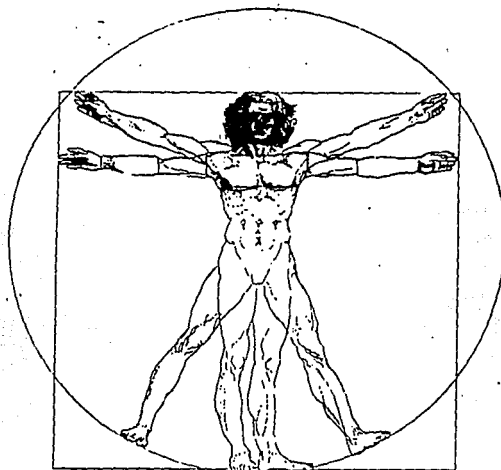


Fig. 6. "El Hombre Perfecto", Análisis Modular.

Propuso la creación de una fábrica para hacer los elementos, excepto la cimentación que se construiría en el sitio quedando la vivienda construída con una simple operación de montaje y ensamble de los elementos prefabricados.

ANTECEDENTES HISTORICOS.

En el siglo XVII, Juan Lorenzo Bernini, Sustituye a Maderna, en San Pedro del Vaticano, Donde proyectó la famosa columnata, elíptica delante de la fachada, consiguiendo una perspectiva escénica, mediante 4 hiladas de columnas. (Fig. 7, R.B. 56).

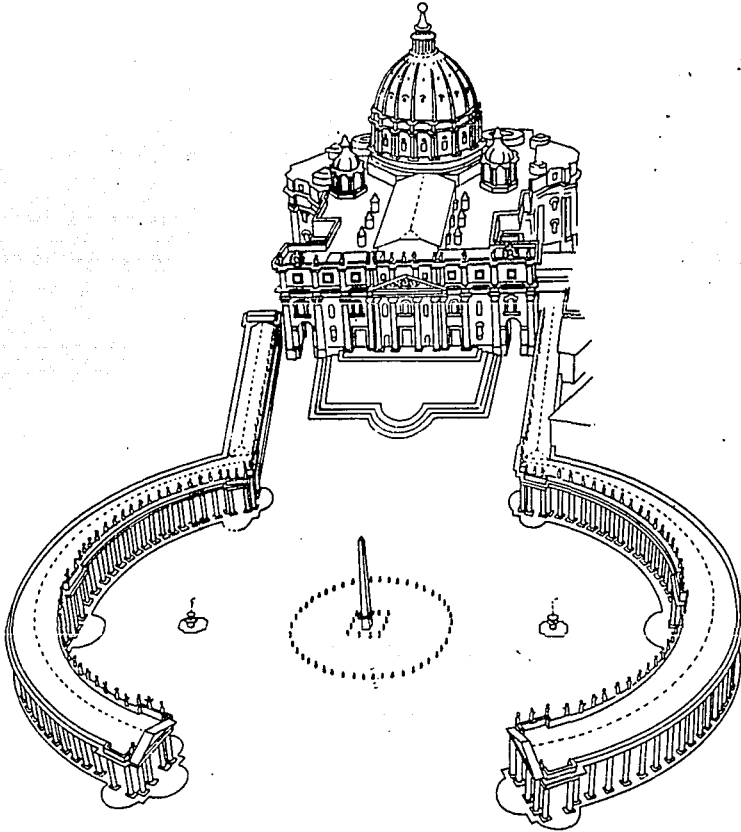


Fig. 7. "Plaza Apostólica de San Pedro", Vaticano.

## ANTECEDENTES HISTORICOS.

En Inglaterra desde la segunda mitad del siglo XVIII, utilizan otras técnicas aplicando a la construcción el hierro fundido y el acero, utilizado en el puente sobre el río Severn, en la librería del "Templo de las Musas", en la cocina de "El Pabellón Real de Brighton".

En 1774 en Inglaterra, John Smeaton construye el raro de Eddyston con hormigón, el cual desde los romanos no había sido usado como material de construcción.

En 1789 La Revolución Francesa, modificó las unidades de medición, cambiando el empleo de prácticas intuitivas, al igual que sus lentos y complicados cálculos, llegando al grado de conceptualizar la utilización mundial de una dimensión, tan despersonalizada y tan abstracta al igual que simbólica como es la "diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre, llamada METRO". El empleo de "la puigada y el pie", es desechada, como unidad corporal y pasa a formalizarse en una medida predeterminada.

A finales del siglo XVIII la revolución industrial propicia la concentración demográfica creando núcleos en las zonas fabriles, apareciendo una necesidad de locales habitables, sin embargo el objetivo inmediato era la producción, olvidando la construcción de viviendas higiénicas, que permitieran la recreación y la reproducción de la fuerza de trabajo, esto permite impulsar la mecanización de la construcción, y la producción arquitectónica con la utilización de métodos creados por la industria, cambiando el trabajo artesanal por trabajo organizado y mecanizado.

En 1779 Darby Wilkinson, hizo en Inglaterra el primer puente de hierro, consistente en una arcada de hierro, que sostiene la pasarela. (Fig. 8, R.B. 56. ).

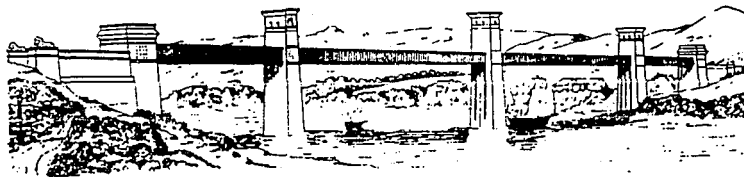


Fig. 8. Primer Puente Fabricado en Hierro.

A mediados del siglo XIX Enrique Labrouste construye en París, la Biblioteca de Sta Geneveva, el primer edificio con la totalidad de su estructura realizada en hierro de cuatro plantas sobre el suelo y una subterránea.

En 1848 Estados Unidos, James Bogardus, empieza a aplicar la tecnología estructurada en hierro.

En 1848 Lambot, construye una embarcación de concreto y malla de acero.

En 1851 el Palacio de Cristal de Londres cubría 62.000 m<sup>2</sup> construido en 6 meses, desmontado al final de la exposición y vuelto a montar en Sdynham 1854, muestra una estructura totalmente prefabricada en componentes de acero con una gran concepción de estandarización dimensional, posteriormente fue destruido por un incendio en 1937.

En 1854 en Francia, el Industrial Lambot descubre el aumento de resistencia que se obtiene al armar el hormigón con acero, dando a la materia prima de la Prefabricación y de la producción en serie.

En 1856 Lambot obtuvo patentes franceses y Belgas las que llamó "Ferciment".

En 1869 se inauguró en la gran exposición de París, la obra de el Arq. Víctor Boltard, La Torre Eiffel, (Fig. 9, R.B. 52 ), de más de 300 metros de altura, construida en hierro, material que permite la torsión, y con un amplio criterio de coordinación modular.

En 1885 en la ciudad de Chicago, E.U.se construye una casa de 10 pisos, por medio de material férreo.

En 1886 P. H. Jackson, ingeniero de San Francisco, California (E. U.) obtuvo una patente para la construcción de pavimentos de concreto de mampostería artificial, en la que introducía el uso de barras de acero tensado, ancladas con tuercas o con cuñas, para eliminar el agrietamiento del concreto producido por las tensiones que aparecen bajo las cargas.

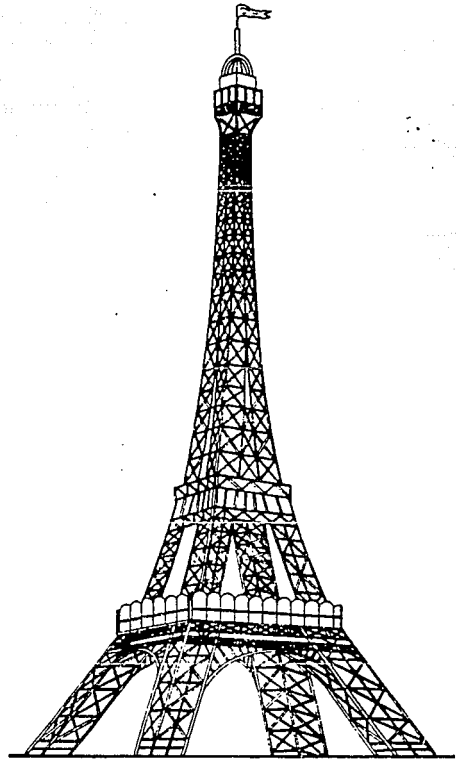


Fig. 9. "Torre Eiffel", París Francia.

En 1888 W. Doehring patentó en Berlín un sistema de construcción de losas, vigas y dinteles, en el que se introducía el uso de alambres tensados antes del colado de las piezas a fin de que la compresión producida en el concreto redujera su agrietamiento. Ésta fue la primera idea de piezas precoladas de concreto presforzado.

Las ideas de P. H. Jackson y de W. Doehring, no mejoran debido a la contracción del concreto y el esfuerzo en el acero no era muy alto que con el tiempo se perdían.

De 1888, Pierre Luigui Nervi inició una serie de experimentos, descubrió que el concreto reforzado con mallas de alambre poseía las características mecánicas de un material casi homogéneo, capaz de resistir fuertes impactos, Demostró que delgadas capas de concreto reforzado, de esta manera eran flexibles, elásticas y excepcionalmente resistentes

En 1889, en la Gran exposición de París, se construyó la "Galería de Máquinas", (Fig. 10, R.B. 56 ), consistente en una enorme sala cuyas cubiertas están sostenidas por pilares de hierro.

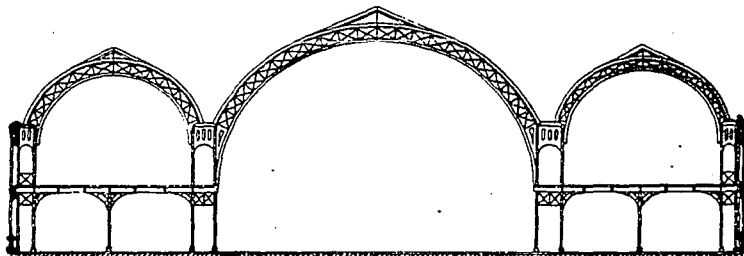


Fig. 10 "Galería de Máquinas", en la Expo de París.

En 1891 la empresa Ed. Coignet de París, produce las primeras vigas prefabricadas de hormigón armado, que soportaron cargas, fueron para la construcción de "El Casino Biarritz", ciudad francesa ubicada en el departamento de los Bajos Pirineos, en la Costa del Mar Cantábrico.

En 1900 en Brooklyn, Estados Unidos se premoledan los primeros elementos de hormigón de gran tamaño para cubiertas, que eran colocadas sobre una estructura de entramado metálico, median 1.20 mts. de ancho, 5.10 mts. de largo, con un espesor de placa de 5 cms., fueron colocados sobre un entramado de estructura metálica.

En 1905 en Reading, Pennsylvania (E. U.), se construyeron unos forjados prefabricados para un edificio de cuatro plantas, únicamente se hormigonaron "in situ" los pilares o pies derechos.

En 1906 en Europa, aparecen las primeras vigas de celosía "Visitini", con gran éxito.

A principios del siglo el déficit de vivienda era crítico, el inglés Brodie y el Americano Edison, intentan técnicas y procedimientos de fabricación de vivienda masiva.

El arquitecto Brodie experimenta el método francés Francis Hennebique en la construcción del puerto de Bilbao, empleando grandes piezas prefabricadas de hormigón colocadas con grúas, además desarrolla en Liverpool el primer sistema cerrado (Patentado), paneles de hormigón prefabricado formado de suelo a techo, los elementos de pared cada uno era una placa de hormigón vertido sobre un molde en el que se colocaba una malla de acero, las uniones estaban resueltas por encajes de salientes y entrantes que prevenían en los elementos a lo largo de su perímetro; en cocinas los elementos tenían integrados los muebles y revestimientos; al igual que la carpintería, ventanas y puertas se colocaban en los moldes quedando incorporada a los elementos, para su posterior traslado a la obra para su montaje.

En 1907 Tomas A. Edison inventa y patenta en E. U., un sistema para construir casas prefabricadas de 2 pisos mediante el vertido continuo en moldes metálicos, encofrados deslizantes, tenían un costo final de 1,200 dólares, por este precio se incluían la calefacción, todas las instalaciones y la electricidad, en su fábrica de New Village, en Nueva Jersey, construía 144 casas por año. El proceso entero tenía una duración de seis horas por casa, la erección se hacía en 4 días y el desmantelamiento en otros 4 días. Solo después de la Segunda Guerra Mundial R. G. Letoneau y la compañía Ibe Housin Corporation empleo este método constructivo aunque se dificultó por el costo de transporte de los grandes moldes, solo eran redituables en la edificación de grandes proyectos.

En 1907 en New Village (E. U.), se construye un edificio en el cual todas sus piezas son de concreto, con el método "Tilt-up", que consistía en colar los muros de carga en el suelo de la obra y después se levantaban para colocarlas en posición vertical.

En 1908 C. R. Steiner de los E. U. patentó un sistema para romper la adherencia entre las barras de acero y el concreto y poder pretensar las barras posteriormente a fin de contrarrestar las pérdidas del presfuerzo causadas por las deformaciones diferidas del concreto.

Desde 1911 E. Freyssinet, es considerado como el iniciador del desarrollo moderno del concreto presfuerzo, trabajó en la investigación del fenómeno de la deformación diferida del concreto; fue el primero en aclarar los fundamentos que gobiernan las deformaciones del concreto y en establecer que influencias tienen dichas informaciones en las estructuras del concreto presfuerzo. Aprovechando la construcción del puente Plougastel

(tres arcos de concreto armado de 172.6 m. cada uno), midió la deformación por contracción del concreto y pudo cerciorarse de la magnitud de este fenómeno, insistió en el uso del concreto de alta resistencia y promovió la compactación del concreto por medio de un vibrado energético, indispensable en el concreto presforzado.

En 1912 en Alemania, con sistema patentado por John E. Conzelmann, se construyen edificios de varios pisos, totalmente prefabricados (pilares, muros y forjados).

En 1915 en Francia, Eduardo Jeanneret Le Corbusier diseña la estructura DOM-INO.

En 1921 en Francia, Eduardo Jeanneret Le Corbusier tras múltiples proyectos para encontrar una solución propone la casa Citroham, intentando realizar una producción en serie de casas con idéntico sistema de fabricación que los automóviles.

Después de la Primera Guerra Mundial, en Europa se inicia una producción masiva de vivienda en hormigón.

En 1923 El Hotel Imperial en Tokio, obra de Frank Lloyd Wright, se mantiene intacto después del terremoto, debido a que las construcciones recaen sobre vigas con pies derechos en voladizo, construido mediante hormigón armado.

En 1923 se patenta el sistema americano Tee-Stone es el precursor de los actuales métodos de construcción de escuelas, garages, edificios industriales y almacenes a base de elementos standard de hormigón pretensado.

En 1925 en México se implementan por primera vez estas prácticas modulares a la construcción, mediante la construcción de un edificio de departamentos con cimbras deslizantes para muros monolíticos, implementada por los Arquitectos Francisco Martínez Negrete y Agustín de la Barrera

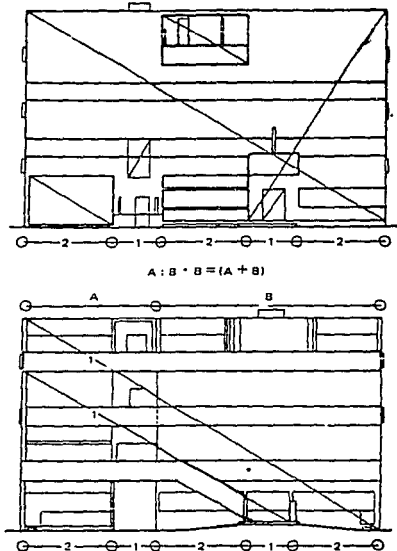


Fig. 11 Diseño Aureo de  
"La Villa de Garches".

En 1926 a 1927 en Francia, Eduardo Jeanneret Le Corbusier, construye la Villa de Garches, Vaucresson, (Fig. 11, R.B. 52).



En el cual el diseño, se apoya en el trazo de los rectángulos envolventes con segmentos ligados entre sí por un criterio de proporcionalidad aurea, usando diagonales normales a ellas trazadas desde los vértices.

Entre 1926 y 1928 Gropius inicia sus experimento en el barrio de Toerten, cerca de Dessau en el que las viviendas de dos plantas fueron realizadas con elementos normalizados. Después en E. U. junto con Konrad Wachsmann, produce "el Packged House System" para la General Panel Corporation, el Sistema esta basado en una rigurosa coordinación modular con un módulo de panel de 100 cm. Los elementos de unión correctores que permiten cualquier acoplamiento vertical u horizontal, el tiempo de Prefabricación de una vivienda era de 20 minutos en taller y el montaje en 38 horas de trabajo.

En 1928 los Ingenieros E. Freyssinet y J. Seailles patentaron en Francia y en otros países. la construcción de elementos de concreto presforzado con acero de alta resistencia, tensado a esfuerzos superiores a 4000 kg/cm<sup>2</sup>. antes del colado del concreto.

En 1929, E. Freyssinet construye unas prensas hidráulicas, de concreto presforzado para la forja del acero, con capacidades 2000 y 10000 ton.

Antes de 1930 en Potsdam, el Arquitecto Erich Mendelsohn, Construyó en sus primeras construcciones El Observatorio "Einstein", mediante el uso de hormigón y acero. (Fig. 12, R.B. 56).

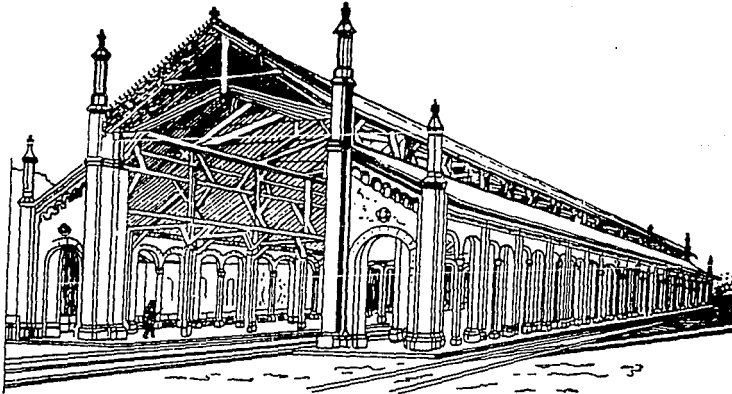


Fig. 12 "Observatorio Einstein", en Potsdam.

Entre 1930 y 1933 en Francia, Lods y Breaudoin construyen los primeros barrios prefabricados, empleando estructuras metálicas que soportaba de suelo a techo los paneles de hormigón moldeado en fábrica.

Durante los años 1932 a 1934 E. Freyssinet fabricó postes y pilotes de concreto presforzado.

Entre 1933 y 1942 la anteriormente llamada Unión de Repúblicas Soviética Socialista, (Hoy Comunidad de Estados Independientes), fue el primer país que se propuso seriamente en resolver el problema de la vivienda, se afrontó la construcción de más de 200 grandes ciudades nuevas, la industrialización de la construcción llegó bruscamente sin transición, por contar con el apoyo financiero del estado, incorporando en los estudios en: la seriación sistemática, la normalización de medidas y las primeras tentativas de grandes proyectos urbanos aplicando métodos de Prefabricación.

En 1938 E. Boyer de Alemania, construyó una cama de tensado para emplear alambres delgados ( 0.5 mm. a 2.0 mm.) con alta resistencia para fabricar vigas de concreto presforzado en longitudes de 100 m. ya que después de inducidas se cortaban a las longitudes deseadas. El anclaje de los alambre en las vigas se hacía por adherencia, hasta la fecha se emplea este sistema.

En 1939 E. Freyssinet patentó un sistema para la aplicación de presfuerzo a piezas de concreto, después de su endurecimiento. El sistema está formado por un cable de 12 alambres de 5 o 7 mm. colocados alrededor de un núcleo constituido por un espiral de alambre de acero y colocado todo ello dentro de un tubo de lámina delgada.

Los doce alambres se tensan con un gato de doble acción y se anclan por medio de una cuña cónica de concreto contra la parte interior de un cilindro hueco de concreto.

El gato que opera con agua a presión, primero tensa los alambres que se fijan al cilindro exterior en parejas por medio de cuñas, y una vez que se alcanza la deformación del cable y la presión manométrica deseada, con otro pistón introduce la cuña macho a presión para anclar los alambres del cable.

En 1940, se construyeron en Pakistán los primeros cascarones presforzados, se trataban de bóvedas cilíndricas que se presforzaban por medio del sistema de Freyssinet.

En 1942 Nervi, techó una estructuras importantes, de 98 mts de claro para la TURIN EDITION HALL, las piezas de ferrocemento acanalado que tenían menos de 4 cms. de espesor, fueron prefabricadas y unidas por nervaduras de concreto reforzado coladas en obra.

En 1942 la U. S. NATIONAL ACADEMYC OF SCIENCES organizó una mesa redonda sobre el uso del ferrocemento de países en desarrollo.

Entre 1940 y 1942 G. Magnel, de Bélgica desarrolla el sistema de presfuerzo que lleva su nombre, formado por un cable de alambres paralelos, contenidos en un ducto con separadores y los cuales, tensados, se anclaban en sus extremos por pares, con cuñas de acero contra placas de acero. También fue el primero en señalar la diferencia que hay entre las cargas de ruptura con alambres adheridos al concreto y en aquellas que no se ligaban, como era usual en aquellos días. Aclaro el efecto especial del presfuerzo en las estructuras hiperestáticas, también fue el primero en aclarar el pandeo de columnas con cables de presfuerzo adheridos a la pieza.

Entre 1942 y 1943 en Inglaterra, P. W. Abeles desarrolló la fabricación de piezas de concreto precoladas en las que dejaba unas ranuras para colocar los alambres de acero de alta resistencia. una vez tensado los alambres, se llenaban las ranuras con concreto para adherirlos al resto de la pieza, sistema actualmente utilizado en la fabricación de vigas presforzadas de bloques.

En 1944 G. Magnel, inició en Bélgica del primer puente ferroviario de concreto presforzado, el puente "El ferroviario", debido a la guerra duró hasta 1948, de esta obra se obtuvieron bastantes conocimientos sobre la inyección de los ductos con lechada de cemento, la adherencia del acero de presfuerzo y la seguridad a la ruptura.

En 1945 en Francia se desarrolla una importante industria de elementos grandes (placas o paneles) de concreto, con ayuda del Gobierno, esta corriente impulsada por institutos de investigación científica (Centre Scientifique et Technique du Batiment) y por las empresas privadas, su objetivo era bajar costos del mercado de la construcción.

En 1946 se inicia la construcción de la primera pista de aterrizaje de concreto presforzado en el aeropuerto de Orly en París, según el proyecto del ingeniero E. Freyssinet. La losa tenía 6 m. de ancho y 420 m. de largo y un espesor de 16 cm., y está presforzado longitudinal y transversalmente, empleando solamente cables transversales. El presfuerzo longitudinal se logro introduciendo una serie de juntas móviles diagonales en 45 grados en planta y unos estribos extremos anclados en el terreno para obtener una compresión longitudinal al presforzar transversalmente.

En 1947 la fábrica fundada por Gropius en 1928, podía producir máximo 10,000 viviendas al año, dicha producción fracasó por que la empresa no previó una organización de venta del producto, siendo cerrada dicha fábrica.

Entre 1947 y 1950 en Alemania, El concreto presforzado se usó en los puentes sobre el canal del puerto de Neckar, uno con un arco de tres articulaciones de 108 m. de claro y otro con una trabe continua de 96 m. de claro central.

En 1948 en E. U., la compañía Proload desarrolla una máquina para presforzar tanques cilíndricos de concreto enrollando alrededor del concreto un alambre continuo de alta resistencia a tensión, en vueltas sucesivas. posteriormente ese acero se recubre con concreto.

En 1948 en Orleáns, Freyssinet construye unos tanques rectangulares para agua. y el primer puente de concreto presforzado en Sudamérica con 14 tramos de 37.5 m. de claro de trabes precolados, cerca de Río de Janeiro, Brasil (puente Galión).

En 1948 también el Ing. R. Morandi desarrollo el primer sistema italiano para el anclaje de pares de alambres por medio de cuñas cónicas de acero.

En 1949 cuatro ingenieros suizos: M Bir Kenmier, A. Brandestini, M. Ros y K. Vogt, patentaron el sistema de BBRV, en el que el cable se forma con alambres paralelos de acero de alta resistencia. El anclaje se realiza contra placas de acero por medio de las cabezas que se forman por estampado en frío en dos extremos de los alambres.

En 1949 en Alemania, la firma Dickerhoff Und Widmann, introdujo un sistema de presfuerzo usando barras de acero de alta resistencia ( 90 Kg/mm<sup>2</sup> ), con anclajes por medio de rosca y tuerca, que favoreció además el uso del presfuerzo parcial, que tiene ventajas económicas sobre el presfuerzo total.

En 1950, V Finsterwalder construyó el puente sobre el río Lahn con un claro de 62.1 m. La construcción del puente se hizo en doble voladizo colando las secciones de las trabes en su sitio, a partir de ambos estribos por medio de una obra falsa soportada en las porciones previamente construídas.

En 1950 en Inglaterra, se introduce el sistema de presfuerzo Lee-Mc Call (Stress-Steel) que usa barras de acero de alta resistencia, con anclaje por medio de una rosca especial y tuerca.

En 1953 en México, se terminó de construir la primera obra de concreto presforzado que fué el puente "Zaragoza", en Monterrey, N. L., sobre el río Santa Catarina. de 175 m de

longitud, los puentes están cubiertos con cinco tramos libres de concreto presforzado de 34 m de claro cada uno. La superestructura del puente está formada por siete traves presforzadas que se fabricaron en un sitio. El presfuerzo se dió con alambres de acero de alta resistencia que se anclaron por parejas con cuñas de acero. Las traves, después de montadas en sitio, se ligaron transversalmente presforzando los diafragmas y los patines superiores que forman la losa de la calzada. En el mismo año se ponen en servicio dos puentes más de 12 m de claro, construído con traves de concreto presforzadas con alambres de alta resistencia, en el camino vecinal Maravatio-Irimbo.

En 1955 en México se fundó la primera compañía presforzadora con razón social "VIBOSA" Viguetas y Bovedillas S. A., iniciándose con la prefabricación de viguetas presforzadas y bovedillas para ser usadas como losas, propiciando que el sector público como privado use toda una tecnología para sistemas de concreto pretensado o postensado en todo el país.

En 1956, sobre el río Bravo entre Nuevo Laredo, Tamps. y Laredo, Tex. se terminó la reconstrucción del puente, que tiene siete claros continuos, logrado introduciendo cables de presfuerzo a través de las juntas, con claro máximo de 45.8 m. con traves fabricadas en secciones para los dobles voladizos y traves suspendidas de 27.5 m. de claro, apoyadas en los extremos de los dobles voladizos, el sistema de presfuerzo que se usó fue BBRV.

En 1959-60, Kenzo Tange, realiza un estudio de la Ciudad-Isla (Fig. 13, R.B. 54). unidad en el espacio mediante unas enorme estructuras, que soportan unas viviendas, para ser construída en Boston.

En México en 1960. se desarrolló el bombeo del concreto, por medios mecánicos.

Desde 1960 en E. U. se instituye la acreditación de nuevos productos y soluciones constructivas para su aprobación, mediante el certificado de idoneidad técnica, ( Agreement - Technique ).

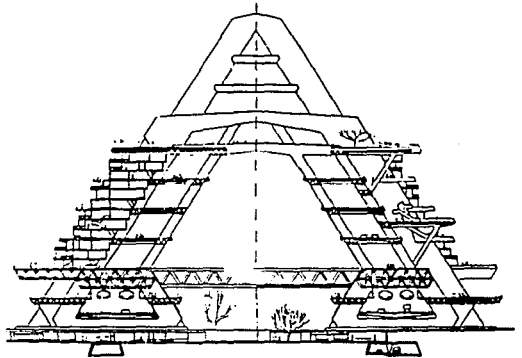


Fig. 13. "La Ciudad Isla", Boston E.U.A.

En Enero 1961 en Chicago Illinois, E.U.A., el "Prestressed Concrete Institute", mediante el Comité de Actividades Técnicas, organizó un Comité sobre Detalles de Conexiones de Elementos Prestorzados.

En 1966 en México, se funda la Asociación Nacional de la Industria del Presfuerzo y de la Prefabricación. A. C. agrupando a las industrias que se especializan en este campo, empleando el concreto estructural y arquitectónico, así como a diseñadores, calculistas, montadores, distribuidores y fabricantes.

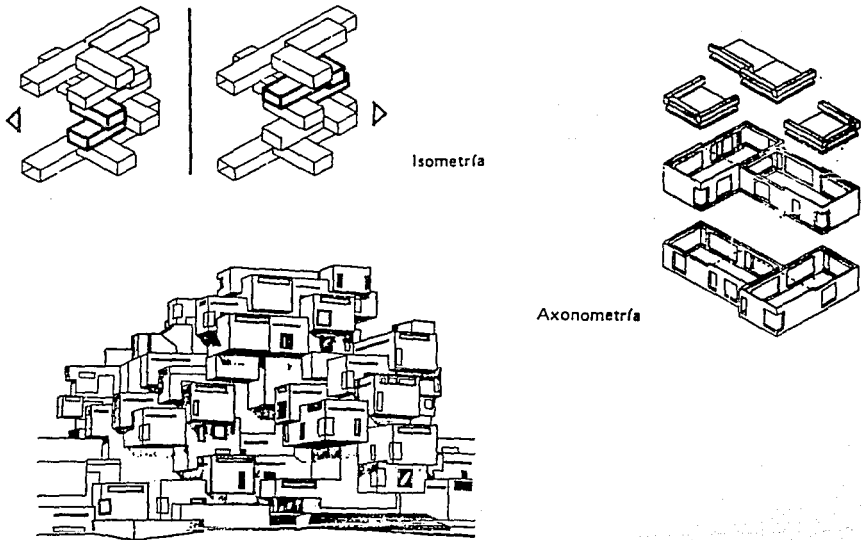


Fig. 14. Proyecto "Habitat", Montreal Canadá.

En 1967, en la exposición Hábitat 67, en Montreal Canadá, (Fig. 14, R.B. 54 y 52). se presenta un proyecto encabezado por Moshe Safdie, y sus colaboradores: David, Barott, Boulva y Ass. El cual consiste en un conjunto de viviendas de 12 plantas, compuesto de una estructura principal con comunicaciones horizontales y verticales y 354 elementos espaciales autoportantes para montar las unidades de vivienda.

El acceso a las viviendas se realiza mediante los corredores peatonales horizontales, situados en vigas cuadrangulares de la estructura piramidal que contienen los conductos de las instalaciones. (Fig. 15, R.B. 44).

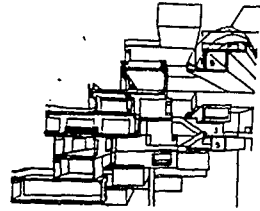


Fig. 15 Sección de "Habitat".

Presenta diferentes tipos de viviendas de dos plantas, con terrazas aprovechando las cubiertas de las células inferiores. tiene 12 plantas; 158 viviendas; de 1 a 5 habitaciones por vivienda; y con garage subterráneo.

En México, en la terminación de la década de los 60's, principio de los 70's, se adquiere la patente Inglesa, del sistema CLASP, el cual se adecua a las necesidades nacionales, en la construcción de escuelas, este sistema se encuentra implementado por "El Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas". (CAPFCE).

En 1970 en los Estados Unidos se puso en marcha la operación Break thru, importante programa gubernamental para impulsar la construcción industrializada de la vivienda, impulsando la racionalización general de la construcción, en la medida que no existe impuesto sobre la producción y la industria individual, ha permitido un gran crecimiento de los sistemas abiertos.

En 1974 en México, el ingeniero Pablo Cortina Ortega, construyó el primer edificio mediante el sistema "CORTINA", inventado por él, El cual es una innovación al sistema de "losas levantadas" (Lift-Slab).

En 1975 el AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, formó su comité 549 para hacer una recopilación de conocimientos del ferrocemento.

En 1976 se fundó el INTERNACIONAL FERROCEMENT INFORMATION CENTER en el AISLAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY en Tailandia, actúa como un centro de recopilación de información sobre el Ferrocemento y publica el JOURNAL OF FERROCEMENTO.

En 1979 la RILEM unión internacional de laboratorios de pruebas investigación de materiales y estructuras, estableció un comité para evaluar métodos de prueba para el ferrocemento.

En 1981 en México se introduce el sistema Meccano de Moldes, colados "in situ", por la empresa Troquel-Mex, S. A. y su filial Meccano Cimbras, S. A. de C. V.

2.- CONCLUSION DE LOS ANTECEDENTES HISTORICOS.

Las antiguas civilizaciones produjeron arquitectura, haciendo uso de un método antropométrico directo, en el cual tomaban como unidad de medida: el codo, el dedo, el pie, el brazo, el palmo. constituyendo espacios de dimensiones humanamente diseñadas, participando de la matemática corporal, logrando elementos limitados de dimensiones.

Después las construcciones al igual que las prácticas artísticas, tenían una práctica común que estaban regidas por principios modulares, las cuales podían ser métodos agudos de disertación matemática (Fig. 16, R.B. 55). ó composición intuitiva, aplicados consciente ó subjetivamente, buscando un principio de equilibrio geométrico de colores, volúmenes y formas.

Sin embargo la producción consciente, desde un punto de vista estético, empleaba principios tales como:

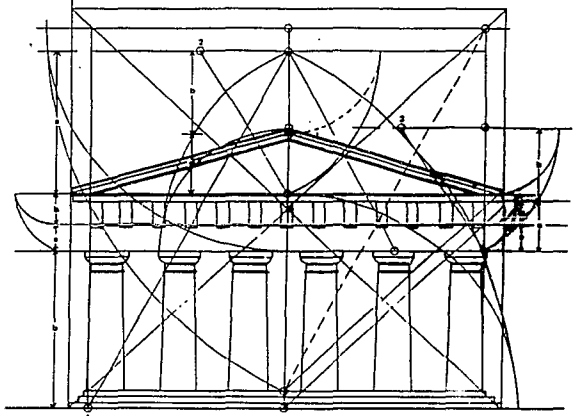


Fig. 16 "Templo de Egina", Maody Luna.

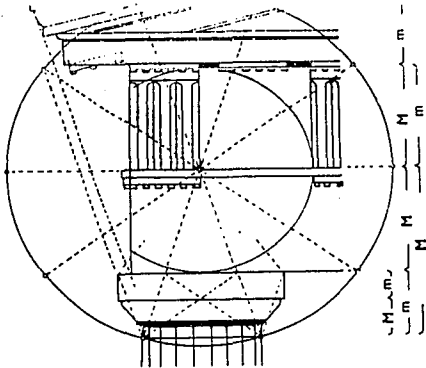


Fig. 17 Relacion Armonica de un Templo Dorico.

El lugar del ángulo recto. La sección aurea, El punto aureo, La Espiral Logarítmica, El criterio de proporcionalidades. La relación Armónica (Fig. 17, R.B. 52), y otras, los cuales están basados en la serie de los números reales, es decir en la Ley de Fivonacci, estas prácticas se manifiestan mediante 2 sistemas: por medio de múltiplos y submúltiplos ó por relaciones proporcionales de sección aurea. (Fig. 18, R.B. 52).



Desde el punto de vista técnico, desde las épocas antiguas se crean antecedentes en la industrialización (Fig. 19 .R.B. 44 y 53), de la Arquitectura, con el uso del horno se crea la producción de materiales en fábrica fija, con el uso del ladrillo se crean los elementos prefabricados, con el adobe da paso al premoldeado, con el muro encofrado se permite la producción de prefabricados "in situ" y con el enrollado de cables o cinchos metálicos en tiras separadas de madera para formar un barril o bien circundando ruedas de madera, en ambos casos calentando el acero, deformándolo y colocándolo, para que al enfriarse se contrine en la madera y acero, marcó el principio del presfuerzo.

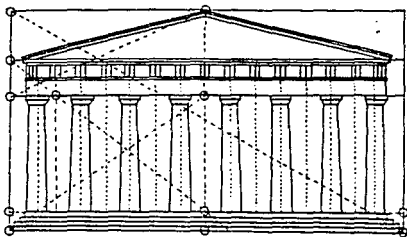


Fig. 18 Análisis Aureo de "El Partenon".

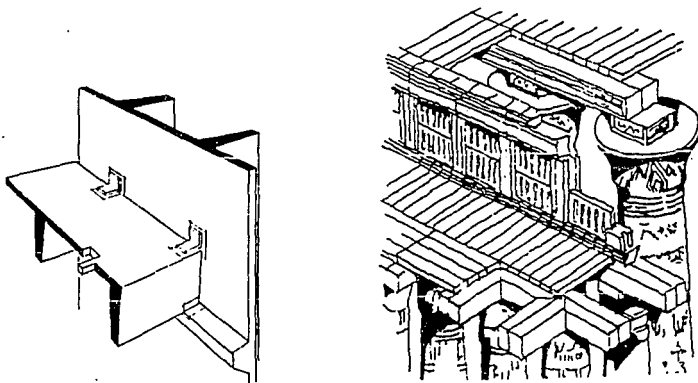


Fig. 19. Analogía Constructiva entre la Arquitectura Egipcia, y las Vigas Prefabricadas Doble "T".

Hoy en día, los Sistemas Constructivos Prefabricados contienen, en su etapa de producción (Fig. 20, R.B. 44), la aplicación de los métodos industriales, desempeñando aspectos de tipo técnico, utilitario e industrial, tendientes a beneficiar: la producción en serie, la repetición dimensional, la producción masiva y la especialización de la mano de obra. (Fig. 21, R.B. 52).

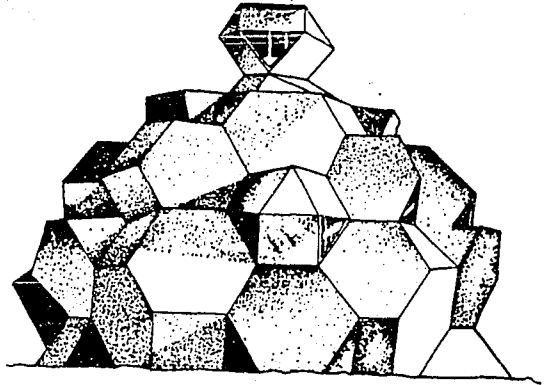


Fig. 21 "Sinagoga", en el desierto de Negev, Israel.

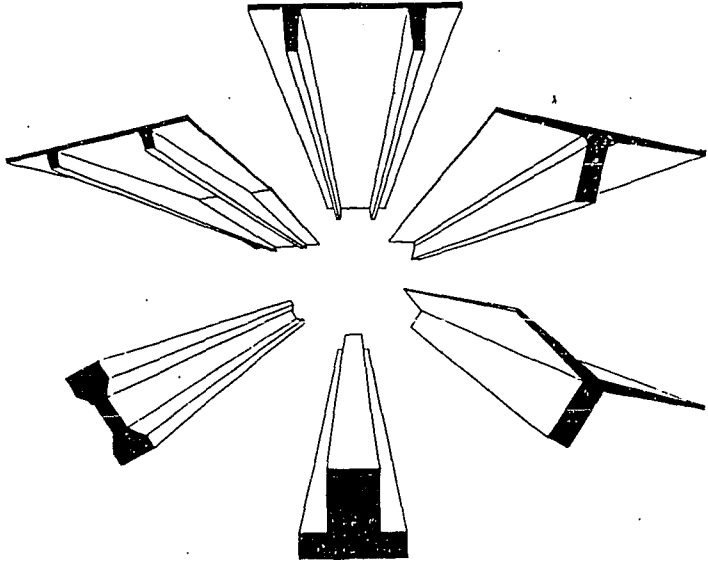


Fig. 20 Diferentes tipos de Losas Prefabricadas.

**ETAPAS DE PRODUCCION DE LOS ELEMENTOS  
CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS.**

**CAPITULO 2.**

**TESIS :**

---

**Desarrollo y Aplicacion Tecnologica,  
de los Procesos Constructivos Industrializados.**



**Maestria en Tecnologia.**

## CAPITULO I I .

ETAPAS DE PRODUCCION DE LOS  
ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS  
INDUSTRIALIZADOS.

## 1.- LOS PROCESOS INDUSTRIALIZADOS.

Las naciones tienen diferente grado de desarrollo tecnico, de acuerdo a su organización económica, pudiendo encontrar, países económicamente desarrollados, las cuales se caracterizan por un nivel alto de desarrollo tecnológico y científico, que provee la especialización y la mecanización del trabajo, el cual lo aplican a los diferentes campos de la producción. Otras sociedades mal llamadas "en vias de desarrollo", caracterizadas por un mediano desarrollo tecnológico y científico, casi siempre dependiente, se caracterizan por ser proveedores de materias primas a nivel internacional, y sus procesos productivos, tienen un alto grado de producción semi-mecanizada o artesanal, incorporando en algunas ocasiones únicamente los procesos industrializados.

El concepto de industrialización ha sido mal interpretado por la sociedad moderna, pensando que este método está ligado forzosamente a una producción por medios mecanizados, sin embargo las prácticas agrícolas fueron el elemento que permitió y obligó en primera instancia a cambiar el trabajo artesanal por trabajo organizado y sistematizado; con la aparición de la máquina, se propicia la producción estandarizada de mercancías, buscando medidas predeterminadas para producir artículos y consumirlos masivamente, sin embargo estos métodos son tan dinámicos, que se pueden implementar en procesos artesanales, mixtos y mecanizados.

La industrialización es un perfeccionamiento y estandarización de los instrumentos operacionales, una eliminación de la casualidad, un mejor desenvolvimiento de relaciones integradas, es una aplicación del método industrial productivo, el cual contempla procesos organizados y/o mecanizados, entre los que encontramos: Especialización de mano de obra, Sistematización de procedimientos, Producción masiva o en serie, Estandarización dimensional, Organización de procesos, Coordinación modular, los cuales se verán prácticamente en estudio de tiempos, mayor productividad, optimización de materiales, especialización de actividades, reducción de tiempos perdidos y seriación lógica de procesos productivos.

El método de industrialización tiene una mayor optimización mediante, la división en etapas de los procesos laborales, las cuales se desarrollan mediante la asignación de trabajadores especializados, con determinado grado de mecanización, y mientras mayor sea ésta, reportara mayor eficacia, en contraste del uso

de simples herramientas, ya que por medio de la especialización de la producción, puede obtenerse una mayor cantidad de bienes aun con la misma fuerza laboral, y permite que los problemas y limitaciones en los procesos productivos, se puedan detectar y resolver mediante la aplicación de la teoría de los errores y el control estadístico de calidad, propiciando actividades rutinarias, con mayor continuidad, producción en grandes series, con dimensiones predeterminadas, buscando mejorar la producción.

Estos procesos, están encaminados a buscar la excelencia de la producción (productividad), ya que se puede tener una aceptable producción, con muy baja productividad.

Considerando que la Producción es un fenómeno cuantitativo que da utilidad a las cosas, necesitando tres elementos para que esto se cumpla: el proceso; el trabajo y el capital, bajo un régimen de libre mercado, la producción en un departamento, pueden ser: Toneladas por hora; Piezas por día; Litros por mes, es decir la producción es la cantidad de productos obtenidos por un tiempo determinado de trabajo.

La Productividad, es la relación cualitativa, existente entre la producción y los recursos disponibles para desarrollar esa producción, Así si con la misma maquinaria, la misma inversión y la misma cantidad de trabajadores se aumenta la producción, se estará determinando una alta productividad, al contrario, si con los mismos recursos se produce menos, se determinara una baja productividad.

La industrialización se incorporó a la construcción, a partir de la posguerra, en la medida que se dieron dos condicionantes:

a) La existencia de un complejo sistema industrial, el cual sus productos ya no tenían demanda, como fue la industria de armamento (tanques, camiones, aviones, etc.).

b). La existencia de una demanda de viviendas y servicios, causada por ciudades arrasadas en la contienda,

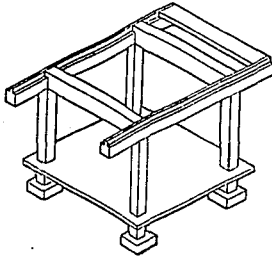
Esto permitió cambiar el giro de producción y unificar, promover y desarrollar la construcción industrializada.

Hoy en día existen diferentes grados de industrialización de la construcción, desde los que aplican únicamente el sistema industrial a un proceso artesanal de producción, mediante la estandarización de los elementos constructivos con la posibilidad de construir o montar espacios arquitectónicos normalizando criterios, hasta los procesos totalmente mecanizados, en los cuales los talleres y fábricas, tienen como objeto la producción de edificios completos, por medios altamente mecanizados, dejando para la construcción solamente las operaciones de unión de componentes o de montaje y de acabados.

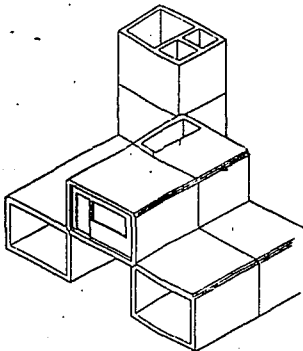
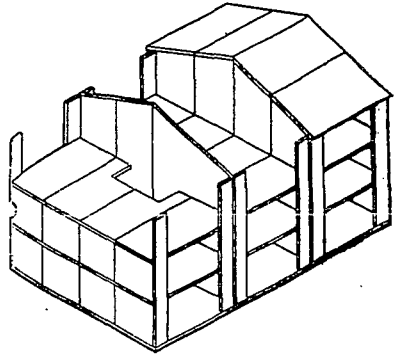
Entre ellos tenemos:

- a). El Sistema de Pilares y Jásenas.
- b). El Sistema de Pequeños Paneles.
- c). El Sistema de Grandes Paneles.
- d). El Sistema de Módulos de Caja Pequeña.
- e). El Sistema de Módulos de Caja Mediana.
- f). El Sistema de Módulos de Caja Grande.
- g). El Sistema Total ó Celular.

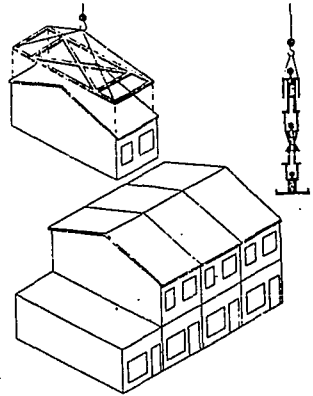
(Fig. 22, R.B. 21).



Sistema de pilares y jásenas



Módulo-caja mediano



Sistema total

Fig. 22. Alternativas de Industrialización.

## 1.1.- CRITERIOS NORMATIVOS DE LA INDUSTRIA PREFABRICADA.

En nuestra nación, existen instancias que norman, regulan y promueven la producción de la construcción prefabricada, ya sea mediante agrupaciones civiles interesadas y comprometidas en la industrialización de estos sistemas, entre las cuáles encontramos: Asociación Nacional de la Industria de la Prefabricación y del Presfuerzo. A.C.; El Comité de Detalle de Conexiones del Instituto del Concreto Presfuerzo; La Agrupación Mexicana del Presfuerzo.; El Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. A. C. y otros, así como la dependencia reguladora gubernamental La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, mediante las Normas Oficiales Mexicanas. (N.O.M.) entre las cuáles encontramos:

## S.E.C.O.F.I.

N.O.M. C-1.	"Cemento Portland."
N.O.M. C-2.	"Cemento Portland Puzolana."
N.O.M. C-85-1974.	"Medidas Modulares verticales preferentes para la construcción."
N.O.M. C-112-1978.	"Terminología usada en elementos de concreto presfuerzo."
N.O.M. C-155-1984.	"Concreto Pre-mezclado."
N.O.M. C-175.	"Cemento Portland de Escoria de Alto Horn."
N.O.M. C-247-1978.	"Dimensiones y tolerancias de los elementos prefabricados tipo arquitectónico."
N.O.M. C-255-1981.	" Aditivos Químicos que reducen la cantidad de agua y/o modifican el tiempo de fraguado del concreto."
N.O.M. B-6.	"Varillas Corrugadas y Lisas de Acero, - procedentes de lingotes o palanquillas - para refuerzo de concreto".
N.O.M. B-18.	"Varillas Corrugadas de acero procedentes del riel, para refuerzo de concreto".
N.O.M. B-32.	"Varilla Corrugada de Acero, procedente - de eje, para refuerzo de concreto."
N.O.M. B-254.	"Acero Estructural".
N.O.M. B-281.	"Planchas de Acero, calidad estructural - con resistencia a la tensión baja e intermedia."
N.O.M. B-282.	"Acero Estructural de Baja Aleación y Alta Resistencia".
N.O.M. B-283.	"Acero Estructural de Alta Resistencia Mecánica y a la Corrosión."
N.O.M. B-284.	"Acero Estructural de Alta Resistencia y - Baja Aleación al Magnesio Vanadio".
N.O.M. B-285.	"Acero Estructural de Alta Resistencia."
N.O.M. B-290.	"Malla Soldada de alambre de acero para - refuerzo de concreto".
N.O.M. B-292.	"Toron de siete alambres sin recubrimiento relevado de esfuerzo para concreto presfuerzo".

- N.O.M. B-293                   forzado".  
"Alambres sin recubrimiento, relevado de -  
esfuerzos para usarse en Concreto Presfor-  
zado".
- N.O.M. B-294.                   "Varilla Corrugada de Acero Torcidas en -  
Frio Procedentes de Lingotes o Palanqui-  
para refuerzo de Concreto".
- N.O.M. B-297.                   "Lámina de acero al Carbono, Laminados en-  
frio, Calidad Embutido".

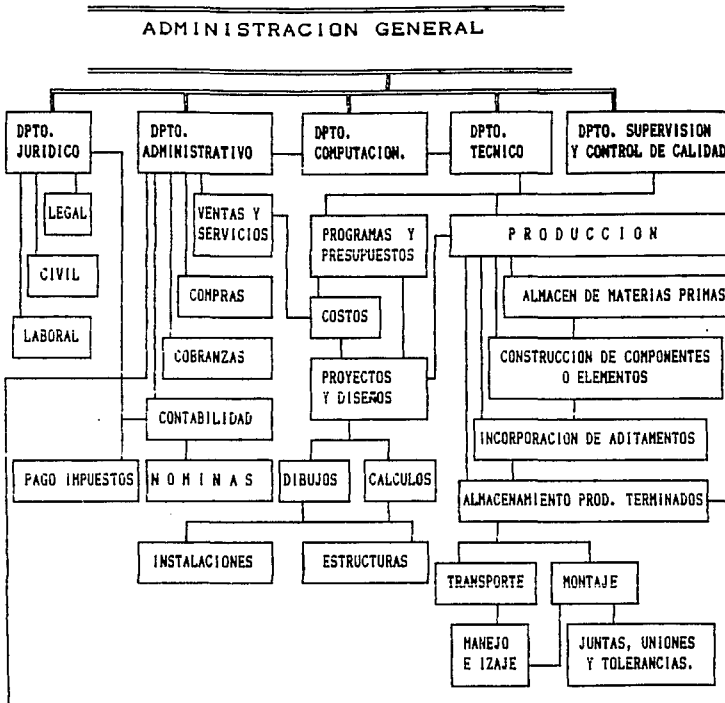
## **SOCIEDADES CIVILES .**

- 1.- Asociación Nacional de la Industria de la Prefabricación y del Presfuerzo. A.C.
  - 1.a).- "Catálogo ANIPPAC", México. 1966.
- 2.- El Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. A. C.
  - 2.a).- "Diseño de Conexiones de Elementos Prefabricados de concreto".
  - 2.b).- "Detalles de Conexiones para edificios de concreto de elementos presfuerzados precolados".



**1.2.- ORGANIGRAMA DE LAS INSTANCIAS DE PRODUCCION Y SERVICIOS PERIFERICOS DE APOYO, DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS.**

La variedad de elementos constructivos industrializados, determinan diferentes formas de organizar las etapas y los procesos de fabricación, dependiendo del sistema que se quiera fabricar, a continuación se ejemplifica genéricamente las etapas de producción y servicios periféricos de apoyo en la fabricación de los sistemas constructivos industrializados, en el siguiente organigrama.



1.2.- ORGANIGRAMA GENERAL DE LAS INSTANCIAS DE PRODUCCION Y SERVICIOS PERIFERICOS DE APOYO, DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS.

A continuación se realizará un análisis de las etapas de la fabricación de los sistemas industriales de construcción, dando importancia a tres etapas:

10. La etapa de Preriguración, la cual comprende, la metodología del diseño de los prefabricados aplicando la coordinación modular, enmarcando los pasos y requisitos técnicos de su práctica a cualquier proyecto arquitectónico, en el siguiente orden:

Etapa de Análisis.

- 1) Sistemas Modulares Básico.
- 2) Sistemas Referenciales.

Etapa de Síntesis.

- 3) Sistemas 2D y/o 3D.
- 4) Teoría de ajustes y tolerancias.

20. La etapa de Producción que considera, las características técnicas de los elementos prefabricados de concreto, enfatizando los siguientes sistemas:

- a). Sistema Presuerzo o Precomprimido.
- b). Sistema de Moldes.

30. La etapa de Transporte y Montaje de los elementos, caracterizando las principales uniones que se implementan en los prefabricados de concreto a nivel nacional.

2.- PRIMERA ETAPA. PREFIGURACION DE ELEMENTOS TIPO.

2.1.- CONCEPCION DE LA COORDINACION MODULAR.

En el proceso tradicional de construcción, la adaptación de los materiales y de los elementos es casi siempre indispensable. otra práctica usual y rutinaria es la verificación de las medidas en la obra para poder solicitar al fabricante elementos con diversas dimensiones.

En general se atribuye al sistema tradicional, una baja productividad, (Fig. 23, R.B. 23), ésto ocurre principalmente por la falta de unidad en la concepción y en la realización del organismo arquitectónico y en segundo lugar, la deficiencia de las condiciones tradicionales de trabajo en la construcción, son inadecuadas para el ejercicio de operaciones continuas.

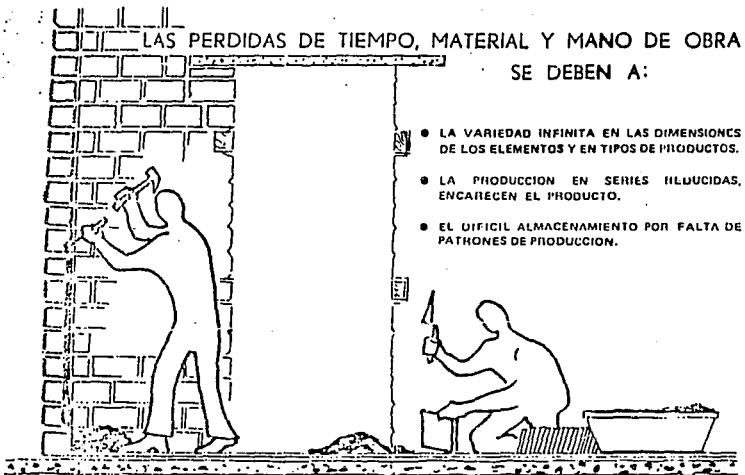


Fig. 23. Crítica del Proceso Tradicional de Construcción.

Es común y desalentador observar en toda obra castillos de una variedad infinita de dimensiones, o que un 20 % de los azulejos son cortados o mal aprovechados, por que la pared tiene una dimensión que no es múltiplo de la medida del azulejo, o el herrero llevará 60 días en entregar las molduras de puertas y ventanas, dado que se fabrican "a la medida".

La línea de montaje de una fábrica de automóviles, tiene analogías con el proceso de construcción civil, por que requiere de una intrinidad de componentes, además de un proyecto bien definido y multidisciplinario.

Muchos de esos componentes son producidos por distintas fábricas y pueden ser utilizados en diversos equipos y marcas de automóviles. Para que esto sea posible, cada fabricante de piezas y componentes deberá obedecer a una regla, y esa regla debe ser única para todos a fin de que la intercambiabilidad se realice, una regla ó un conjunto de normas constituye la estandarización.

Un resultado inmediato de la aplicación de esos criterios, es la reducción de tipos, y por lo tanto una simplificación de las líneas de productos, que facilita la producción de piezas en gran escala, reduciendo su costo y promoviendo la especialización de la mano de obra industrial.

Algo análogo, puede ser concebido para la industria de la construcción, si se aplica este método constructivo normalizador al mismo método tradicional, nos permitirá: El perfeccionamiento de los elementos operacionales, (las ventajas de ahorro y optimización de equipo, de mano de obra, de material, de tiempo y financiero), eliminación de la causalidad y desenvolvimiento de relaciones integradas dentro de un proceso continuo.

2.2.- METODOLOGIA DE LA COORDINACION MODULAR.

La Coordinación Modular, es un método por medio del cual se establece una dependencia recíproca entre productos básicos e intermedios de la serie (elementos) y productos finales (conjunto), (Fig. 24, R.B. 23). mediante una unidad de medida común, cuyo principal objetivo es el de permitir a un elemento ocupar posiciones diferentes en un mismo conjunto o en conjuntos diversos, posibilitando la colocación inmediata y su ajuste fácil y preciso en la posición previamente definida en el proyecto.

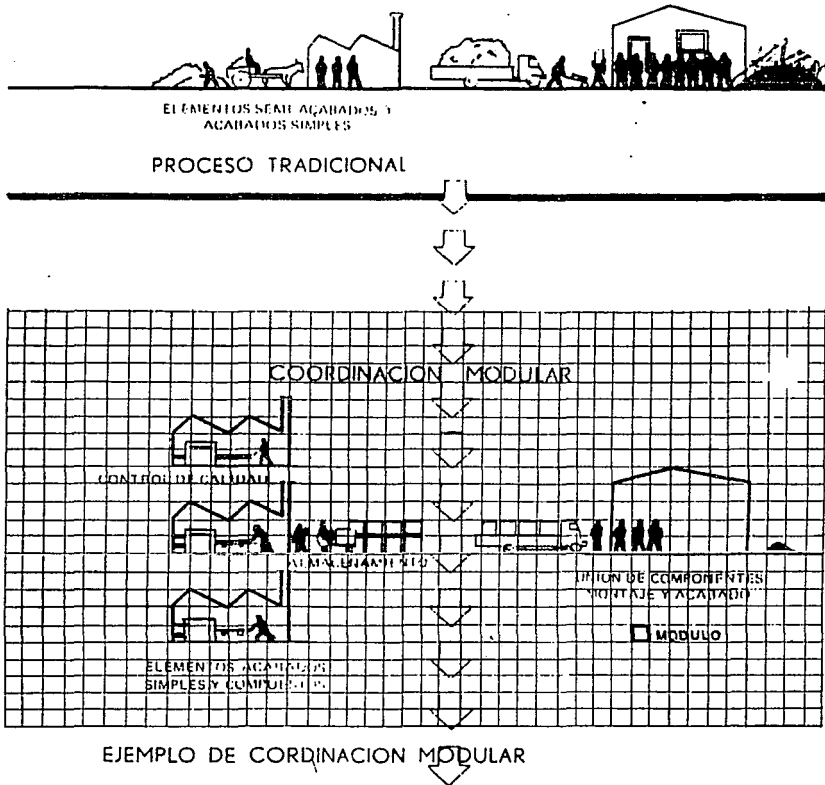


Fig. 24. Comparación del Proceso Tradicional y La Coordinación Modular.

Para mantener un valor práctico de la coordinación modular, es necesario relacionar las dimensiones reales con las teóricas de proyecto, por tanto un elemento estará constituido por un componente y por su junta. Podemos así establecer que la producción arquitectónica, mediante criterios modulares, deben contemplar los siguientes criterios fundamentales:

1) Medidas Modulares nominales ó de Diseño. Son valores teóricos de referencia que fijan las dimensiones de elementos múltiplos del módulo básico.

2) Medidas de Producción o de fabricación. Son medidas que deben ser consideradas para la producción y para fijar las tolerancias de fabricación.

3) Medidas Erectivas ó de Montaje. Medidas reales que son encontradas a la verificación del elemento real ya producido y cuya validez se ajusta al elemento verificado en la obra.

2.3.- PRINCIPIOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE LOS ESPACIOS COORDINADOS MODULARMENTE.

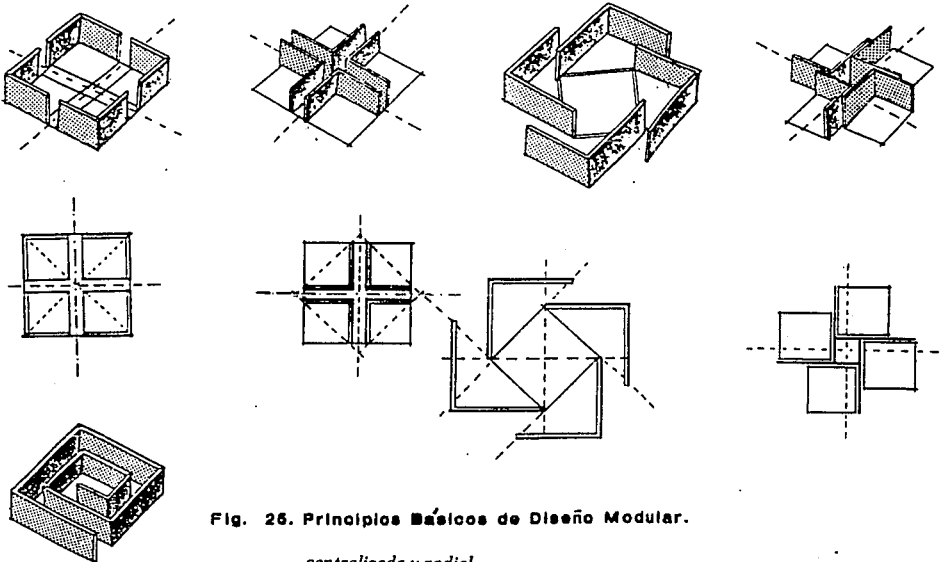


Fig. 25. Principios Básicos de Diseño Modular.

*centralizada y radial*

Con relación a la etapa de diseño (Fig. 25, R.B. 53) se hace necesario considerar, las formas y disposiciones constructivas, con la finalidad de implementar proyectos integrales, en la organización de obra y de montaje de elementos producidos en serie (en la cual se usen prerabricados o prerabricados "in situ"), con la finalidad de preveer problemas en la etapa de construcción, y resolverlos en la fase de proyecto, que deben regir los siguientes principios básicos:

1.- La obra debe de hacerse con un número reducido de elementos - tipo, entendiendo como tal, aquellas piezas constructivas que desempeñan en la obra una determinada runción, por ejemplo: pilares, paneles de muros. (Fig. 26, R.B. 21).

2.- Deben lograrse pocas y fáciles combinaciones y que éstas sean iguales ó semejantes entre sí para la misma obra, con la finalidad de lograr mismos métodos constructivos, e igual implementación de equipo, mediante: homogeneidad de producción, de transporte, de ajustes, de tolerancias y de montaje.

3.- En relación a los elementos-tipo, debe haber el menor número posibles de elementos diferentes. Los elementos deben ser fabricados, preferentemente con los mismos moldes, logrando una producción en serie.

4.- El diseño de elementos-tipo, debe estar previsto para realizar varias funciones, tanto estructurales, como de localización. (por ejemplo: un panel puede ser empleado para muro o losa (con sus reservas técnicas)).

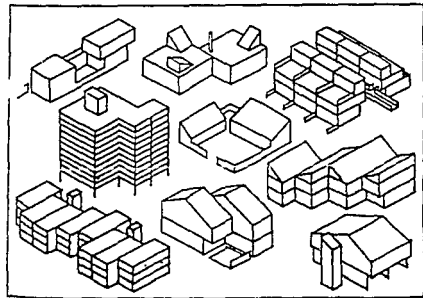
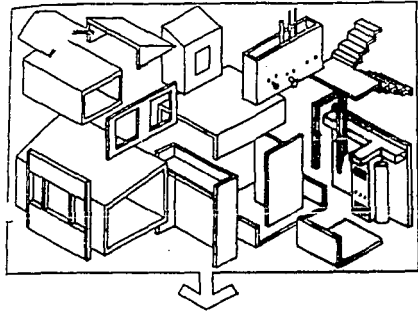


Fig. 26. Elementos tipo del Diseño Modular.

5.- Los Elementos deben ser fabricados por medios mecanizados o mínimamente por métodos industriales.

6.- Los elementos-tipo, deben corresponder a una misma categoría de pesos, medidas, con los cual pueden montarse económicamente con un mismo sistema (grúa o manual).

7.- Se deben proveer ductos de instalaciones, o de elevadores, en el proyecto arquitectónico, para que en la producción de los elementos-tipo, se tenga predeterminada la sección en el paso de las losas.

8.- En el montaje de los prefabricados se deben evitar al máximo, hacer rupturas en el elemento-tipo o cambios de anclaje, por que se modificará la forma de trabajo estructural con la cual fue diseñada.

9.- El almacenamiento en la obra, debe hacerse evitando, hacer trabajar los elementos-tipo con cargas prematuras.

10.- Durante la programación de la obra debe preverse la posibilidad de acceso y manioera del equipo de montaje, para optimizar la posición de éste, problema que debe estudiarse adecuadamente y más cuando la construcción abarca gran parte del terreno en cuestión y existe problemas de colindancia.

11.- Antes del montaje de los elementos-tipo, se debe verificar las longitudes de los espacios arquitectónicos en la obra y de las piezas prefabricadas, para comprobar que las diferencias existentes entre unas y otras, estén dentro de los límites tolerables, para evitar pérdidas de tiempo y proveer en casos particulares, la solución a una discrepancia importante.

12.- Toda modificación, en la forma de hacer trabajar estructuralmente un elemento-tipo, debe ser bajo estricta asesoría técnica del fabricante.



## 2.4.- ETAPAS DE LA COORDINACION MODULAR. .

A través de la aplicación de la coordinación modular, se pretende conseguir la integración dimensional de los componentes estandarizados en los edificios. En el desenvolvimiento de esta metodología, se distinguen dos fases fundamentales: una de análisis y otra de síntesis.

Efectúa un análisis o descomposición de los edificios en partes, de las cuales estudia formas y funciones individuales, para en seguida realizar una síntesis o recomposiciones para definir esas condiciones de reciprocidad y verificar su congruencia.

En la primera (Etapa de Análisis), (Fig. 27, R.B. 21), se procede a la identificación de las partes en que un organismo arquitectónico puede ser descompuesto. Estas partes, o elementos constructivos, para ser objeto de producción continua, o en serie, deben poseer tres atributos esenciales: ser funcional y formalmente definidos; formal y técnicamente homogéneos; económica y técnicamente industrializables.

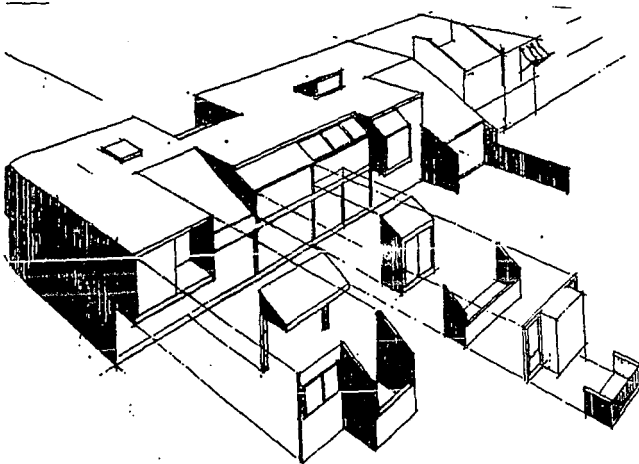


Fig. 27. Etapa de Análisis Modular.

En la segunda fase, (Etapa de Síntesis), (Fig. 28, R.B. 21), es afectada la recomposición del edificio arquitectónico, mediante la utilización de los componentes.

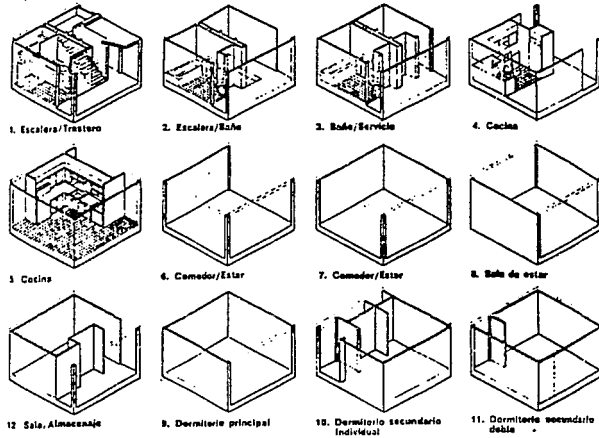


Fig. 28. Etapa de Síntesis Modular.

Entendiéndose que un elemento constructivo está constituido por un componente mas la junta respectiva, definidos en el siguiente cuadro sinóptico:

C O O R D I N A C I O N	M O D U L A R .	}	ETAPA DE	{	1) Sistemas Modulares Básico.
			ANÁLISIS.		2) Sistemas Referenciales.
		}	ETAPA DE	{	3) Sistemas 2D y/o 3D.
			SÍNTESIS		4) Teoría de ajustes y tolerancias.

\* ETAPAS DE LA COORDINACION MODULAR \*.

## 2.4.1.- SISTEMA MODULAR BASICO.

## 2.4.1.1.- ANTECEDENTES DEL MODULO BASICO.

El módulo fue utilizado en la antigüedad como una función estética, sin embargo en la actualidad debe desempeñar finalidades técnicas, utilitarias e industriales.

Los países asociados al International Council for Building Research, Studies and Documentation (Consejo Internacional para la Investigación, Estudios y Documentación de la Construcción), entidad que creó el International Modular Group (Grupo Modular Internacional), adoptaron un módulo básico de un decímetro, la norma brasileña NB-25 R, recomienda su utilización y todos los componentes deberán tener dimensiones múltiplos de un decímetro.

La escala de ese módulo surgió de un trabajo realizado por la Agencia Europea de la Productividad y fue fundamentada en los siguientes requisitos:

1). La medida del módulo básico debe ser suficientemente grande, con el fin de fijar una correlación efectiva entre las dimensiones de los componentes y los espacios modulares del proyecto.

2). La medida del módulo básico debe ser suficientemente pequeño para que sus múltiplos puedan responder a todas las dimensiones de los elementos de la escala industrial para construir una unidad conveniente de incremento, de una dimensión modular para la siguiente, de forma que puedan ser reducidas a un mínimo las modificaciones que se aplicarán a los elementos ya existentes para adaptarlos a la medida modular más próxima y también reducir a un mínimo las variaciones de los espacios previstos en el proyecto.

3). La medida del módulo básico debe ser la mayor posible para permitir la máxima reducción de la variedad actual de los productos.

4). La medida del módulo debe ser escogida de común acuerdo por todos los países que pretendan adoptar la coordinación modular; debe, por lo tanto en el límite de lo posible, ser común para todos.

Esas condiciones sin embargo, encierran algunas contradicciones y la escuela del módulo decimétrico solamente podría surgir de un compromiso. Por razones más o menos análogas, países que utilizan el sistema inglés de medida pasarían a adoptar un módulo de 4". A ese respecto, cabe hacer algunas observaciones.

En primer lugar, debe notarse que los módulos de 10 cms. y de 4", aparentemente idénticos, no fueron fijados con la intención de establecer una equivalencia entre ambos sistemas de

medida, pues existirá siempre una diferencia fundamental de escala entre uno decimal, y otro duodecimal. La escuela de esos dos valores similares, más no idénticos, proviene no solamente de los criterios generales antes señalados, sino también de la conveniencia de conseguir resultados fácilmente comparables.

Una segunda consideración se refiere a la conservación temporal de módulos diferentes del decimétrico, en cuanto al caso de Alemania, que adoptó un módulo octamétrico de 12.5 cm., el problema no está aún definitivamente resuelto. El sistema de coordinación octamétrico, concebido por E. Newfert, fue adoptado principalmente por adoptarse mejor a las medidas en uso de los ladrillos, relacionando a esta exigencia, la coordinación de todos los demás elementos constructivos. el módulo octamétrico, fijado por razones contingenciales al concluir la Segunda Guerra Mundial, podrá ser gradualmente abandonado en favor del módulo de 4" ó de 10 cms., más propicio para procesos constructivos que utilizan en virtud de los cambios actuales de la unificación.

#### 2.4.1.2.- EL MÓDULO BÁSICO.

Por lo tanto el Sistema Modular Básico, es una normalización dimensional fundamental en el uso de una unidad de medidas comunes, constituida por "el módulo" (M).

Es un medio sistemático para permitir la integración dimensional de los elementos estandarizados o componentes. Por lo tanto no se restringe pura y simplemente a definir las dimensiones de los componentes como múltiplos de un módulo, sino establece también las condiciones de reciprocidad que deben de ser respetadas para aquellos componentes para los cuales existen una relación simple o compleja en la composición del edificio. (Fig. 29, R.B. 52).

La definición del término módulo, encierra dos conceptos distintos: el de unidad de medida y el de factor numérico.

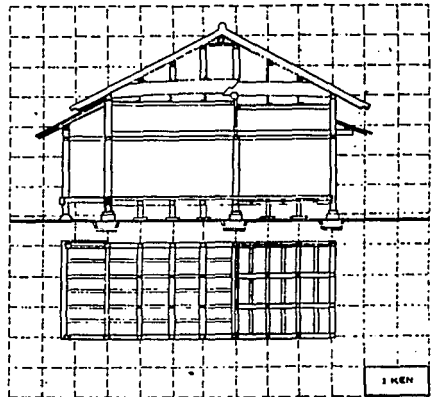
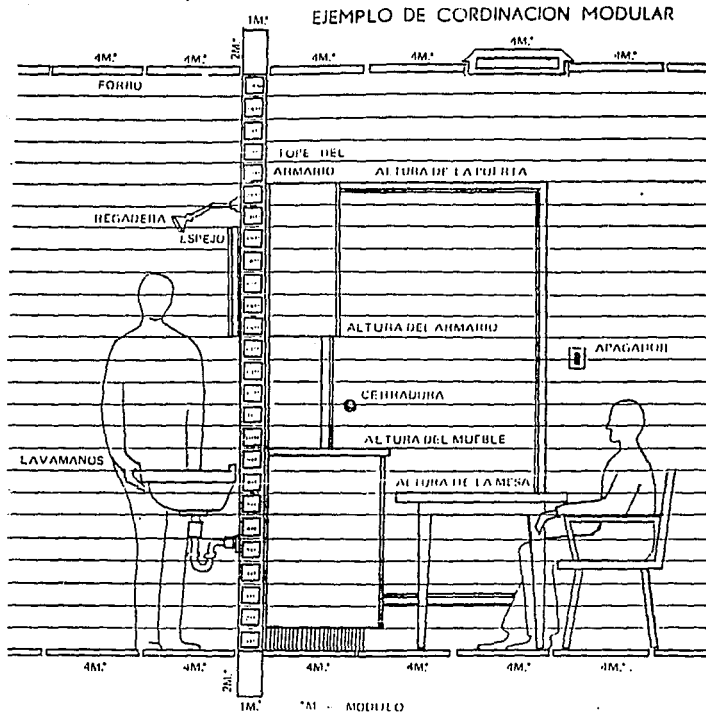


Fig. 29 Diseño Japonés mediante "La Modulación Ken".

Como factor numérico, el módulo fija la regla que se destina a coordinar dimensiones, en el caso de una serie geométrica, el módulo representa la razón de la progresión. Por lo tanto, en este caso, establece una correlación entre los términos de una serie y los valores de una escala de dimensiones.

Como unidad de medida, el módulo será la primera medida de la secuencia modular normal e intervalo dimensional básico del sistema de referencia. En un proyecto que utilice ese sistema de referencia, los elementos constructivos irán a ocupar espacios de proyecto que serán múltiplos de la medida modular.



Dependencia recíproca entre productos básicos e intermedios de serie (elementos) y productos finales (Edificios) mediante el uso de una medida común o módulo.

**Fig. 36. Coordinación Modular Antropométrica.**

La coordinación modular (Fig. 30, R.B. 23) tiene entre otros objetivos simplificar las dimensiones. Es necesario por lo tanto, seguir una escuela, partiendo de una serie de números enteros, que constituyen una serie regular, desde uno hasta infinito, donde cada número de la serie es obtenido sumando una unidad al anterior, podemos establecer una serie limitada aplicada una regla definida de selección.

La escuela se fundamenta en varios criterios que toman en cuenta no solamente las conveniencias del fabricante, sino también las del constructor, para garantizar que el sistema no pierda su flexibilidad.

Un sistema modular básico, consiste en un módulo básico, y en un conjunto de módulos derivados relacionados con un sistema de medida.

2.4.1.3.- MEDIDAS SUBMODULARES Y MULTIMÓDULOS.

Los módulos derivados ó multimódulos son múltiplos enteros del módulo básico. A pesar de que la escuela de un módulo básico de 10 cms. la practica de la coordinación modular demuestra que, para ciertos casos, módulos múltiplos del módulo básico, son más adecuados a las dimensiones de los elementos y sus dimensiones preferenciales.

El módulo básico puede ser una unidad grande para la coordinación de algunas dimensiones de componentes constructivos: en forma particular, para la coordinación de los espesores, para los cuáles deben ser adoptadas medidas submodulares, esto es, fracciones simples del módulo básico. Para estos casos, una norma Italiana, adopta los valores correspondientes a  $1/4M$  y  $1/2M$ . (Fig. 31, R.B. 55)

Cabe entonces aclarar que si el módulo básico representa un incremento dimensional mínimo a ser utilizado para las dimensiones de los elementos es posible también combinar dimensiones de elementos menores no modulares, siempre que la suma corresponda a un intervalo modular.

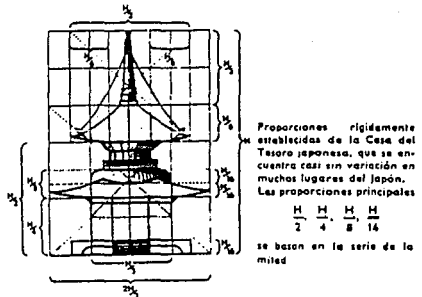


Fig. 31. Analisis Submodular.



sanitarias) que se albergarán, en la estructura y sus respectivas juntas, así como con sus chapas, escuadras, revestimientos.

Se deben seleccionar las dimensiones apropiadas considerando: (Fig. 53 ).

- a. - Altura de piso a techo.
- b. - Altura de piso a plafón.
- c. - Espesor de pisos, entrepisos y techos.
- d. - Cambios de nivel.
- e. - Altura de vanos para puerta.
- f. - Altura de vanos para ventana.
- g. - Alturas de antepecho.
- h. - Dimensiones horizontales entre paños interiores.
- i. - Espesores de elementos verticales.
- j. - Dimensiones entre ejes.
- k. - Dimensiones de las instalaciones (Hidráulicas, - Sanitarias, de Gas y Especiales).

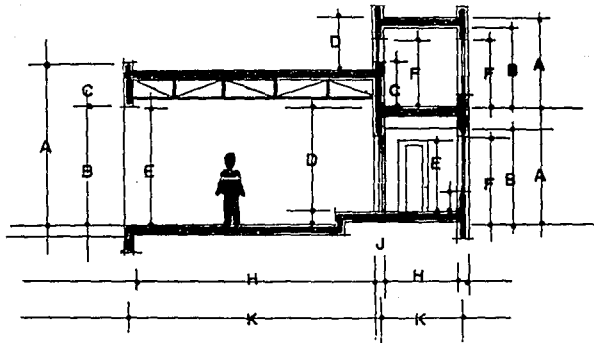


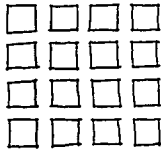
Fig. 53 Estandarización Dimensional.

#### 2.4.3.- SISTEMAS 2D Y/O 3D.

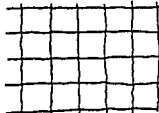
En la aplicación gráfica de la coordinación modular el arquitecto tiene necesidad de un sistema de líneas que materialicen los espacios modulares, por lo cual debe establecer dentro de las dimensiones de control, una estructura tri-dimensional, de medidas básicas a los componentes, un sistema de números preferenciales que faciliten al diseñador industrial la selección de dimensiones a utilizar.



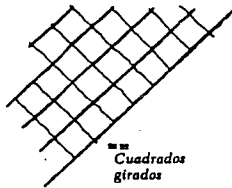
El uso de retículos modulares (Fig. 34. R.B. 53) constituye uno de los procesos más frecuentes para facilitar el trabajo de elaboración de proyectos. Generalizando este proceso, no solamente para comodidad de diseño, sino también y principalmente para servir de sistema general de referencia, tenemos el medio para coordinar la posición y las dimensiones de todos los elementos, materializando los espacios modulares, definiendo las relaciones de composición y las debidas posiciones de cada elemento.



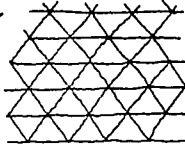
Espacios organizados en el campo contenido por una red geométrica



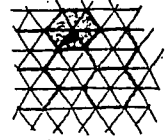
== Cuadrados



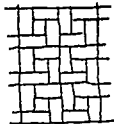
== Cuadrados girados



== Triángulos



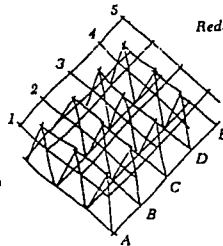
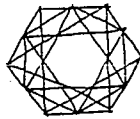
== Hexágonos



== Rectángulos y cuadrados



== Rectángulos/Cuadrados Triángulos/Hexágonos



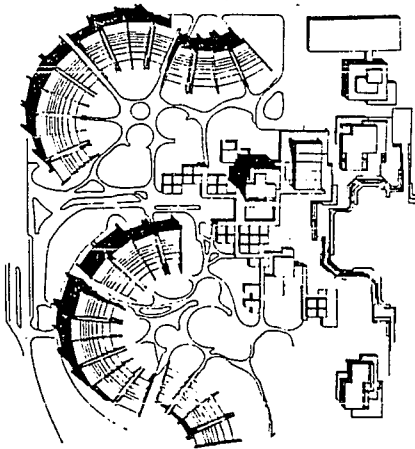
Redes tridimensionales

Geometría de unión espacial

Fig. 34. Redes y Tramas Modulares.

Cabe señalar que la medida modular representa la medida normalizada del elemento modular y el espaciamiento de las líneas de referencia del retículo modular: ella es necesariamente un múltiplo del módulo básico y resulta de la suma de la medida del componente.

Los retículos ó reglas modulares pueden ser planos o espaciales. (Fig. 35, R.B. 54), puede ser utilizado en todas las etapas del proceso constructivo, y para cada una de ellas serán escogidas valores preferenciales para los espacios de las líneas de referencia, de acuerdo con los objetos; en los diseños de elementos, el espaciamiento podrá ser de multimódulos de 6 a 15 M; para el proyecto estructural el espaciamiento podrá variar de 20 a 30 M; para la localización de la obra, para el montaje de los elementos, el espaciamiento podrá ser del orden de 40 M. En este caso, será conveniente relacionar el retículo de la planta de localización con el retículo del proyecto. (Fig. 36 R.B. 23).



Sección parcial

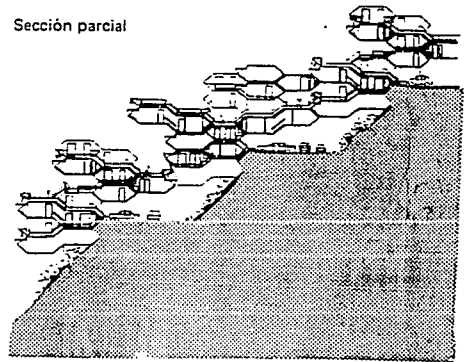


Fig. 35. Diseño Modular Planimétrico, en forma semi-circular, para la Olimpiada en Kiel.

Fig. 36. Diseño Modular Altimétrico, en forma de exágonos, en Habitat en Puerto Rico.

En esta etapa debe de considerarse la colocación, ubicación y dimensiones de las instalaciones (hidráulicas, sanitarias, de gas y especiales), para que sean albergadas en paneles estructurales especiales y/o mediante ductos.

1.4.4.- TEORÍA DE LOS AJUSTES, TOLERANCIAS Y CONEXIONES.

Una teoría de los ajustes y tolerancias, debe permitir definir con seguridad los límites dimensiones de los elementos en función de las exigencias del montaje.

Decidir con precisión, los espesores de juntas y tolerancias y establecer las dimensiones de los componentes.

En esa asociación con otro elemento idéntico o diferente, surge el problema de las condiciones de reciprocidad. Por esta razón, la coordinación modular estudia exhaustivamente las juntas. Cada componente, tendrá una junta desde el ladrillo, cuya junta esta constituida por la mezcla, hasta un panel, cuya junta puede ser de plástico.

Cada junta, cada componente, podrá entre tanto, tener dimensiones variables; sabemos de hecho que una fabricación perfecta no es posible y que en la industria se permiten errores de fabricación tolerables o "variaciones admisibles" de las dimensiones fundamentales las cuáles son conocidas como "tolerancias dimensionales", tenemos cuatro tipos de variaciones dimensionales derivadas de:

- 1) Imperfecciones de fabricación, en lo que toca a forma y dimensión.
- 2) Imperfecciones de localización en la obra.
- 3) Imperfecciones de montaje o de colocación.
- 4) Alteraciones dimensionales posteriores al montaje.

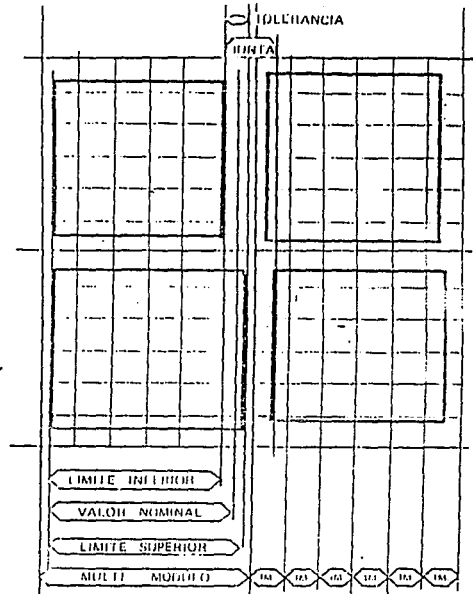


Fig. 37 Tolerancias Dimensionales en Juntas.

Esto nos lleva a concluir que la junta deberá ser dimensional y ejecutada para que absorba esas imperfecciones y variaciones, que la indicación de la medida de un elemento no puede jamás ser hecha con valores rígidos, sino a través de un valor máximo (dimensión límite superior) y un mínimo (dimensión límite inferior). (Fig. 37. R.B. 57).

La diferencia entre las dos medidas se llama tolerancia y es siempre positiva, representando al mismo tiempo un máximo de imperfecciones admisibles para la correcta aplicación del elemento y un máximo de perfección que pueda ser conseguida sin que el costo resulte excesivo.

La forma para determinar las dimensiones de la tolerancia, se encuentra ejemplificado en (R.B. 35) el diseño, de la junta de una puerta y su vano, considerada originariamente en las normas Italianas (después adoptadas en Holanda), considerando que la junta debe tener como dimensión mínima 0.5 mms. y como máximo 4.0 mms, mediante el empleo de la siguiente fórmula:

\* FORMULA PARA EL DISEÑO DE LA TOLERANCIA DE UN COMPONENTE \*

$$T_v^2 = \frac{1}{2} (T_o^2 + T_k^2) + T_m^2$$

Donde:

- T<sub>o</sub> = Tolerancia de puerta = 4 mms.
- T<sub>k</sub> = Tolerancia del marco = 4 mms.
- T<sub>v</sub> = Tamaño de la junta = 3.5 mms.
- T<sub>m</sub> = Tolerancia del montaje = Dato a despejar.

Despejando:

$$T_v^2 = \frac{1}{2} (T_o^2 + T_k^2) + T_m^2$$

$$(3.5)^2 = \frac{1}{2} (4^2 + 4^2) + T_m^2$$

$$12.25 = \frac{1}{2} (32) + T_m^2$$

$$12.25 = 8 + T_m^2$$

$$\sqrt{12.25 - 8} = T_m$$

$$2.0615 = T_m$$

Por lo tanto: T<sub>m</sub> = Tolerancia del montaje = 2 mms.

La junta debe, poder desempeñar tres funciones:

1. absorber y compensar las variaciones rijas, o sea, las imperfecciones de fabricación, de localización y de montaje.
2. Permitir las variaciones modulares, las alteraciones dimensionales posteriores al montaje debidas a dilatación y contracciones determinadas por otras causas.
3. Finalmente en dependencia del tipo constructivo, la junta puede también ser incorporada a la estructura.

#### 2.5. - CRITERIOS SISMICOS DE DISEÑO.

Los criterios de diseño conceptual y de estructuración, deben estar bien estudiados, por que las edificaciones bien diseñadas estructuralmente y con buenos detalles, tienen un comportamiento adecuado ante los sismos, aunque no hayan tenido un cálculo muy elaborado, y en ocasiones aún que no hayan satisfecho rigurosamente los reglamentos.

Las características de masa, rigidez, resistencia, amortiguamiento y la capacidad de absorción de energía, son elementos determinantes ante el comportamiento de un edificio, ante un sismo, para ellos es conveniente tener presente que una estructura debe tener: a). Poco peso; b). Sencillez, Simetría y regularidad en planta; c). Plantas poco alargadas; d). Sencillez, Simetría y regularidad en alzado; e). La distribución de los muros en planta; f). La distribución compositiva en la fachada; g). La distribución masiva equilibrada.

##### a). POCO PESO.

Los elementos estructurales y arquitectónicos, deben tener el menor peso posible, en virtud de que las fuerzas de inercia son proporcionales a la masa, y en consecuencia al peso del edificio.

Los voladizos o en vigas con claros muy largos, el peso puede producir fuerzas de inercia verticales, que se suman a las de gravedad.

##### b). SENCILLEZ, SIMETRÍA Y REGULARIDAD EN PLANTA.

En una estructura es más fácil entender el comportamiento sísmico, así como diseñar detalles estructurales. por el contrario en estructuras complejas, permite efectos de torsión difíciles de evaluar, ocasiona que se concentren en ciertas zonas no definidas, esto es debido a la asimetría, en masa, rigideces y resistencias.

En lo posible deben evitarse edificios con formas muy alargadas, o con muchas entrantes y salientes, (Fig. 38 a ; R.B. 57), en caso contrario es conveniente usar plantas en forma de T, L, H, U, y otras formas compuestas mediante estos elementos, pero que permitan un comportamiento estructural adecuado, si esto no es posible, por el diseño arquitectónico, se deben usar juntas estructurales.

Aún cuando geoméricamente la planta sea simétrica, también puede ser irregular, debido a una distribución excéntrica de rigideces o de masas. También esto, permite una fuente de torsión indeseable. (Fig. 38 b; R.B. 57 ).

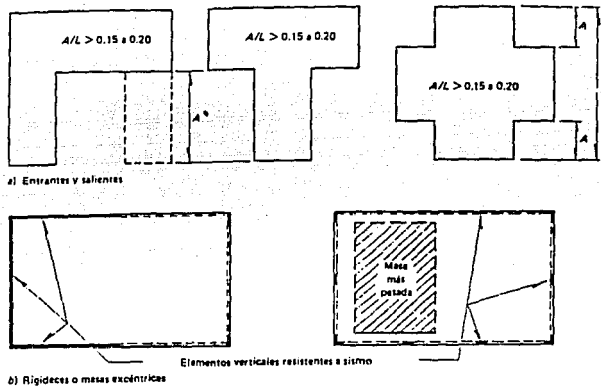


Fig. 38. Análisis Sísmico Planimétrico.

La eliminación de torsiones y la simetría, debe cuidarse en la medida que sea mayor la construcción, por ello la importancia de simetría estructural debe ser directamente proporcional a la altura del edificio.

c). PLANTAS POCO ALARGADAS.

Se debe procurar que las plantas no sean muy alargadas, debido a que esto permite que actúen movimientos diferenciales en el extremo del edificio, permitiendo un análisis incorrecto del comportamiento del edificio.

b). SENCILLEZ, SIMETRÍA Y REGULARIDAD EN ALZADO.

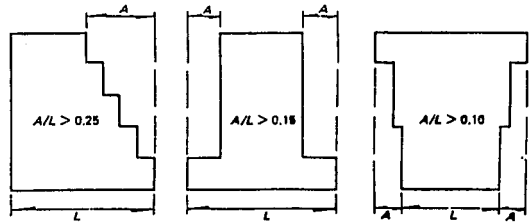
La toma de decisiones en relaciones con las dimensiones y ubicación de los vanos, la distribución en planta de los muros de carga está ligado a la altura de la edificación que se está diseñando, y la determinación de estos criterios aumenta más, en la medida que sea más alto el edificio.

La forma en que se distribuye la carga vertical sobre la estructura, influye considerablemente en la magnitud de los esfuerzos, siendo un factor importante como es la cantidad de refuerzo y el espesor del muro. (Fig. 39, R.B. 57 ).

En la medida en que la carga este distribuida uniformemente a lo largo de toda la estructura, los posibles efectos de tracción, debidos a sismo, se verán disminuidos, y por lo tanto disminuye también el requerimiento de refuerzo.

La estructura debe tener un comportamiento que ofrezca múltiples ventajas en relación a las cargas verticales. y sismicas eventual, debe tomar en cuenta: La resistencia, La rigidez y La deformación del conjunto de elementos estructurales.

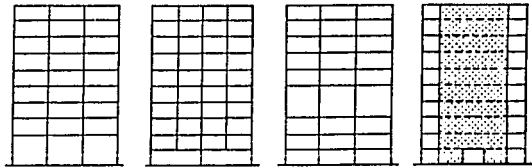
La resistencia, depende de la capacidad adecuada de resistencia los esfuerzos de cortante, tensión y compresión, que se derivan de las cargas horizontales y verticales.



a) Cambios bruscos en geometría.



b) Concentraciones de masas en algunos niveles.



c) Cambios bruscos en rigideces y resistencias

Fig. 39 Irregularidades en Alzados.

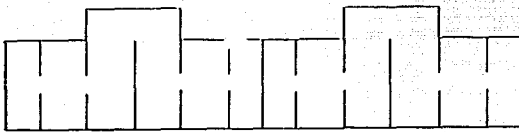
La rigidez y deformación de una edificación, depende de la distribución geométrica e interacciones de los componentes.

e). LA DISTRIBUCION DE LOS MUROS EN PLANTA.

La Distribución en planta de los elementos estructurales, pudiendo generar dos tipos de estructuras: (Fig. 40, R.B. 51).

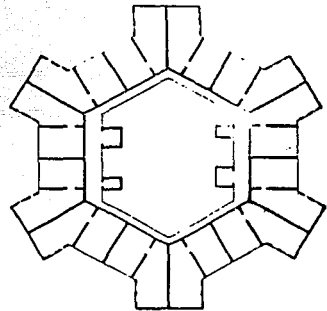
1). Estructuras con muros de carga en una dirección (longitudinal ó y transversal).

2). Estructura con muros de carga en dos ó más direcciones (cruzadas).



(a) Estructura con muros de carga con una dirección (transversal)

**Fig. 40. Estructuración Direccional.**



(b) Estructura con muros de carga varias direcciones (cruzada)

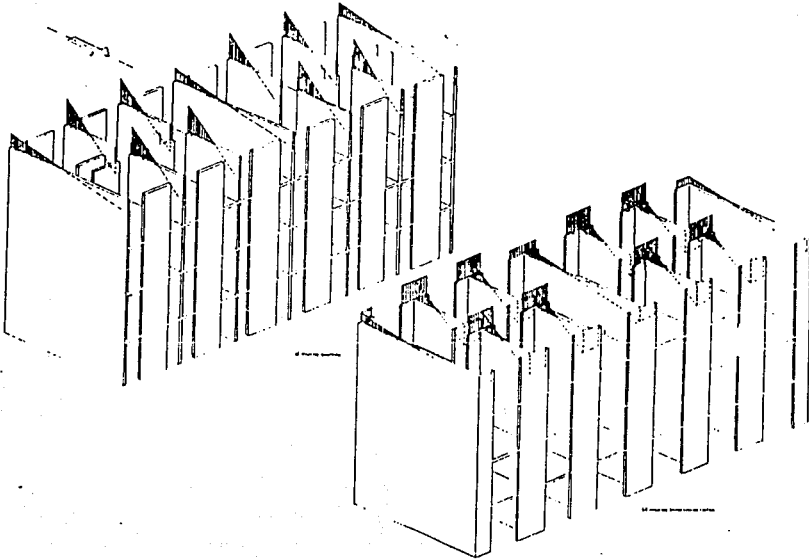
Las estructuras por medio de muros de carga en una dirección (longitudinal ó y transversal), tiene la característica de ofrecer un sistema rígido en una dirección y un sistema flexible en la otra.

Por ellos es más ventajoso, desde el punto de vista sísmico, contar con un sistema estructural que ofrezca rigideces similares en los dos sentidos, mediante la estructura con muros de carga en dos ó más direcciones (cruzadas).

Sin embargo aún y cuando pueden existir estructuras con características similares, de acuerdo al partido que se determine, presentará diferentes rigideces, y por lo tanto un comportamiento distinto bajo la acción de fuerzas horizontales iguales. La estructura con muros interconectado, es más rígida tiene una magnitud menor de esfuerzos, la interacción hace posible que los muros de carga trabajen de manera conjunta para cada dirección, bajo la acción de cargas verticales como de eventuales sismos, en analogía con el proyecto de muros aislados.



Esto define un criterio, menor esfuerzo implica, menor gasto de material. Por ello es más conveniente emplear estructuras cruzadas con muros interconectados. (Fig. 41, R.B. 51 ).



**Fig. 41 Interconexión Direccional de los Muros.**

#### f). LA DISTRIBUCION COMPOSITIVA EN LA FACHADA.

En las estructuras de los muros de carga, la ubicación de los vanos, (puertas, ventanas y ductos), está relacionada con los conceptos de rigidez y resistencia.

Cuando en un eje vertical coincide un grupo de vanos, y en consecuencia de dinteles, se genera una línea frágil de resistencia, cuando se tiene este criterio de diseño, y al hacer las consideraciones pertinentes previas al análisis estructural, se determina que los esfuerzos son muy altos, propiciando que este criterio sea inadmisiblemente estructuralmente. (Fig. 42, R.B. 51).

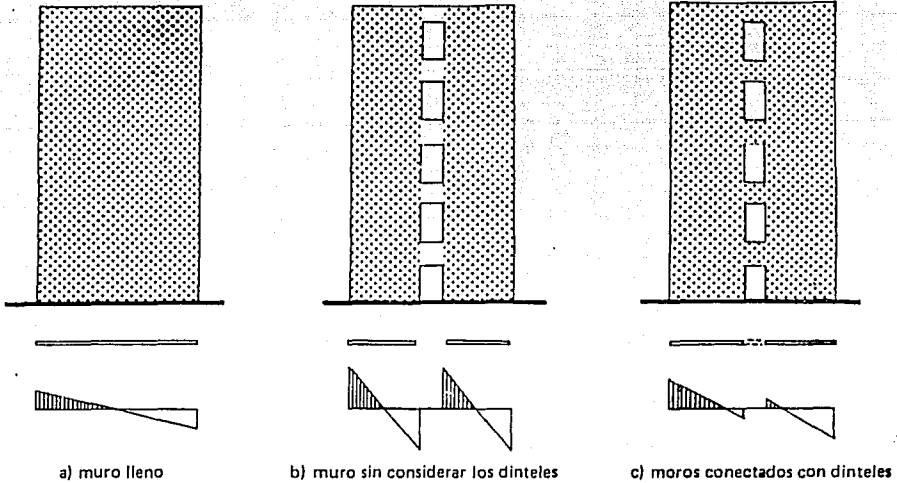


Fig. 42. Diseño Sísmico de Fachadas.

Se tendrá que recurrir a alternar la disposición de los vanos en cada uno de los pisos, permitiendo con esto que cada uno de los dinteles tenga la altura de un entrepiso y mayor capacidad como elemento de (Fig. 43, R.B. 51). interacción, permitiendo con esto que la magnitud de los esfuerzos bajo la acción de fuerzas horizontales sea similar a los que se producen en una pared completa.

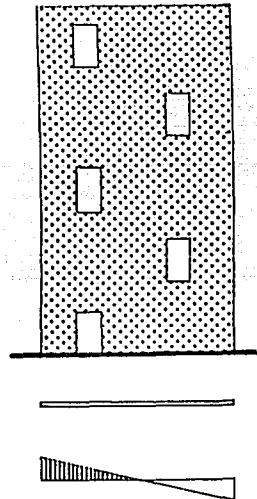


Fig. 43. Diseño Sísmico Optimo.

## g). LA DISTRIBUCION MASIVA EQUILIBRADA.

El uso que se determina en las plantas bajas, pueden ser para cocheras, comercios, exigiendo de vanos mayores que los requeridos en los pisos superiores. La presencia de grandes vanos en este primer nivel afecta en forma considerable la resistencia y la rigidez de la edificación.

Para dar solución a estos puntos críticos es necesario tomar en cuenta el flujo de las fuerzas, al diseñar la geometría de los vanos.

Considerando dos estructuras (Fig. 44, R.B. 51), una con los apoyos interiores rectangulares y otra con un ensanchamiento en la parte superior, se considera:

En el primer caso

a). las cargas verticales y horizontales producen deformaciones por flexión, en los elementos verticales de la planta baja;

b). La transmisión de la fuerza entre los pisos superiores y la planta baja se encuentra con un cambio brusco de rigideces, y en consecuencia la deformación es diferente en la planta baja a la de los pisos superiores.

En el segundo caso.

a). La geometría usada, permite un efecto de flexión-compresión en la transmisión de esfuerzos verticales de éste ejemplo.

b). El flujo de las fuerzas debido a la geometría de el elemento estructural, origina deformaciones coherentes entre la planta baja y los pisos siguientes.

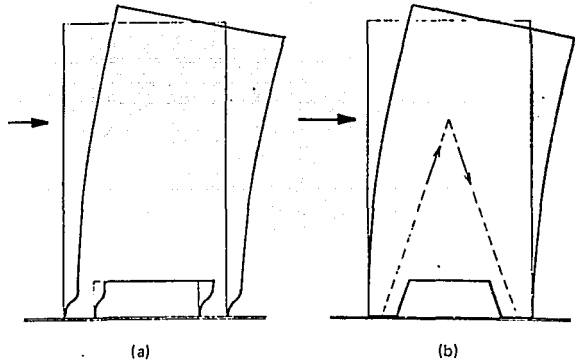


Fig. 44 Diseño de los Apoyos de los Edificios.

Determinando con esto que, el segundo caso se deforma menos y tiene menor rango de fracturas, que en el primero.

#### RECOMENDACIONES ANTE ESTRUCTURACIONES SOMETIDAS A SISMO.

1. Se debe evitar en la medida de lo posible, los elementos mas rígidos y resistentes en la zona central de las plantas, por que son menos efectivos para resistir torsión. (Fig. 45 a, R.B. 57). Debido a que las columnas, podrían verse sometidas a cortante por torsión, sensiblemente altos.

En última instancia que así lo requiera el proyecto ejecutivo, se deben considerar los criterios (Fig. 45 b, R.B. 57) en la medida que difieren del primer ejemplo en que tienen elementos de mucha rigidez en la periferia, ayudándoles grandemente.

Para evitar al máximo las incertidumbres, también conviene que los elementos rígidos, muros o marcos contraventeados, situados a un lado del edificio, se compensen con elementos del mismo tipo y material, colocados en el lado opuesto.

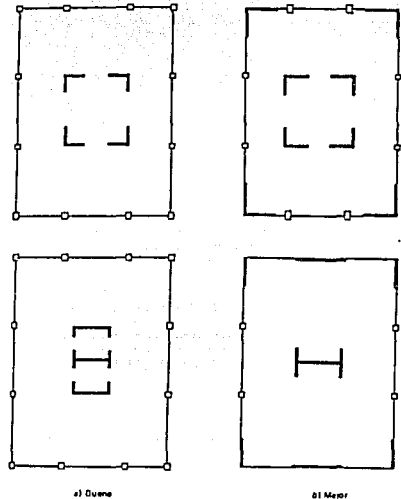


Fig. 45 Concentración óptima de rigideces en planta.

2. La distribución de las cargas verticales, sobre los muros de carga, influye considerablemente en la magnitud de los esfuerzos, y es determinante al igual que el espesor del muro, o la cantidad de refuerzo. (Fig. 46, R.B. 51).

En la medida que dicha carga esta uniformemente repartida, en los diferentes muros de carga, los posibles efectos de tracción, debidas al sismo, se ven disminuidos, al igual que la cantidad de refuerzo requerida, una forma de lograrlo es mediante la alternación de la forma de cargar las losas de igual dimensiones al muro, en cada uno de los pisos, para lograr una mejor distribución.

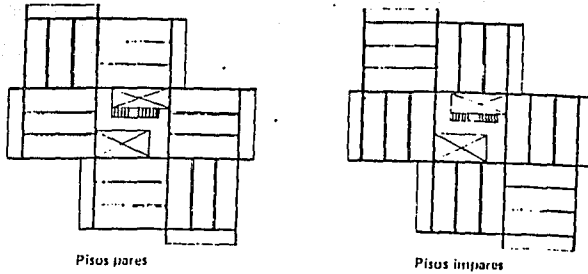


Fig. 46. Distribución de Cargas Verticales.

3. Es necesario proveer a los muros de carga, de la capacidad adecuada para resistir los esfuerzos cortantes, de tensión y de compresión, que se derivan de la acción de cargas verticales y horizontales. (Fig. 47, R.B. 51).

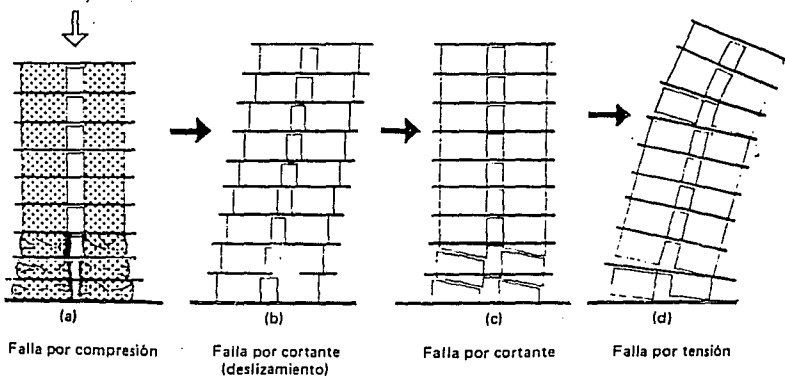


Fig. 47. Posibles Fallas en los Edificios.

## 2.6.- CONCLUSION DE LA ETAPA DE DISEÑO.

La aplicación de la Coordinación Modular, permite grandes ventajas, y se pueden también alcanzar los mismos resultados, e incluso mejores, si se toman como objeto de producción, los componentes de edificios. (Fig. 48, R.B. 53).

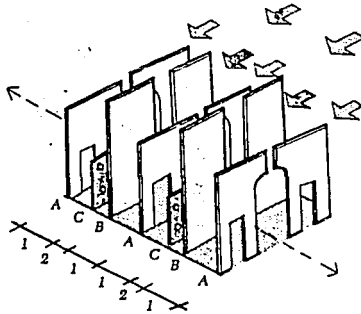


Fig. 48. Diseño Mediante Componentes.

La coordinación modular debe permitir la intercambiabilidad de un componente, ocupando posiciones diferentes en un mismo edificio o en edificios diferentes, dando como resultado un sistema abierto de construcción. (Fig. 49, R.B. 53).

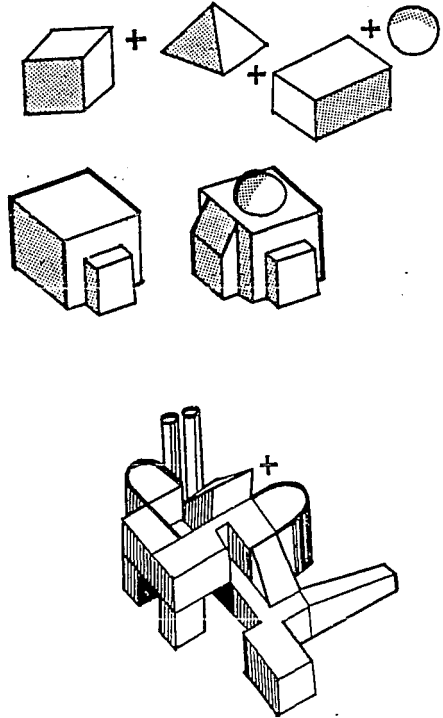


Fig. 49 "Sistema Abierto" de Construcción.

Podemos afirmar entonces que cada componente debe poderse fabricar con la precisión y acabado necesario para permitir su utilización directa en la unión inmediata y automática, con cualquier otro elemento, pudiendo ser un elemento idéntico u otro tipo de componente, en analogía con lo que acontece con la industria mecánica, es necesario que se establezcan las variaciones admisibles de las dimensiones fundamentales desde el principio del proceso de diseño. (Fig. 50, R.B. 53).

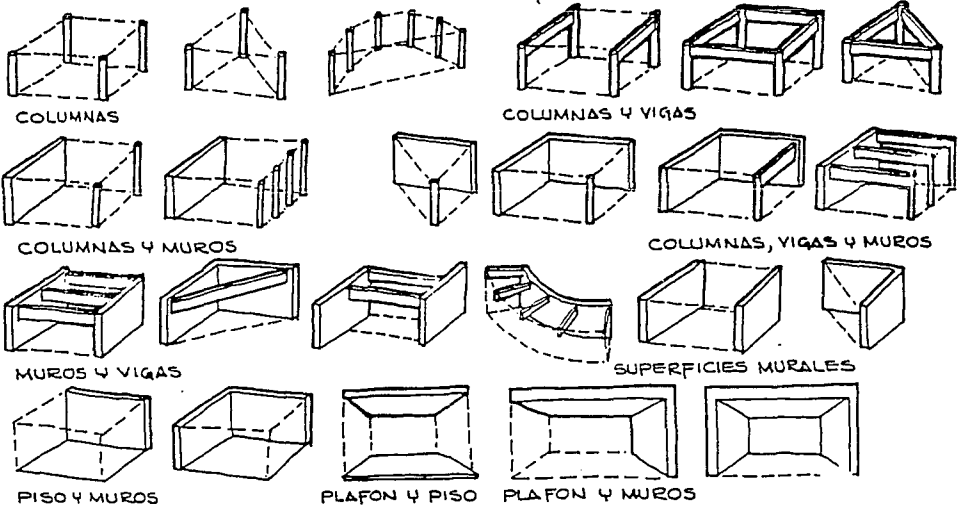


Fig. 50. Diseño Mediante Componentes.

### 3.- SEGUNDA ETAPA: PRODUCCION DE ELEMENTOS-TIPO.

#### 3.1.- SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PREFABRICADOS.

La tecnología de la Prefabricación consiste en producir los elementos componentes de la edificación en un sitio diferente al de su ubicación definitiva. El proceso está basado en la repetición de operaciones. La eficiencia del sistema se deriva por una parte, del uso racional que puede hacerse del material, como consecuencia de la producción de muchos elementos de un mismo tipo, y por otra parte, de las ventajas que presenta para el entrenamiento del personal: la repetición de una misma actividad sucesivas veces.

En este sentido, la propuesta de aplicación de los prefabricados, a un proyecto ejecutivo o mínimamente con elementos coordinados modularmente, permite prever los errores potenciales, para ello se debe tener conocimiento de: procedimientos de diseño, diseño de perfiles, el espesor y dimensión de las juntas, tolerancias, el tratamiento de sellado en las juntas, la exactitud dimensional, el grado de movimiento que tenga durante el servicio la estructura, el comportamiento de las cargas o de fuerzas de diseño, de servicio y accidentales, los factores de carga, la correcta selección de una conexión, la producción, transporte y montaje del prefabricados.

Los Procesos Constructivos que se describirán en el proceso de producción, serán:

- a). Sistema de Presfuerzo.
- b). Sistema de Moldes.

#### 3.2.- METODO DE PRESFUERZO O PRECOMPRESION.

##### 3.2.1.- COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PRESFORZADO.

En primera instancia los sistemas constructivos industrializados, pueden ser de diferentes materiales, en el proceso de producción, como puede ser: acero, madera, plástico y concreto, esto no define cual es mejor o cual es peor, sin embargo para el presente trabajo se desarrollarán los elementos prefabricados en concreto, por que son los elementos que en términos nacionales, se han visto con una mayor información, producción, investigación, complementación y aplicación normativa en el ámbito profesional, permitiendo mayor información.



El Comportamiento estructural de una trabe de concreto no armado sobre dos apoyos (Fig. 51 a, R.B. 44) con una carga en el centro por una carga de intensidad creciente, bajo el peso propio y una sobrecarga, la parte inferior de la trabe se tensiona y la parte superior se comprime. Como el concreto es un material que no resiste en gran medida a la tensión, al colocarle una pequeña sobrecarga, la zona central inferior se agrieta y la pieza se rompe (Fig. 51 b R.B. 44) en el momento de la ruptura, la tensión había llegado a un treceavo de la resistencia a la compresión en la parte superior de la trabe.

Ahora consideremos la misma trabe pero con barras de acero anegadas en la parte inferior (Fig. 51 c, R.B. 44), con el aumento de la sobrecarga, el concreto de la zona inferior va de nuevo a llegar al límite de su resistencia a la tensión, pero ahora ese alargamiento y aun el mismo agrietamiento no ponen en peligro la estabilidad de la trabe, ya que las barras absorben dicha tensión.

Suponiendo que la sobrecarga que actúa sobre la trabe de concreto supere a la de diseño, las grietas se abren más y la trabe adquiere una flecha visible (Fig. 51 d, R.B. 44), esas grietas y esa flecha no desaparecerán ni con la supresión completa de la sobrecarga, por ello el concreto no es un material elástico.

Para garantizar la duración de la trabe habrá que limitar el agrietamiento, es decir, el alargamiento del refuerzo, la única forma sería limitando el esfuerzo de tensión en el acero.

La utilización de concreto de alta resistencia no aportan ventaja al concreto armado, ya que la resistencia del concreto no rige en la mayor parte de los casos.

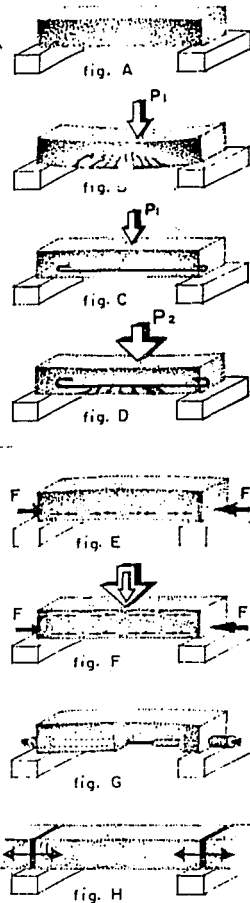


Fig. 51. Comportamiento del Concreto Reforzado.

Consideremos ahora una trabe de concreto (Fig. 51 e, R.B. 44), sin ningún armado y apliquemos dos fuerzas exteriores idénticas y constantes, en sentido contrario, esas fuerzas comprimen la parte inferior y tensionan la parte superior de la trabe. Es posible siempre escoger la intensidad de las fuerzas y su posición, para que la tensión arriba y la compresión abajo queden entre límites admisibles, sobre todo teniendo en cuenta que al aplicar las fuerzas, el peso propio empieza a actuar.

La sobrecarga creciente crearia compresiones arriba y tensiones abajo, que combinadas con los esfuerzos existentes darán compresiones arriba y abajo en los casos corrientes, evitándose de este modo tensiones en el concreto, que desde luego no se agrieta. (Fig. 51 f, R.B. 44).

Gracias a las dos fuerzas el concreto resiste ahora solo, sin ningún refuerzo, a la sobrecarga. Las fuerzas exteriores, o sea el presfuerzo, transformaron el concreto no armado en un resistente material homogéneo. Si la sobrecarga aumenta excepcionalmente, el concreto se agrietará, pero al bajar la intensidad de la sobrecarga a su valor normal, las grietas se cerrarian de nuevo y la sobrecarga tomara exactamente el estado anterior bajo la acción de las dos fuerzas exteriores, por lo tanto el concreto presforzado es un material elástico. (Fig. 51 g y h, R.B. 44).

Las fuerzas exteriores consideradas anteriormente pueden lograrse de diversas formas: con aros precalentados, con muchas manos de albañiles, con gatos hidráulicos, pero la solución práctica e industrial es la utilización de tendones especiales para presfuerzo, (alambres y barras tensadas con gatos hidráulicos o con gatos planos freyssinet).

La Precompresión o Presfuerzo, se aplica al concreto a través de alambres o cables de acero, que están en la parte interna del concreto, este refuerzo es de alta resistencia y límite elástico, los cuales se tensan por medio de gatos hidráulicos, tornillos o algún otro dispositivo adecuado. Para producir la Precompresión o el Presfuerzo, los alambres o cables se anclan a los extremos de la pieza por medio de cuñas, placas o cualquier otro sistema, con el objeto de que el concreto se oponga a que el fierro que se ha alargado al sufrir la tensión, recupere la longitud original, propiciando que el concreto tenga un esfuerzo de compresión igual al de tensión que actúa sobre los alambres.

En algunos casos los alambres tensores se colocan dentro de forros de lamina a través de la pieza por colar para evitar la adherencia y efectuar el anclaje sólo en los extremos. Los ductos por donde se pasaran los alambres para efectuar el presfuerzo, serán de diámetro variable, dependiendo del tamaño de la pieza, su número, diámetro y colocación del acero. Estos ductos una vez comprimidos la pieza se rellena con lechada de mortero de cemento

para evitar la corrosión del acero. En otros métodos se hace necesaria la adherencia directa del acero al concreto, como se verá más adelante.

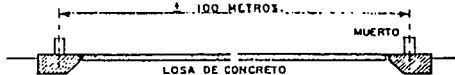
Existen dos formas de imprimir este prestuerzo al concreto las cuáles son pretensado y postensado:

3.1.2.- METODO DE PRETENSADO.

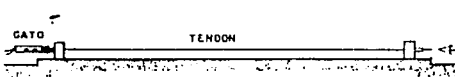
Es el método de prestuerzo en el cual se estiran los alambres, cables o torones, contra el molde metálico donde se colará la pieza, antes de colocar el concreto en el molde, (Es muy importante no confundir presforzado y/o precomprimido con pretensado, se recomienda ver el apéndice C. glosario).

El pretensado se hace hoy en día en planta, generalmente, cubierta, sobre mesas de tensión que tienen 100 ó más metros de longitud, generalmente, se colocan varios moldes gemelos uno a continuación del otro, sobre una línea de trabajo, (los moldes quedan algo separados entre sí para poder cortar los alambres entre ellos), a continuación se tienden los alambres entre los moldes y se sujetan en los extremos, mediante muertos de anclaje (Fig. 52. R.B. 44).

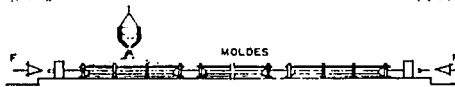
- 1.- COLOCACION, ANCLADO Y TENSADO DE LOS TENDONES DE PRESFUERZO ENTRE LOS MUERTOS.



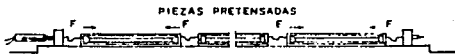
- 2.- COLOCACION DEL REFUERZO Y FIJACION DE LOS MOLDES A CADA LADO DE LOS TENDONES.



- 3.- COLADO CONTINUO DE LAS PIEZAS DE UNA MISMA MESA.



- 4.- CURADO (GENERALMENTE CON VAPOR).



- 5.- DESTENSADO Y CORTE DE LOS TENDONES.

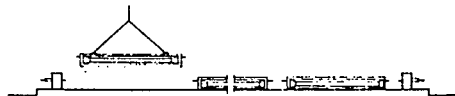


Fig. 52. Fases del Pretensado.

Se pretensan mediante una máquina adecuada, una vez lograda la tensión calculada en el juego de alambres, se procede al colado de las piezas y se dejan fraguar, curándose adecuadamente, hasta que el concreto se ha endurecido lo suficiente para poder cortar los alambres entre los moldes, con lo que al tratar de recuperar su longitud inicial y su sección primitiva, comprime al concreto por adherencia.

Al momento del destensado se transfieren las fuerzas totales de los muertos a cada una de las piezas coladas. La adherencia de los tendones al concreto ya resistente asegura que la fuerza actúe a todo lo largo de la pieza.

Los tendones de presfuerzo en estos elementos son rectos o casi rectos y tienen fuerzas unitarias no superiores a 12 Tn., el diámetro usado de los alambres para este proceso es generalmente de 5 mms. y aunque algunos autores indican que deben de ser más delgados (2 a 3 mms.), otros opinan que no hay limitaciones en el diámetro, ya que al estirarse el alambre, su sección disminuye y al cortarse trata de recuperar su sección primitiva, aumentando considerablemente la adherencia y obligando algunas veces, cuando se usan diámetros de 5 mms. en adelante, a proteger con un zuncho metálico la zona de concreto en contacto con la periferia del alambre.

Las dimensiones y los pesos de las piezas pretensadas deben estar dentro de la capacidad de los equipos para el montaje y el transporte en cuyo costo puede tener una repercusión apreciable.

El volumen de producción del concreto pretensado en el mundo representa más de la mitad del concreto presforzado, sin embargo su campo de aplicación es relativamente limitado, el pretensado se aplica a elementos unidireccionales tales como: vigas para claros cortos., viguetas, losas aligeradas o nervadas, tuberías, postes (línea de fuerza eléctrica), pilotes, columnas, durmientes para ferrocarril, canales para irrigación, y otras aplicaciones.

### 3.2.3.- METODO DE POSTENSADO.

Es el método de Presfuerzo en el cual se estiran los cables, alambres o torones, cuando el concreto está endurecido en un porcentaje que permite el presfuerzo sin dañar técnicamente la pieza, habiendo perdido gran parte del agua de colado.

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

Los Tendones utilizados en este método, varían del hilo de 5 mms. de diámetro con una fuerza útil de 2 T., hasta los cables compuestos de 70 torones de 0.6", con una fuerza útil de 1000 T., pasando por todas las combinaciones posibles de fuerzas. Sus longitudes pueden variar del metro y medio (empleados en estribos

post ensados en puentes), a los 200 mts. ó más (empleados en tuberías continuas ó pista de aviones). Sus trayectorias pueden tomar todas las formas imaginables para aplicar en cada punto el presfuerzo más indicado por el análisis estructural: Unidireccionales (cables directos de pilotes), Bidireccionales (cables helicoidales de los cajones de reactores atómicos).

En el caso de grandes piezas prefabricadas, se utiliza generalmente el sistema de postensado, ya sea colando la pieza monolíticamente en el lugar o haciendo en plantas una serie de dovelas de forma precalculada (Fig. 53), y para lo cual se ha tomado toda clase de precauciones en su manufactura, colado, vibrado y curado a vapor, a fin de alcanzar la mas alta calidad y fatiga de ruptura y el más completo fraguado.

Estas dovelas se llevan al lugar de la obra y se colocan en una cimora o templete con objeto de unir las una a continuación de otra, y colocar convenientemente los cables de tensado y proceder a la precompresión de la pieza por medio de gatos u otros dispositivos adecuados.

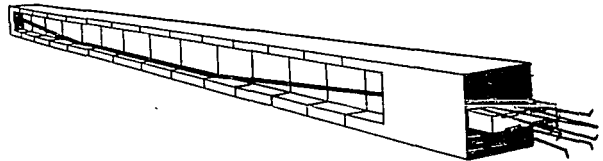


Fig. 53 Viga Prefabricada de Dovelas, con cables y anclaje expuesto.

Generalmente las fases del postensado son las siguientes (Fig. 54. R.B. 44):

1. Colocación de la cimbra.
2. Colocación del refuerzo complementario y de los cables de presfuerzo.
3. Fijación de los anclajes a las cimbras.
4. Colado y curado del concreto.
5. Tensado de los cables con gatos especiales.
6. Inyección de mortero en los ductos y sellado de los anclajes.

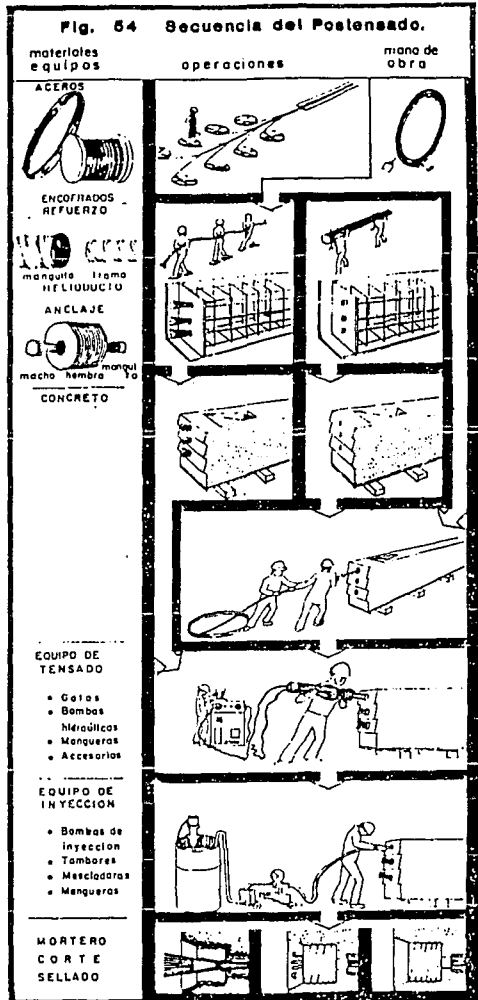
Las características de la obra, la secuencia de la ejecución puede variar y el tensado aplicarse en fases: La primera fase del tensado, se aplica lo más rápidamente posible, para evitar las fisuras por retracción.

La segunda fase del tensado, generalmente se aplica para retirar la obra falsa ó mover la pieza.

La tercera fase del tensado, se aplica después de la carga muerta adicional.

Se pueden colocar únicamente los ductos en las cimbras antes del colado e insertar los cables posteriormente.

Al contrario del pretensado, El postensado se adapta fácilmente a los requisitos de cada caso.



3.3.- SISTEMAS DE PRESFUERZO O PRECOMPRESION.

En los métodos de precompresión o presfuerzo, los tendones pueden ser tensados antes del colado, (técnica del pretensado); o después del colado, (técnica del postensado), los cuales se dividen en:

P  
R  
E  
S  
F  
U  
E  
R  
Z  
A  
D  
O  
S

1.  
METODO  
DE  
POSTENSADO.

- 1. a.- SISTEMA FREYSSINET.
- 1. b.- SISTEMA BELGA.
- 1. c.- SISTEMA DE PRESFORZADO ELECTRICO.
- 1. d.- SISTEMA BBRV.

2.  
METODO  
DE  
PRETENSADO.

- 2. a.- SISTEMA HOYER.
- 2. b.- SISTEMA SHORER.

\* PRESFORZADOS O PRECOMPRESIONADOS. \*

3.3.1.- METODO DE POSTENSADO.

3.3.1.1.- SISTEMA FREYSSINET.

Este método utiliza dos gatos de tipo especial para el estirado de los cables de acero, uno en cada extremo de la pieza, que consta de dos cilindros hidráulicos, el mayor de los cuales estira los alambres hasta la tensión deseada, y el más pequeño sirve para empujar un cono de concreto precolado que actúa como anclaje por fricción para mantener el esfuerzo. (Fig. 55)

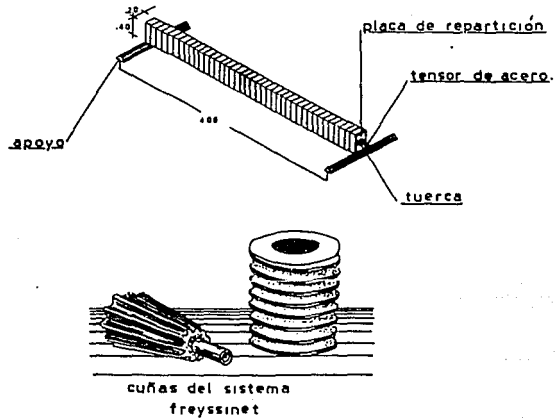


Fig. 65. Sistema Freyssinet.

El sistema de anclaje ideado por Freyssinet, consiste en dos conos de concreto precolado, uno de ellos entra dentro del otro.

Estos conos son de concreto de alta resistencia y están reforzados con espiral de alambre.

El cono hembra, que está recubierto en su interior con un espiral de alambre, además del esfuerzo, se coloca en la cabeza de la pieza antes de hacer el colado, con el objeto de que pueda empotrar formando parte integral de la pieza y se le llama "cono de anclaje". El cono macho, también de concreto, presenta una serie de dientes o ranuras paralelas a su eje longitudinal y en estas ranuras se colocan los cables o alambres que se van a estirar.

Este cono una vez hecha la post-tensión, se hinca dentro del cono hembra, por medio del empuje menor del gato.

El gato tiene unas 30 Tns. de capacidad de tensión y estira de 10 a 15 alambres a la vez, los que van anclados por medio de cuñas en la periferia de la cabeza y pasan por guías en la extremidad del gato, que queda en contacto con la pieza.

La desventaja de este sistema son:

a). Como el tensado de los 10 a 15 hilos se hace en una sola operación, no se puede saber si todos los alambres están trabajando a la misma fatiga.

b). La forma y la calidad de los anclaje pueden variar

c). La tensión de 30 Tns. no es suficiente, aun para piezas cortas.

d). Los gatos son pesados y costosos, comparado con los que se utilizan en los sistemas en los que se tensan los alambres de 2 en 2 a la vez.

### 3.3.1.2.- SISTEMA BELGA.

Este sistema fue desarrollado por el Prof. Magnel, (Fig. 56), durante la ocupación alemana de Bélgica en la Segunda Guerra Mundial.

En éste sistema los alambres son tensados de 2 en 2, por un gato de 5 Tns. de capacidad. Los cables formados por estos alambres son de forma prismática con espaciadores tanto horizontales como verticales para conservar los alambres siempre en la misma posición.

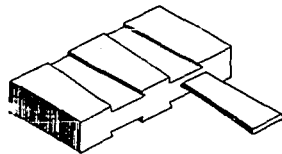


Fig. 56 Anclajes del Sistema Belga, por medio de cuñas de Magnel.



En los extremos de la pieza se colocan unas placas de asiento perforadas sobre las que descansan los dispositivos de anclaje o "sandwich", que son piezas de acero que tienen cuatro ranuras, dos superiores y dos inferiores, en las cuales entra una cuña de acero, que ancla dos alambres. Los cables formados por 32 a 64 alambres van recuoiertos de una lamina metálica.

Este procedimiento tiene la ventaja de poder hacer cables constituidos por un gran número de alambres (generalmente 64 de 5 mms. pero se puede hacer de 64 de 7 mms.), pudiendo transmitirse esfuerzos de tensión de 200 tns. o más.

Las desventajas de este sistema son:

- a). Es más caro que el sistema Freyssinet, en lo que toca a los anclajes.
- b). Es más lento para aplicar todo el esfuerzo requerido.
- c). El grupo de platos de anclaje sobresale del extremo de las vigas y dificulta la manipulación.

### 3.3.1.3.- SISTEMA DE PRESFORZADO ELECTRICO.

Este sistema utiliza barras gruesas que pueden soportar fatigas de trabajo desde 20 Kg/cm<sup>2</sup>, hasta 2000 Kg/cm<sup>2</sup>.

Los extremos de estas barras están roscados para aceptar una tuerca, las barras se sumergen en azufre fundido y quedan recubiertas de una capa de azufre al enfriarse. Estas barras se utilizan para preestorzar miembros chicos y se usan como refuerzo ordinario, solo que sobresalen un poco de los extremos del concreto después de hecho el cojado. Estas barras se calientan eléctricamente por medio de una corriente de 5 volts. por m.l. y con una intensidad de 400 amperes por cm<sup>2</sup>. durante 2 minutos.

Al fundirse el azufre se pierde adherencia con el concreto, el acero se alarga y cuando se ha dilatado la longitud precalculada, se aprietan las tuercas y se suspende la corriente,. Al enriarse, el acero se pone en tensión y el acero solidificado restablece la adherencia y comprime al concreto. Este método supone un desperdicio de acero, por tener que hacer los extremos de las barras más gruesos, para que la cuerda pueda soportar los esfuerzos y además tiene como inconveniente la combinación química del azufre con el fierro y el concreto, sobre todo en presencia de humedad.

También se tiene una gran pérdida del presuerzo debido a lo pequeño del esfuerzo aplicado y una falta de uniformidad en la distribución de los esfuerzos.

#### 3.3.1.4.- SISTEMA BBRV.

Sistema de origen Suizo. fue el primero en el que se utilizo un anclaje a base de botones en los extremos de los alambres, en forma de cabezas de remache, apoyados directamente sobre un elemento de anclaje de acero, que a su vez descansa sobre una placa de distribución, también de acero, ahogada en el concreto.

El ensanchamiento del extremo de los alambres se logra en frío, por medio de un equipo especial. Se deben tomar precauciones especiales para que todos los tendones tengan la longitud correcta. Este sistema facilita notablemente el anclaje y permite tensar un gran número de tendones simultáneamente.

El ajuste de la fuerza de presfuerzo se logra mediante una rosca con el elemento de anclaje. En vigas tensadas por un solo lado, pueden usarse anclajes a base de placas.

#### 3.3.2.- METODOS DE PRETENSADO.

##### 3.3.2.1.- SISTEMA HOYER.

En este sistema se tiene el alambre sobre la mesa de trabajo y se tensiona entre dos empotramientos extremos por medio de una maquina especial que limpia el alambre de oxido y aplica la tension. Luego se colocan los moldes separados uno de otro para poder cortar los alambres una vez endurecido el concreto y la precompresión se logra por adherencia, este método es para emplearse en planta en el colado de pequeñas piezas en serie.

##### 3.3.2.2.- SISTEMA SHORER.

Este sistema es igual al anterior, pero se usa en lugar de un molde rígido, una barra de acero duro, capaz de soportar una compresión de 7000 Kg/cm<sup>2</sup> y en la cual se enrollan los alambres delgados que efectuarán la precompresión, la mitad en un sentido y la mitad en el otro, para evitar los esfuerzos de torsión en la barra, separado 1 cm. de la periferia del tubo por medio de rodetes o anillos espaciadores con muesca y en espiral muy abierta.

El tensado se efectúa por medio de un gato, que jala los alambres apoyandose en el núcleo resistente del tubo.

A continuación se procede al colado y curado de la pieza y luego se le aplica esfuerzo al cable, pudiéndose usar en otra pieza.

Este procedimiento tiene la ventaja de anorrar el costo de un molde que soporte los esfuerzos de presfuerzo y facilita su uso a "pie de obra", para el colado de piezas en puentes.

El inconveniente que se le atribuye es que los alambres quedan recubiertos por una capa de 1 cm. de espesor, aunque posteriormente, al retirar la barra de acero duro, el hueco que deja se rellena con mortero rico en cemento. En este sistema la precompresión también se realiza por la transmisión de esfuerzos por adherencia.

### 3.4.- CONTROL DE CALIDAD EN LA PRODUCCION.

#### 3.4.1.- LA MANUFACTURA DE PIEZAS CON CONCRETO PRESFORZADO.

Las Materias Primas utilizadas en los elementos precolados deben cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

Debe estar hecho a base de materiales inertes, lavados, liores de poivo y de materia orgánica, bien clasificados granulométricamente y de buena calidad. La mezcla debe ser manejado lo más seca posible, hecha en mezcladora adecuada, colocada mediante vibradores de alta frecuencia o mesa vibratoria de alta frecuencia especial, para garantizar un buen acomodo del concreto en los moldes, debe ser curado a vapor en autoclave para garantizar la mayor resistencia a la compresión y la menor contracción por fraguado. (Fig. 57. R.B. 44).

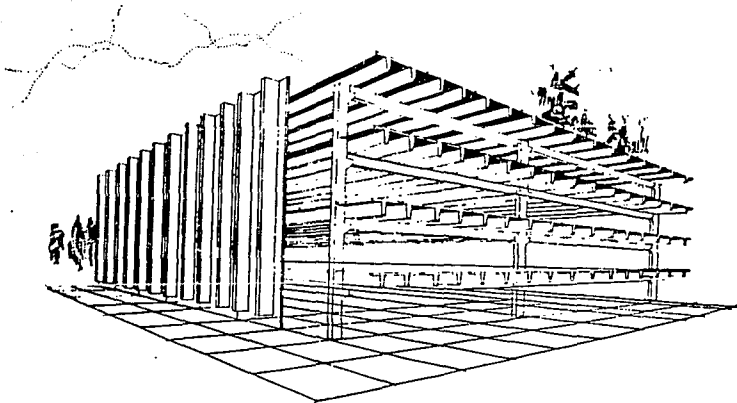


Fig. 57 Sistema Constructivo Prefabricado.

Las Fijaciones. El sistema empleado para las fijaciones de elementos precolados debe tener la calidad y resistencia requerida, para cumplir con su función, pudiendo existir éstos elementos soldados, colados, mecánicos o pegados.

Las Dimensiones y Tolerancias, deben cumplir con las N.O.M.

Las Flechas y Contraflechas en los elementos de concreto presforzado, estan regidas por las condiciones de proyecto, previo acuerdo entre fabricante y comprador.

La distribución del Acero de refuerzo, debe estar de tal manera que asegure la correcta colocación del concreto.

Distancia mínima entre el acero pretensado, la distancia mínima libre, entre alambres o torones, en el concreto pretensado, debe ser dos veces mayor el diámetro de los alambres o torones, o una vez y media el tamaño máximo nominal del agregado, esta separación debe respetarse cuando menos en los tercios extremos del pretensado, pudiendo agrupar en el tercio central.

#### 3.4.1.1.- EL CONCRETO.

El concreto empleado en elementos presforzados, puede ser concreto premezclado o concreto elaborado por el fabricante.

Si se utilizan agregados ligeros para el concreto presforzado debe estudiarse previamente la contracción de fraguado, el módulo de elasticidad, la deformación por flujo plástico, la resistencia y la adherencia al acero de presfuerzo.

El Cemento empleado en el concreto presforzado, debe ser cemento portland, cemento portland puzolana o cemento portland de escoria de alto horno, y debe cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas NOM C-1, C-2 y C-175 respectivamente.

No se debe usar Cloruro de Calcio como aditivo, ni aditivos que los contengan, ni otros que sean nocivos al acero y al concreto.

Los concretos empleados para piezas cortas y sujetas a cargas normales se utilizan mezclas de una f'c que va de 280 a 350 Kg/cm<sup>2</sup> pero para grandes claros o cargas fuertes deben tener una f'c = 600 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### 3.4.1.2.- COMPACTACION DEL CONCRETO.

El concreto puede compactarse mediante los siguientes procedimientos:

- a). Vibrado, se emplea en general.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- a.1). Vibradores de inmersión. (\*).
- a.2). Vibradores de superficie o Tablas vibrantes. (\*\*).
- a.3). Urbanismo Vibradores Externos.
- b). Succión de Agua por vacío. (\*\*\*)
- c). Centrifugado, empleado en tubos.
- d). Rodillos sobre cintas elásticas. empleado en la producción de placas.
- e). Expulsión de agua por prensado.
  - (\*). En Prerabricados, rara vez se emplean los vibradores de inmersión.
  - (\*\*). Estos Vibradores son los más apropiados para los diversos acabados de estructuras portantes planas.
  - (\*\*\*). El procedimiento por vacío debe de combinarse siempre con vibrado.

#### 3.4.1.3.- EL ACERO.

El Acero usado para elementos de concreto presforzado, debe cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas: NÚM B-6, B-18, B-32, B-292, B293 y B-294.

Para la fabricación de ductos, se debe usar lámina de acero de tipo troquelado profundo con calibre mínimo del número 31, debiendo tener como características: flexibilidad, corrugado y engargolado en frío, debiendo cumplir con la Norma Oficial Mexicana: NÚM B-267 en vigor.

Los alambres empleados generalmente son de 2 a 6 mms. de diámetro, siendo el más usado el de 5 mms.. Además éstos alambres, deben poseer una ductilidad suficiente que permita enrollar el alambre, trenzarlo para formar cable de varios hilos y acomodarlos fácilmente en su posición, así como para evitar rupturas por impacto. este tipo de acero se fabrica en los E. U. y algunos países Europa y puede ser galvanizado o no. En México se ha iniciado su producción.

Este tipo de aceros para piezas presforzadas, tiene una fatiga de ruptura del orden de los 16,000 a los 20,000 Kg/cm<sup>2</sup>, debe ser de alto carbón, se les hace trabajar a un 80 % de su límite elástico (0.80 o 0.90 % de su f's), lo cual puede ser parecer exagerado, si se compara con el caso del concreto común, en el cual las barras se hacen trabajar únicamente al 50 % de su límite elástico, pero debe tenerse en cuenta que en el caso del concreto presforzado, la calidad de cada uno de los alambres se comprueba al estirarlos durante el presfuerzo, hasta un 10 % más

de su fatiga de proyecto y que esta fatiga nunca se verá sobrepasada, por las pérdidas de tensión que sufre el alambre a causa de la fluencia del acero y del concreto.

### 3.4.2.- EQUIPO DE PRODUCCION.

Los elementos de concreto presforzados o precomprimidos, se fabrican en una planta permanente, o en una planta provisional en obra. Los principios son los mismos: la planta permanente se puede dotar de una forma económica, de maquinaria y equipo más complejo, con la flexibilidad para ajustarse a una variedad de productos, mientras que la planta en obra se ajusta a las necesidades específicas del proyecto particular.

#### 3.4.2.1.- LOS MOLDES EMPLEADOS PARA PIEZAS PRESFORZADAS.

La exactitud, precisión y cualidades dimensionales de los elementos presforzados, dependen en alto grado de la perfección y cualidades de los moldes. Sin embargo un requerimiento primordial que tengan suficiente resistencia para que las fuerzas de presfuerzo puedan aplicarse contra los moldes mismos.

Los moldes se han empleado de diversos materiales entre los que pueden ser: madera, hormigón, plástico o acero, los más comerciales son:

a). Moldes de concreto forrado de lámina. Algunos elementos estándar pueden fabricarse en moldes de concreto forrados de lámina. La lámina se utiliza únicamente para asegurar un buen acabado, puede ser de calibre relativamente bajo. Las fuerzas son resistentes por el concreto. Sueen preverse ductos para vapor o agua caliente a fin de acelerar el fraguado

b). Los moldes de acero se utilizan más frecuentemente en la prefabricación debido a que cumplen con los requerimientos operativos necesarios, son moldes rígidos que resisten las fuerzas de presfuerzo por sí solos, son relativamente caros, por lo que es recomendable emplearlos en series de producción continua y de gran volumen, pero la ventaja es que pueden ser desmontable y transportarse sin gran costo debido a su ligereza, los cuáles deben tener las siguientes características:

1. Las piezas componentes del molde de acero se unen por medio de pernos o abrazaderas, las cuales deben permitir gran facilidad en su manejo, es decir deben abrir y cerrar bien.

2. La adherencia entre el molde de acero y el concreto de la pieza, debe ser relativamente baja, debido a la superficie lisa del acero.

3. El desmoldado "no" debe presentar dificultades.

4. Deben tener estabilidad volumétrica, a fin de poder asegurar medidas correctas en el elemento-tipo.

5. Deben utilizarse reiteradas veces, evitando al máximo posible entretenimientos, que propicien pérdidas tiempo-hombre.

6. Deben ser fáciles de limpiar.

7. Deben permitir desde el diseño, la posibilidad de hacer modificaciones, propiciando variedad de elementos-tipo.

8. Debe preverse la posibilidad de transportación, para en caso de una fabricación en cadena o de un proceso de prefabricación a "pie de obra".

#### 3.4.2.2.- MESAS DE COLADO DE ELEMENTOS PRETENSADOS.

Las mesas de colado para la producción de elementos pretensados pueden tener características muy variables que dependen de la naturaleza de los productos por prefabricar, la magnitud de las fuerzas de presfuerzo para las que haya que proporcionar anclaje y las propiedades del suelo sobre las que deben apoyarse. Un aspecto fundamental es reducir al mínimo los movimientos diferenciales de las instalaciones, a fin de tener que hacer ajustes frecuentes para conservarlas debidamente niveladas.

La longitud de las mesas oscila entre 40 y 200 m., aproximadamente, considerando 100 m. como promedio.

Se distinguen los siguientes tipos de mesas de colado:

##### 1.- MESAS FIJAS.

a). Con muertos de anclaje que resisten por sí solos todas las fuerzas de presfuerzo: la losa no tiene mas función que la de proporcionar una superficie de trabajo, sus inconvenientes están en que la losa como los muertos pueden tener movimientos relativos entre sí de importancia que pueden ocasionar dificultades en la producción, solo es conveniente este tipo de mesa en terrenos duros.

b). Con muertos de anclaje pilotados, varía del anterior porque proporciona mayor estabilidad a los muertos de anclaje por medio de pilotes, es bueno en terrenos malos; la losa tampoco cumple una función estructural.

c). Con la losa que actúa como una columna. Las dimensiones de los muertos pueden disminuir si se hace que la losa que forma la mesa actúe como una columna con capacidad suficiente para transmitir las cargas de presfuerzo. Debe investigarse los efectos de esbeltez bajo la acción de las fuerzas de presfuerzo.

d). Con una losa monolítica con muertos de anclaje. En este caso, la losa y los muertos de anclaje forman un conjunto monolítico, su ventaja se presenta por su rigidez. uso óptimo en terrenos malos.

## 2.- MESAS PORTATILES.

Generalmente utilizadas en plantas provisionales, por no existir fábricas cercanas a la obra y cuando el volumen de la obra es lo suficientemente importante. Para que resulten económicas, estas plantas deben estar constituidas por elementos recuperables en el mayor grado posible con el fin de que se puedan usar muchas veces en obras distintas y se reduzcan así los costos de amortización. Entre las muchas variantes de mesas portátiles están:

a). Mesas de elementos precolados que se unen por medio de tendones de presfuerzo. Las piezas o dovejas que constituyen las mesas, se hacen de un tamaño que pueda transportarse fácilmente.

b). Mesas de estructuras de acero. Puede proporcionarse un anclaje a las ruerzas de presfuerzo por medio de bastidores formados por estructuras desarmables de acero, implica menos costo de transporte.



## 3.4.2.3.- EQUIPO DE POSTENSADO.

* EQUIPO UTILIZADO EN EL POSTENSADO. *	
EQUIPO.	DESCRIPCION.
1. Calibrador de Manómetros.	Báscula de Bourdon para calibrar manómetros y asegurar el control de calidad de tensión e inyección.
2. Bomba J-4.	Bomba manual de inyección.
3. Bomba J-6.	Bomba eléctrica para inyección de lechada - que se utiliza con la mezcladora 2001.
4. Bomba J-7.	Agitador Eléctrico para lechada de 1380 a - 1500 r.p.m. y para volumen máximo de 150 l.
5. Bomba P-1.	Bomba manual para tensado de cable 12 $\phi$ 5 y 12 $\phi$ 7.
6. Bomba P-2.	Bomba eléctrica de Tensado.
7. Bomba P-5.	Bomba eléctrica para tensado de cables con una presión máxima de 665 Kg/cm <sup>2</sup> .
8. Bomba P-6.	Bomba Hidráulica para tensado de cables con una presión máxima de 643 Kg/cm <sup>2</sup> .
9. Bomba de Gasolina.	Bomba de gasolina para tensado de cables.
10. Bomba P-2001	Bomba de inyección de lechada aspirante e - impelente automática con un volumen de lechada regulable.
11. Bomba Monitoron PSC	Bomba Eléctrica para tensado de cables se - utiliza con el gato Titán 20 Monitorón.
12. Gato SC-20.	Gato para tensado y destensado de monotorones de T0.5, T11, T13, o T15 mms. cap. máx. 23 Tns. peso 35 Kg.
13. Gato Titan	Gato para tensado de monotorones de T13 y - T15 mms. cap. máx. 23 Ton. peso 27 Kg.
14. Gato H1.	Gatos Cabeceadores para hilos $\phi$ 5, 7 y 8 mm
15. Gato H2.	Gatos Cabeceadores para hilos $\phi$ 5, 7, 8 y - 12 mms.
16. Gato U-5.	Gato para cables 12 $\phi$ 7.
17. Gatos S-6.	Gatos para cables 12 y 13 con cap. máx. de 200 Tns. de tensión, peso 210 Kg.
18. Gatos S-7.	Gato para tensado de 6 torones de 13 mms. - utilizando anclajes tipo v. cap. máx. de - 100 Tns. peso 146 Kg.
19. Gatos K-350.	Gato para tensado de cables 12T13, 19T13, - 12T15 con cap. máx. de 357 Ton. peso 300 Kg
20. Gatos K-500.	Gato para tensar cables: 19T13, 18, 19T15 - 27T13 y 12T18 con cap.máx. de 469 Ton. peso 740 Kg.
21. Gatos K-1000	Gato para tensado de cables 37T15, 55T13 y 27T18, cap. máx. de 1000 Tn., peso 1450 Kg.
22. Empujadora (1 vel. elect.)	Máquina incertadora de cables.
23. Empujadora (2 vel. hidrau)	Máquina incertadora de cables torón hasta - longitudes de 300 mts. y 21 Tons. de peso.

EQUIPO.	DESCRIPCION.
24. Empujadora (2 vel elect.)	Máquina incertadora de cables Torón con velocidad de 0.65 MPS. y 2.60 MPS. peso de - 675 kgs.
25. Devanadora.	Para el desembobinado de rollos de acero de Torón.
26. Mezcladora 2001.	Bomba mezcladora de 2 agitadores de alta revolución y dosificación automática. Puede alimentar a las bombas de inyección P 2001 y a la J-6.

## 3.4.2.4.- CURADO DE LOS ELEMENTOS.

El curado, es un proceso que se puede acelerar, mediante la introducción de vapor bajo una cubierta apropiada, obteniendo así una producción rápida, debido a la mayor utilización de la mesa.

#### 4.- TERCERA ETAPA: TRANSPORTE, MONTAJE, CONEXIONES, JUNTAS Y TOLERANCIAS DE ELEMENTOS-TIPO.

##### 4.1.- TRANSPORTE DE LAS PIEZAS PREFABRICADAS.

Las piezas prefabricadas solo resultan económicas cuando pueden ser transportadas y montadas con un gasto que unido al costo de su fabricación pueda ser realizada por métodos ordinarios. El transporte y el montaje económico han llegado a ser posibles a los diferentes medios de transporte que se tienen hoy en día.

Los medios de transporte, existen diferentes posibilidades como pueden ser: marítimas, ferroviarias y aéreas, pero en nuestra realidad social, estos medios resulta muy costoso y en la mayoría de las veces no se requiere, por la poca tecnificación nacional (entendiéndose como tal, que la producción de prefabricados, es generalmente es por medio de componentes, que permiten una fácil transportación por carretera).

El medio más idóneo de transporte en nuestro país, es por carretera, el cual está regulado por instancias normativas legales de tráfico, que determinan la altura, el ancho máximo del elemento, la longitud, el peso y el número de piezas a transportar.

En fábrica solamente deben de producirse las piezas que sean posibles transportar al lugar de la obra.

El ancho del transporte por carretera está limitado en los países europeos a 2.40 o 2.50 mts. Esto significa que los elementos que no puedan ser transportados de canto, es decir, en posición vertical no han de rebasar la anchura de 2.50 mts. Algunos países permiten el transporte de piezas de mayor anchura (hasta de 3.50), siempre que vayan acompañados de policía de tránsito, y que las condiciones dimensionales de la carretera lo permitan.

La altura efectiva en general es de 4.50 mts. sin embargo, existen calles y pasos a desnivel con dimensiones menores, lo cual nos obliga a considerar que el elemento de canto o verticalmente, no debe exceder de 3.80 a 4.00 mts. ya que la altura de los remolques bajos es como mínimo de 40 a 50 cms. por encima del pavimento.

Los vehículos de transporte para la industria de la prefabricación son:

- a). Camiones con elementos motrices y remolque.
- b). Semi-remolques con elemento motriz y semi-remolque con longitud de carga de 15 mts.
- c). Tractores con remolque giratorio de longitud de carga de 30 mts.

- d). Tractores con carga para elementos altos con plataformas bajas.
- e). Tractores con contenedores.

Los Camiones con elementos motrices y remolque, se emplean generalmente en elementos cortos hasta de 7.00 mts., por que una parte de la pieza ira sobre el camión y la mayoría sobre el remolque, por ello son los vehiculos ideales para placas y vigas pequeñas. La superficie de carga esta a 1.30 o 1.40 de diferencia de nivel en relación al suelo.

Los semi-remolques pueden transportar la mayoría de los elementos, por que ofrece una superficie de carga completa y sin divisiones, por atras pueden sobresalir el elemento 1 metro aproximadamente. La superficie de carga está a 1.50 mts. del suelo por lo que no son adecuados para llevar elementos altos. Para llevar vigas largas se construyen remolques giratorios, las vigas se apoyan en este caso sobre el tractor y sobre el remolque giratorio, haciendo unión entre ambos, propiciandoo que el elemento sea la plataforma de apoyo. Cuando los elementos no pueden ser autoportantes entre los mencionados apoyos, pueden colocarse un elemento por ante entre tractor y remolque, el cual absorbe las cargas y hace union. Los remolques estan provistos de dirección propia, la cual permite perfilar las curvas según su trayectoria. La dirección del eje posterior puede sincronizarse con la de la cabina tractora, con lo cual sigue la misma trayectoria que esta. Unas bobinas enrollables llevan los conductos para el aire comprimido e instalación eléctrica que serviran al remolque de señalizaciones, con permisos especiales pueden transportar cargas hasta de 100 toneladas.

Para elementos especialmente altos, se adoptan plataformas bajas, las cuales pueden encontrarse de varios tipos. Pueden funcionar como remolques o como semi-remolques apoyados, estando la diferencia en que los primeros, tienen ruedas delanteras y los semi-remolques no, sólo unas auxiliares mientras se le engancha la cabina tractora.

Los remolques llevan armaduras especiales concebidas para sujetar los elementos facilmente.

Los remolques bajos son vehiculos tipicos de transporte para la construcción con grandes paneles. Con ellos pueden transportarse elementos altos hasta de 4.20 m. De todos modos estos elementos no pueden sobrepasar los 8 mts. de longitud. Los remolques bajos pueden ser utilizados en la obra, como almacén intermedio, cuando el montaje se realiza desde el remolque.

#### 4.2.-DIVISION DE LOS SISTEMAS DE MONTAJE.

Si los productos prerabricados se instalan con rapidez y seguridad, el trabajo sera exitoso y rentable. La planeacion y programacion de todas las fases de este proceso son fundamentales para su exito.

El montaje de elementos prerabricados exige sistemas de prevision de apoyos provisionales para el manejo de los elementos en las etapas previas a la union definitiva. Estos apoyos pueden ser elementos adicionales o partes salientes del elemento.

En el diseo de dichos apoyos es importante tomar en cuenta que las deformaciones que se producen en esta etapa del montaje, debido al peso propio del elemento y a las cargas temporales de trabajo, son permanentes.

En México, existe equipos que satisface las necesidades de montaje de elementos prerabricados, de diferentes capacidades y características. El montaje de prerabricados se clasifica en:

M O N T A J E  P R E F A B R I C A D O S	A. LA FORMA DE SOPORTAR LA CARGA	[	a. 1.- PLUMA ESTRUCTURAL.
			a. 2.- PLUMA TELESCOPICA HIDRAULICA.
			a. 3.- PLUMAS CONTRAVENTEADAS SENCILLAS.
			a. 4.- PLUMA COMPUESTA POR MASTIL Y BRAZO.
	B. EL MEDIO DE LOCOCION.	[	b. 1.- GRUA SOBRE ORUGA.
			b. 2.- GRUA SOBRE CAMION.
			b. 3.- GRUA PARA TERRENO AGRESTE.
			b. 4.- GRUA TORRE.
	C. LA TECNICA DE ELEVACION.	[	c. 1.- METODO DE ELEVACION.
			c. 2.- PUNTOS DE IZAJE.
			c. 3.- LOS BALANCINES.

\* DIVISION DE LOS SISTEMAS DE MONTAJE.

## 4.2.1.- POR LA FORMA DE SOPORTAR LA CARGA.

## 4.2.1.1.- GRUAS CON PLUMA ESTRUCTURAL.

Las grúas con pluma estructural, (Fig. 58, R.B. 52), se caracteriza por que se le puede añadir o quitar extensiones según se requiera, sin embargo tienen la desventaja de que es necesario armarlas y desarmarlas siempre que se requiera una pluma más larga de la que el camión pueda transportarla cuando transite por la calle, la pluma estructural se fabrican con longitudes mucho mayores, debido a que las plumas son mas ligeras y de sección transversal mayor, así como por la forma de trabajo de las mismas.

La capacidad de carga de éstas plumas, varia desde 45 Tons. hasta 300 tons. de capacidad y con longitud de pluma hasta de 100 mts. La carga se descompone en una tensión en las riendas o tirantes, y una compresión en la pluma.

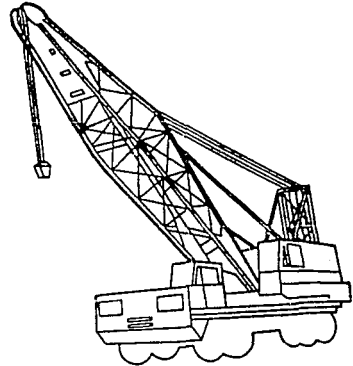


Fig. 58. Grúa Estructural.

## 4.2.1.2.- GRUAS CON PLUMA TELESCÓPICA O HIDRAULICA.

Las grúas con pluma telescópica, a las cuales también se les denomina hidráulicas, debido a que la pluma puede extenderse o recortarse por medio de pistones hidráulicos acopiados, tienen la ventaja de la disponibilidad de usar la longitud de pluma más óptima que se requiera en un montaje, y permite una mayor maniobrabilidad de manejo y desplazamiento en lugares complicados.

La capacidad de carga de este tipo de grúas con pluma telescópica, varia desde 5 tons. hasta 140 tons. de capacidad y con longitud de pluma desde 13.5 mts. hasta 51.6 mts. La pluma trabaja a flexo-compresión sin ninguna sujeción en su extremo lo que va en contra de su longitud de pandeo.

#### 4.2.1.3.- PLUMAS CONTRAVENTEADAS SENCILLAS

Este dispositivo es un equipo mucho más económico y rudimentario pero muy usual y práctico. Está formado por perfiles estructurales de acero en celosía que integran una columna y se contraventea con cables de acero en 4 direcciones aproximadamente ortogonales entre sí ancladas en lugares adecuados.

Uno de los contraventeos comúnmente es el que resultara con la carga principal debido a que es el que ocupa la posición opuesta al cable que levanta la carga.

El cable de levante generalmente es accionado por un malacate mecánico que proporciona el tirón necesario para mover la carga.

La longitud de estas plumas se puede modificar agregando o quitando insertos según sea necesario.

Ocasionalmente se llegan a usar dos plumas gemelas trabajando en paralelo, dividiéndose la carga entre las dos.

#### 4.2.1.4.- PLUMAS COMPUESTAS POR MASTIL Y ERAZO.

Este dispositivo ha sido desarrollado con objeto de dar mayor alcance horizontal a las plumas sencillas.

Consiste en un mástil formado por una pluma vertical contraventeada en varias direcciones (mínimo 4) y que soporta una pluma denominada brazo, la cual puede levantar o bajar a voluntad, girando sobre una articulación que se encuentra en la parte inferior del mástil. Todo el sistema puede girar alrededor de un eje vertical.

#### 4.2.2.- POR EL MEDIO DE LOCOMOCION.

##### 4.2.2.1.- GRUAS SOBRE ORUGAS.

Son grúas con pluma estructural y la unidad transportadora tiene base de orugas. (Fig. 59), la ventaja de estas grúas es que pueden

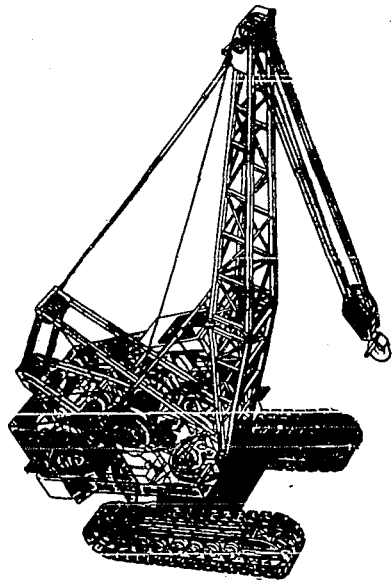


Fig. 59. Grúa Estructural sobre orugas.

transitar con la carga con mayor facilidad que las otras.

Se emplean más comúnmente en trabajos que se requiera una permanencia considerable de tiempo, debido a su inconvención de transporte, por ello es necesario transportarlas de un sitio a otro por medio de trailers.

Dependiendo de su tamaño, llega a ser necesario desarmarlas para su transporte.

Comparando la inversión de adquisición, de grúas de la misma capacidad, las grúas sobre camión son más caras, que las montadas sobre oruga.

#### 4.2.2.2.- GRUAS SOBRE CAMIÓN.

Es un camión sobre neumáticos que transporta una caseta giratoria con una pluma acopiada. Generalmente el operador se encuentra sentado en la caseta giratoria que contiene a la pluma y de esta manera le permite observar permanentemente la carga y objeto que se maneja.

El camión dispone de 4 brazos metálicos denominados estabilizadores y que una vez que la grúa se coloca en la posición en que va trabajar, se apoyan directamente en el terreno relevando a las plantas de la carga que levantará la grúa y aumentando considerablemente su capacidad de carga.

#### 4.2.2.3.- GRUAS PARA TERRENO AGRESTE.

Este tipo de grúas, fué creada hace 14 años, la unidad transportadora es un sistema de 4 ruedas, las cuáles todas tienen dirección, lo que le da una gran maniobrabilidad aun en espacios muy reducidos.

Tiene la desventaja de que no están diseñadas para transitar en carretera, por lo que es necesario moverlas por medio de otro vehículo para llevarlas de un sitio a otro. Son las grúas ideales para patios en plantas de prefabricación por su maniobrabilidad.

#### 4.2.2.4.- GRUA TORRE

Se emplea para:

- a). El transporte vertical de materiales de edificación.
- b). Para la elevación de piezas prefabricadas.
- c). Es adecuada para cualquier operación de elevación y colocación de elementos prefabricados.

d). Y para el transporte horizontal.

La desventaja de estas máquinas, es que exigen una vía de pesados rieles descansando sobre cimientos apropiados, para su erección, así como su montaje, desmontaje y transporte son caros



y se erectúa en un tiempo considerable. Por consiguiente, el empleo de grúas de torre es económica solamente si hay que elevar un gran número de piezas.

Estas grúas son capaces de eructuar tres clases de movimientos simultáneamente: elevar la carga, moverse hacia adelante y hacia atrás y girar 350° conjuntamente con la carga. La pluma de algunas grúas torre esta provista de un carro desplazable, en este caso el movimiento de este carro es el cuarto que puede realizarse por una grúa torre.

Para edificios muy altos se emplean las grúas de torre ascendentes. Estas grúas no cambian de posición sino la pluma giratoria y su altura se aumentan paralelamente a la del edificio.

También en nuestro medio existen grúas torre montadas en camión, las que se pueden armar la pluma en la obra, agregando extensiones sobre el piso, para que después la misma grúa pare la torre y maneje el brazo según se requiera desde la posición horizontal hasta formar un ángulo de 70 grados aproximadamente con el horizonte.

#### 4.2.3.- POR LA TECNICA DE ELEVACION.

##### 4.2.3.1.- METODO DE ELEVACION.

El Método de elevación, depende de la selección del tipo de izaje, pudiendo ser: de un extremo o una cara y el método de colado (con la cara interior o exterior hacia arriba).

Al comparar el peso con las cargas permisibles para el aparejo seleccionado, se establecerá el tamaño y cantidad de puntos de izaje, esto determinará el tipo de accesorios de izaje requeridos.

Para colocar correctamente los accesorios de izaje (los ganchos, poleas y varillas distribuidoras), se debe determinar el centro de gravedad del panel, puesto que los paneles no siempre tienen un peso uniforme debido a las aberturas y sus características arquitectónicas, las localizaciones de los accesorios de izaje se ajustan para compensar cualquier desplazamiento del centro de gravedad.

La movilización de los puntos de izaje simétricamente alrededor del centro de gravedad son generalidades y no reglas absolutas. Mientras el centro de gravedad de todas las ruerzas de elevación coincida con el centro de gravedad del panel, éste penderá correctamente.

## 4.2.3.2.- PUNTOS DE IZAJE.

Las cargas en los puntos de izaje y los esfuerzos de cortante y flexión en el panel se determinan de acuerdo con la estática. Se analizan los ganchos, poleas y varillas distribuidoras y se determinan las cargas respectivamente en cada punto de izaje.

Es muy conveniente minimizar el número de puntos de izaje, para evitar que el panel gire. el número mínimo es dos.

Para simplificar el movimiento de los elementos a izar, y evita que se inclinen, se debe obtener un refuerzo de izaje uniforme en cada esquina, para ello se debe de considerar el movimiento a realizar, por ejemplo:

a). Si se va levantar horizontalmente un panel, es conveniente colocar cuatro puntos de izaje, y los puntos de izaje deben estar colocados simétricamente respecto al centro de gravedad en dos direcciones.

b). Si el panel se va inclinar para descimbrarlo o sacarlo del lecho de colado, entonces los puntos de izaje, se tienen que colocar simétricamente respecto al centro de gravedad en una dirección. Los paneles más pesados pueden requerir de más puntos de izaje y los paneles que tienen partes que se proyectan en el molde pueden necesitar puntos adicionales cerca de estas piezas para facilitar su desprendimiento del molde.

El ángulo en que quedará colgado el panel en el aire está determinado por la distancia a la que se colocan los accesorios de izaje respecto al centro de gravedad. Si los paneles tienen que pender perfectamente a plomo para su colocación final, entonces deben colocarse los puntos de izaje en uno de los extremos.

Con frecuencia, los puntos de izaje caen dentro de las aberturas para complicar todavía más su colocación. Si hubiera que desplazar un punto de izaje en dirección horizontal, el punto simétrico generalmente debe desplazarse en la misma magnitud en la dirección contraria. En algunos casos, hay que desplazar los puntos de izaje horizontal y verticalmente, y esto requiere que los puntos simétricos se desplacen en la misma cantidad en direcciones opuestas.

Para determinar los esfuerzos se aplica como carga el peso del panel repartido a lo largo de su longitud, considerada como viga imaginaria apoyada en los puntos de izaje.

En el caso de los paneles que giran, será necesario hacer este análisis en varias posiciones durante el proceso de elevación porque las cargas en los puntos de izaje cambian y los

esfuerzos de flexión varían de tal forma que los esfuerzos críticos pueden no presentarse en el momento de iniciar el izaje del panel.

El factor de amplificación del ángulo de los cables a los puntos de izaje se debe investigar para asegurar que dichos puntos no estén sobrecargados. Si la resistencia a la flexión permisible del concreto (ó raíz cuadrada de  $f'c$ .) se excede, será necesario relocalizar los puntos de izaje, para obtener esfuerzos menores, o reforzar internamente el panel con varillas o agregar largueros de refuerzo.

#### 4.2.3.3.- LOS BALANCINES.

Si la pieza a elevar, requiere de más de tres puntos de izaje, requiere que se empleen diferentes cables de la misma longitud, pero en la práctica no pueden colocarse los ganchos de elevación con perfecta exactitud, por lo tanto, se haría trabajar la pieza con deformaciones prematuras y se pondría en peligro la pieza pues se originarían grietas desfavorables para la misma.

Esta limitante técnica de los cables, nos obliga a usar un balancín de cable que por sí mismo tome la posición debida, sin deformar la pieza.

Cuando se emplea un balancín de cables, la suspensión debe disponerse con cuatro cables: un par de cables, pasan por un gancho o una polea, que pueda moverse en cualquier dirección, de modo que los cables se ajusten automáticamente a la dimensión requerida, el otro par de cables debe ser fijo, pues de otro modo la pieza podría voltear desequilibrándose, de este modo la pieza queda realmente suspendida por cuatro puntos.

El balancín se suspende siempre por un solo punto. Al elevar la pieza se coloca automáticamente, de tal modo que su centro de gravedad está en la vertical del punto de suspensión del balancín.

Para una elevación por seis puntos se usa generalmente un balancín rígido de una dirección y balancines de cable suspendidos de él. Las fuerzas que actúan en los cables a-a, prescindiendo del rozamiento, son iguales y lo mismo ocurre en los cables b-b. Si la pieza es simétrica, las fuerzas que actúan en los cables a-a, son iguales a las que actúan en los cables b-b. Para piezas asimétricas las longitudes de los cables a-a y b-b deben ser diferentes para poder colocar horizontalmente la pieza que se trata de elevar. El punto de elevación del balancín debe colocarse siempre verticalmente sobre el centro de gravedad de la pieza.

## 4.3.- TOLERANCIAS, JUNTAS Y CONEXIONES.

## 4.3.1.- TOLERANCIAS.

La tolerancia que se requiere para las conexiones de elementos de concreto prerabricado dependen del tamaño y tipo del miembro que vaya a conectarse. no deben conrundirse las tolerancias con los espacios libres. La selección de tolerancias para conexiones, deberá preverse el suficiente espacio para soldar o un espacio para colocar una llave que apriete un tornillo. En todas las conexiones deberán preverse la tolerancia mínima y la tolerancia máxima, inclinándose preferentemente por la máxima, tanto estructuralmente como arquitectónicamente.

En México, existen elementos normativos que definen las tolerancias, en la NÚM C-247-1975 "Dimensiones y Tolerancias de los elementos Prerabricados tipo Arquitectónico", Existen criterios de tolerancias, muy detallados para la producción, sin embargo consideraremos los criterios mas representativas, (para el lector que desee documentarse más en cuanto a tolerancias, se recomienda consultar la norma indicada y/o la bibliografía).

a). Las tolerancias dimensionales fuera del molde para elementos precolados, son las siguientes:

SECCIÓN	LARGO Y ANCHO medidas en mts.	TOLERANCIA. en mms.
Largo y ancho.	0. a 0.49	± 2.0
Largo y ancho.	0.50 a 0.99	± 2.5
ancho.	1.00 a 1.49	± 3.5
ancho.	1.50 a 1.99	± 4.5
ancho.	2.00 a 2.49	± 5.5
ancho.	2.50 a 2.99	± 6.5
Largo	3.00 a 3.99	± 7.0
Largo	4.00 a 4.99	± 7.5
Largo	5.00 a 5.99	± 8.0
Largo	6.00 a 6.99	± 8.5
Largo	7.00 a 7.99	± 9.0
		± 1 mm por 1m adicional.
<b>TOLERANCIAS EN ELEMENTOS PRECOLADOS FUERA DEL MOLDE.</b>		

b). En espesor largo o ancho.

## TOLERANCIAS.

En piezas con ó sin acabados aparentes y colados horizontalmente.  $\pm 5$  mms.

En piezas con ó sin acabados aparentes verticales.

Altura L.	0.00	a	0.30 m	$\pm 2$ mms.
	0.31	a	0.50 m	$\pm 3$ mms.
	0.51	a	0.70 m	$\pm 4$ mms.
	0.71	a	1.00 m	$\pm 5$ mms.

c). Para ventanas, puertas y otros vanos, la tolerancia tanto vertical como horizontal y en el descuadre debe ser de  $\pm 5$  mms.

d). En la posición para los insertos ó barriletes dejados "anogados" en el precolado para descimbrados, transporte y montaje en obra, la tolerancia de los insertos en su posición dentro del elemento es de  $\pm 12$  mms.

e). En las "entrecalles" ó muescas, dejadas en elementos precolados para rematar el sistema de impermeabilizante, la tolerancia en su posición debe ser  $+ 10$  mms.

f). En molduras, la localización de los huecos ó muescas dejados en el elemento para recibir empaquetaduras o marcos para cristales, el desfaseamiento horizontal y vertical entre dos elementos puede ser de  $\pm 3$  mms.

g). En el ancho (b), y en el alineamiento (g), de los huecos y muescas referido al inciso anterior puede ser de  $\pm 2$  mms.

#### 4.3.2.- JUNTAS EN FACHADAS PREFABRICADAS.

Hay tres métodos para tratar las juntas en el revestimiento de concreto:

- a). Las empaquetaduras, (incluyendo los compuestos selladores en tiras).
- b). Las juntas drenadas.
- c). Las juntas rellenas mediante compuesto selladores de superficie.

Cada uno de estos sistemas son eficentes, sin embargo se debe tener en cuenta que existen elementos que pueden impedir el correcto funcionamiento de estas mediante un incorrecto diseño de las tolerancias de las juntas.

Un estudio llevado a cabo por Cement and Concrete Association, en 50 edificios, se detecto que el ancho de las tolerancias de las juntas verticales estaban generalmente dentro del rango de  $\pm 6$  mms. a  $\pm 20$  mms. y que la mayoría de ellas, en la realidad, caían entre  $\pm 7$  mms. y  $\pm 13$  mms.

Bajo este criterio de variabilidad de las juntas, debe de evaluarse cualquier sistema.

##### 4.3.2.1.- LAS EMPAQUETADURAS.

Este sistema sera eficiente, cuando exista una presión positiva que las deforme o comprima, una verdadera empaquetadura no debe ser adhesiva, y si por el contrario debe existir presión en toda la longitud de la junta. Las dimensiones y el perfil de la empaquetadura, deben acomodarse a las tolerancias o a los defectos de superficie; tambien se debe tener en cuenta la naturaleza del material de la empaquetadura.

Debido a problemas de tolerancia, el uso de empaquetaduras o compuestos selladores en tiras en las juntas verticales del recubrimiento de concreto no es, por lo general una solución viable.

En las juntas verticales no es fácil lograr la presión requerida, propiciando que a veces se tengan que emplear empaquetaduras elastomericas de grandes dimensiones, como las cruciformes de neopreno (Esta sección es una forma especial de empaquetadura que teóricamente, tiene la capacidad de acomodarse a una junta bastante amplia de espesor y de dimensiones muy variadas.

Tiene mayor probabilidad, que estos materiales tengan éxito en las juntas horizontales, a condición de que exista la presión requerida para deformar la tira y que esta se acomode a las tolerancias requeridas.

4.3.2.2.- LAS JUNTAS DRENADAS.

Cuando se cumplen ciertos requisitos básicos, una junta drenada, proporciona un sello al intemperismo, sencillo y satisfactorio. La junta debe incluir un desviador suelto entre los paneles, un buen sello de aire colocando tanto horizontal como verticalmente y un doblez o traspape en la junta horizontal.

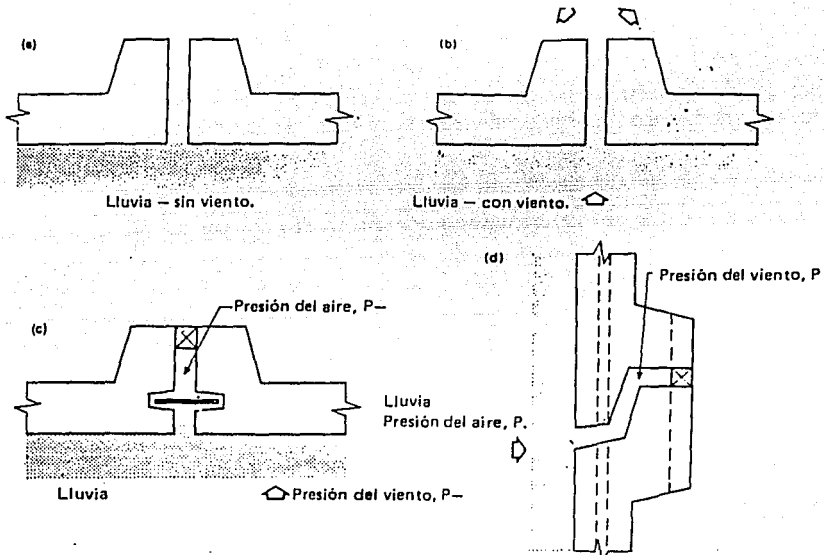


Fig. 60 Principios Básicos de Las Juntas Drenadas.

4.3.2.2.1.- CONCEPTOS BÁSICOS DE UNA JUNTA DRENADA.

Considerando una junta vertical entre dos paneles de concreto. (Fig. 60 a, R.B. 50), si no hay viento y la presión del aire en el interior del edificio es mayor que la del exterior, la lluvia no pasará a través de la junta; pero sí lo hará cuando las condiciones sean inversas. (Fig. 60 b, R.B. 50). Sin embargo, si se forma un sello de aire en la parte posterior de la junta y se coloca una barrera que la cruce. (Fig. 60 c, R.B. 50), se verá que cuando la presión del viento tiende a empujar la lluvia a través de la junta - es necesario crear, en el espacio entre la

barrera (un desviador), y el sello de aire, un área de presión igual a la del viento. De esta manera la lluvia no irá más allá del desviador. En el frente de éste, la presión del aire tratará de igualar a la del viento y por consiguiente, el ímpetu de la lluvia se reducirá gradualmente, mucho antes de llegar al desviador.

En el caso de juntas horizontales en un sistema de juntas drenadas, se puede demostrar que la lluvia empujada por el viento no penetra mucho dentro de la junta, si esta cuenta con un tapajuntas apropiado, y un sello posterior para aire; así, la gravedad asegura el drenaje de cualquier cantidad de agua que caiga sobre la superficie. (Fig. 50 a, R.E. 50). Los requisitos esenciales para una junta drenada son: (Fig. 51 y 52 R.E. 50).

- a). Espesor adecuado del concreto en los bordes del panel, que permita la incorporación de ranuras para el desviador;

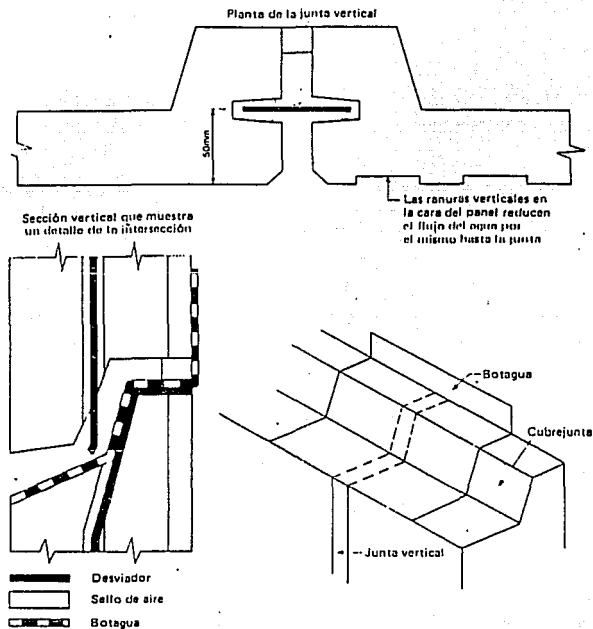
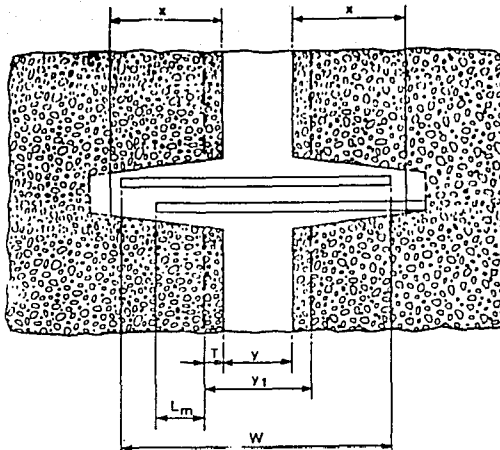


Fig. 51. Detalles de las Juntas Drenadas.

En la práctica, el espesor del concreto es casi siempre de 10 cms.

- b). Una cámara.
- c). Un sello de aire en la parte posterior de la junta.





$W = (2x + y) - 6$   
 (Dimensiones nominales).  
 En la práctica W no debe ser  
 menor que:  $W = x + y_1 + L_m$   
 $x$  = profundidad de la ranura  
 $y$  = espesor nominal de la junta  
 $W$  = ancho del desviador  
 $T$  = tolerancia de posición  
 del borde del panel  
 $L_m$  = solapa mínima del  
 desviador en su extrema posición  
 $y_1 = y + 2T$ .

Fig. 82. Diseño de Ranuras para Desviadores.

La ranura para el desviador debe estar situada a un mínimo de 5 cms. de la cara exterior, esta cifra a sido recomendada por la Building Research Station como resultado de exhaustivas investigaciones. La profundidad de las ranuras y el ancho del desviador se deben relacionar con el espesor nominal de la junta y con la variación que pudiera preverse en las posiciones de los bordes del panel.

El sello de aire tiene una importancia fundamental, y aún cuando los métodos para obtenerlo pueden variar, lo esencial es conservarlo. Si es defectuoso, el mecanismo de sellaje de la junta podrá averiarse totalmente.

La junta horizontal debe incorporarse un tapajuntas con una altura mínima de 5 cms. Sin embargo en edificios de muchos pisos, o en donde haya rigurosas condiciones de exposición a la intemperie, esta dimensión debe aumentarse hasta un máximo de 10 cms. Se considera que con estos valores se resuelven las condiciones más adversas.

Las juntas tanto verticales como horizontales, no deben ser demasiado estrechas, de manera que permitan tolerancias. Si lo fueran, existiría el peligro de penetración debido a la acción capilar. En la práctica si se acepta que no es probable que las

tolerancias totales sean mayores que  $\pm 13$  mms., el espesor mínimo nominal de la junta debe ser de 20 mms. Aún cuando sea razonable esperar una tolerancia mejor, ésta no debe ser menor de 13 mms.

Se ha estimado, como resultado de experimentos, que del total de agua que penetra en la junta, el 80 % procede de aquella que cae por la cara de los paneles; el resto es impulsado directamente a la junta. La cantidad que entra por riujo a través de la cara, se puede reducir considerablemente por medio de ranuras verticales cercanas a la junta. En áreas grandes el agregado al descubierto tiene una función similar y por tanto tiene ventajas prácticas y estéticas.

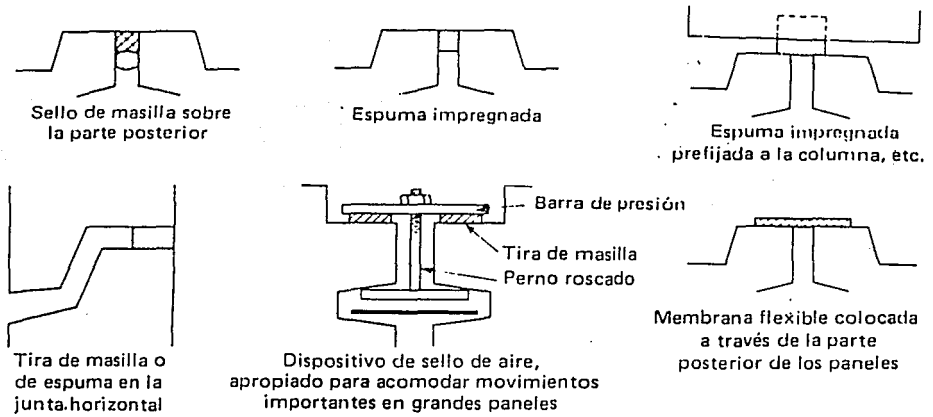


Fig. 63. Sellos de Aire para Juntas Drenadas.

#### 4.3.2.2.2.-MATERIALES PARA EL SELLADO DE AIRE.

Se puede formar un sello de aire utilizando una amplia variedad de materiales y técnicas. (Fig. 63 R.B. 50). éstos incluyen: Sellos convencionales de masilla, plásticos de espuma que pueden estar impregnados y ser autoadhesivos en una cara y facilitar la instalación, tiras de material de goma impermeable, betón, tiras de masilla (normalmente solo son aplicables a juntas horizontales), y relleno de mortero o de concreto.

Siempre se debe de intentar obtener el sistema mas sencillo posible, a fin de evitar procedimientos de difícil aplicación que necesiten constante supervisión y tomen mucho tiempo.

Finalmente, nunca se debe olvidar que no es probable que el sello de aire quede aislado después de terminar el edificio. Por consiguiente debe quedar bien la primera vez.

#### 4.3.2.3.- LAS JUNTAS RELLENAS MEDIANTE COMPUESTOS SELLADORES DE SUPERFICIE.

En Inglaterra, en todos los recubrimientos primarios hechos con concreto se utilizó algún tipo de sellado para rellenar el hueco en las juntas verticales, y el mismo material o una tira de masilla en las horizontales. Aunque durante el transcurso de los años ha nacido algún desarrollo en la tecnología correspondiente, los principios básicos que rigen el uso efectivo de los selladores en los recubrimientos siguen siendo los mismos.

En la selección del sellado, aunque se han utilizado casi todos los tipos de compuestos para los recubrimientos del concreto, desde masillas bituminosas sencillas o con base de aceite, hasta polisulfuros, por razones convincentes de comportamiento, color y durabilidad, los últimos son los que se especifican con más frecuencia. Sin embargo se pueden utilizar otros materiales elásticos, dentro de estos límites, los poliuretanos, son fuertes competidores para esta aplicación.

Se debe estudiar cada uno de los trabajos con base en sus méritos, pero generalmente no se ahorrará al usar una masilla bituminosa de poco costo u otro a base de aceite, ya que las dos tienen un movimiento limitado en su acomodo y quizá una resistencia deficiente a la luz ultravioleta.

#### 4.3.3.4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS TRATAMIENTOS DE JUNTAS.

Los tres sistemas han sido eficientes, pero cada uno de ellos tiene sus ventajas y sus desventajas, dependiendo de su aplicación.

##### 4.3.2.4.1.- VENTAJAS O ALCANCES.

##### 4.3.2.4.1.1.- LAS EMPAQUETADURAS.

El clima húmedo no afecta a la realización del sellado por que el comportamiento depende de la compresión y no es necesaria la adherencia.

En el borde de los paneles no se requiere perfiles complicados que impliquen ranuras, u otra preparación.

En algunos casos se pueden instalar las empaquetaduras desde el interior del edificio, por lo que los andamios se hacen innecesarios.

#### 4.3.2.4.1.2.- LAS JUNTAS DRENADAS.

En general, la instalación en climas húmedos no debe constituir un problema, aunque es posible que algunos sellos de aire requieran una superficie seca si se les ha de pegar a un papel antes de la erección.

El mecanismo básico de sellado depende no de la adherencia, sino de la geometría del perfil de la junta y de la igualación de la presión en la cavidad.

El único relleno de la junta o sello de la misma (por ejemplo, el sello de aire en la parte posterior de la junta), está protegido de los principales agentes degradantes: la luz ultravioleta y el clima.

Si el diseño con respecto a la profundidad de la ranura y al ancho del desviador es correcto, el sistema puede tolerar grandes variaciones en el espesor de la junta, incluso las inducidas por los movimientos térmicos y húmedos.

#### 4.3.2.4.1.3.- LAS JUNTAS RELLENAS MEDIANTE COMPUESTOS SELLADORES DE SUPERFICIE.

Es posible resumir las principales ventajas mediante la palabra "sencillez". Los factores siguientes se consideran variaciones del mismo tema.

Los bordes de los paneles requieren un perfil muy sencillo, pero ninguna ranura o forma especial.

Una correcta selección y aplicación de las técnicas, los compuestos selladores, pueden soportar variaciones de 5 a 40 mms. en el espesor de las juntas, sin que surjan problemas indebidos.

La configuración geométrica de los paneles (ángulos agudos, curvas y otras formas), no representan problema alguno en la aplicación de un compuesto sellador. Tampoco se presentan dificultades en la intersección de las juntas horizontales y verticales.

#### 4.3.2.4.2.- DESVENTAJAS O LIMITACIONES.

##### 4.3.2.4.2.1.- LAS EMPAQUETADURAS.

Las superficies de los bordes de los paneles deben ser lisas y carecer de defectos.

La tolerancia de las juntas se debe controlar cuidadosamente, es dudoso que una empaquetadura verdadera pueda soportar tolerancias superiores a 5 mms., y aun estos límites podrían ser excesivos para muchos diseños tubulares sencillos.

La intersección entre las juntas verticales y horizontales pueden ocasionar problemas muy difíciles de resolver y siempre serán vulnerables a desviaciones dimensionales y por mano de obra.

El movimiento de las juntas puede ser tal que, en una junta extraordinariamente ancha, la empaquetadura podría quedar fuera de la compresión y por tanto, ya no sellaría la junta de manera adecuada.

#### 4.3.2.4.2.2.- LAS JUNTAS DRENADAS.

El perfil del borde del panel, que comprende ranuras relativamente profundas, aumenta el costo de fabricación y lo hace vulnerable a daños durante el manejo.

La instalación de los componentes de este sistema debe efectuarse durante la erección del revestimiento, y habrá pocas oportunidades de realizar modificaciones o arreglos posteriores para corregir omisiones o una mano de obra deficiente.

Puede ser muy difícil inspeccionar la instalación terminada, de manera que es necesario un acabado cuidadoso, o bien una supervisión intensiva, en todas las instalaciones.

La geometría del concepto puede limitar al arquitecto con respecto a la forma estética del revestimiento.

Aunque no es importante desde el punto de vista funcional, la vibración del desviador puede producir sonidos tamborileantes que serán molestos para los ocupantes del edificio.

#### 4.3.2.4.2.3.- LAS JUNTAS RELLENAS MEDIANTE COMPUESTOS SELLADORES DE SUPERFICIE.

Es esencial tener acceso a la fachada del edificio por medio de plataformas o andamios.

Para asegurar una buena adherencia, la superficie del concreto debe estar lisa, libre de nata, limpia y seca.

Aun una pequeña falla en la adherencia del compuesto permitirá que el agua penetre, debido a capilaridad o a diferencias de presión.

El compuesto sellador está totalmente expuesto a los principales agentes de envejecimiento y deterioro: la luz ultravioleta y la intemperie. Por lo tanto para obtener buenos resultados a largo plazo, se deben usar compuestos de buena calidad, sin escatimar el costo.

## 4.3.3.- CONEXIONES.

El Sistema prefabricado debe ofrecer uniones monolíticas entre los elementos que componen las estructuras, idénticas o mejores que las que ofrecen los sistemas tradicionales. Para ello es importante el diseño del adecuado elemento prefabricado, así como el diseño de las conexiones entre dichos elementos, y deben estar ensamblados de tal manera que cumplan con las leyes de la estática.

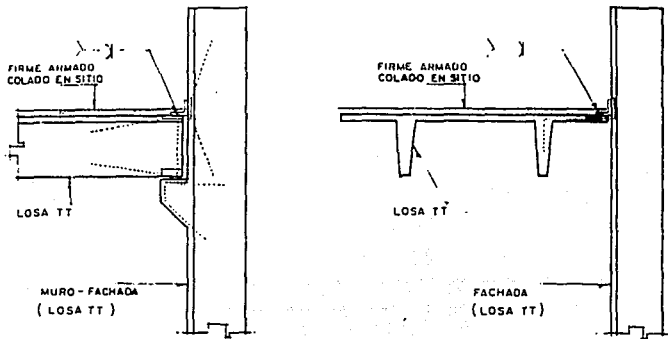


Fig. 64 Estructuración Mediante Elementos Prefabricados.

Para garantizar la integridad estructural de una edificación prefabricada, (Fig. 64, R.B. 44), es necesario diseñar las conexiones entre los elementos. Para ello es necesario conocer las sollicitaciones a la que estarán sometidas dichas conexiones, entre los que encontramos: esfuerzos internos de cortante, tensiones, compresiones, las cargas accidentales y sísmicas externas a la estructura, que en ellas soportarán debido a cargas verticales y horizontales, también deben tener la capacidad de transmitir dichos esfuerzos a los elementos adyacentes.

Las conexiones deben permitir la colocación de refuerzos adicionales, la posibilidad de traspasar el refuerzo saliente de los elementos que en ellas confluyen, así como deben permitir un buen control de calidad de las mismas.

En general se puede decir, que las conexiones verticales, (Fig. 65, R.B. 51), tienen la responsabilidad de resistir las fuerzas tangenciales que se producen por la acción de fuerzas sísmicas, mientras que las conexiones horizontales tienen la exigencia básica de transmitir los esfuerzos de compresión debidos a la transmisión de las cargas verticales, así como la responsabilidad de dar continuidad por flexión a los elementos horizontales (losas), que confluyen a ellas.

El beneficio que se puede lograr entendiendo los elementos que determinan un buen funcionamiento de las conexiones, permitirá una reducción de costos y desarrollará formas en las cuales las conexiones trabajarán, satisfaciendo los requisitos estructurales.

La Agrupación Mexicana del Prestuerzo, es una instancia, afiliada al IMCYC, cuyo fin es estimular, desarrollar y promover, publicaciones, conferencias y promoción de eventos que contribuyan a difundir y perfeccionar la técnica y el uso de concreto prestresado en México, la cual agrupa a distintas Empresas.

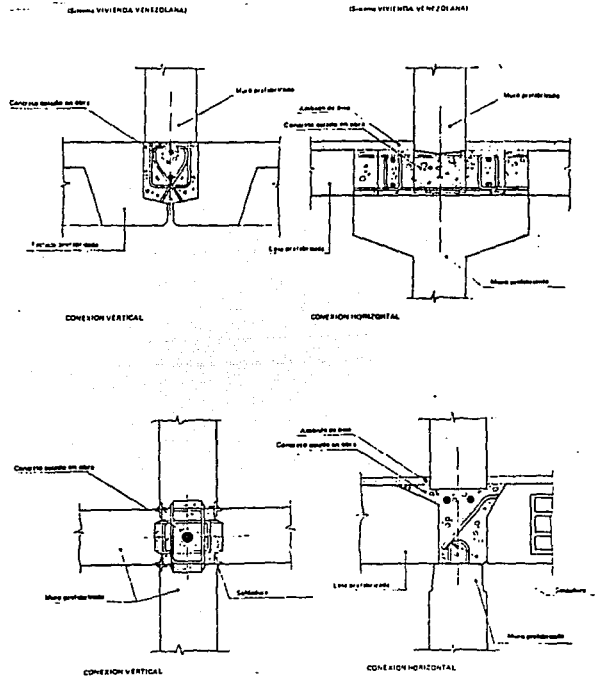


Fig. 65 Conexiones en Prefabricados.

Esta agrupación, difundió un documento llamado "Detalles de Conexiones para Edificios de concreto de elementos Prestresados Frecoiados", editado por The Prestressed Concrete Institute, mediante El Comité de Detalles de Conexiones, en el cuál se analizan:

a). Los Detalles de las Conexiones de la base de columna, asignándole la nomenclatura de (Serie CB).

b). Los Detalles de las Conexiones de viga a columna, asignándole la nomenclatura de (Serie BC).

c). Los Detalles de las Conexiones de viga a viga principal, asignándole la nomenclatura de (Serie BG).

d). Los Detalles de las Conexiones de muros de carga, asignándole la nomenclatura de (Serie BW).

Cada uno de ellos presenta, las diferentes variedades y operativización de estos detalles, entre los cuales se encuentran: Conexiones Soldadas; Conexiones Coladas "in situ"; Conexiones con Barras de anclaje; Conexiones con Pernos y Conexiones Postensadas. (Se hace esta referencia para el lector que pretenda tener mayor información documental, en cuanto a tolerancias, se recomienda consultar el documento (indicado en la bibliografía), para no entrar en detalles para el desarrollo del presente trabajo).

#### 4.3.3.1.- TIPOS DE CONEXIONES.

En términos generales, se puede considerar la existencia de dos tipos de sistemas de conexiones "duras y suaves" para resistir las diversas fuerzas que se aplican a ellas.

Una conexión dura puede definirse, como aquella que tiene placas de acero o perfiles estructurales (Fig. 66, R.B. 44) en los mismos miembros que van a conectarse, con la conexión hecha a base de soldadura. Una conexión dura puede hacerse también con concreto vaciado en el lugar.

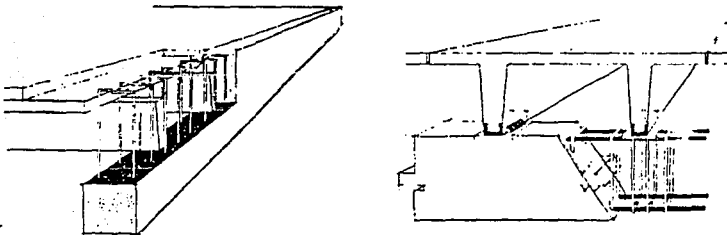


Fig. 66. Conexiones Duras.



Una conexión suave (Fig. 67, R.B. 51) puede definirse, como la que tiene dos miembros que sencillamente descansan uno sobre la parte superior del otro con un material amortiguador elástico o de otro tipo, entre ellos.

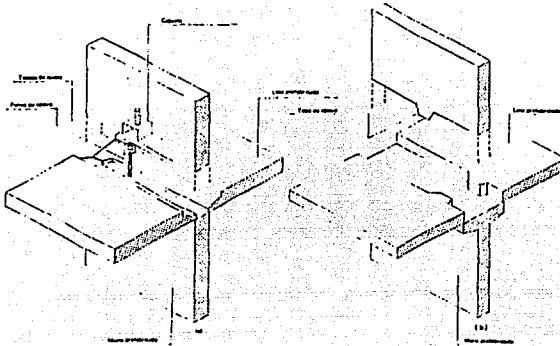


Fig. 67 Conexiones Suaves.

La diferencia fundamental entre ambas deberá ser que se permitan ó no rotaciones limitadas o movimientos dentro de las conexiones.

Una conexión que permite movimientos y rotaciones menores sin provocar distensiones en la conexión, tiene diversas ventajas, especialmente si pueden incorporarse los detalles apropiados que proporcionen una superficie lateral satisfactoria contra el efecto de sismos o cargas por viento.

**5.- VENTAJAS Y ALCANCES GENERALES DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS.**

**5.1.- VENTAJAS DEL CONCRETO PRESFORZADO O PRECOMPRIMIDO.**

El concreto precomprimido o presforzado presenta con relacion al concreto comun grandes ventajas como :

a). El acero de alto limite elastico (empleado en el presruerzo), es aproximadamente 3 veces mas caro que el acero comun de refuerzo, las cantidades que se utilizan son mucno menores.

b). El volumen de concreto es menor de la mitad del requerido para una pieza de concreto comun, equivalente a los requerimientos técnicos iguales.

c). La relacion ancho-claro en concreto comun es de 1/24 como maximo permisible por especificaciones, mientras que en concreto precomprimido es posible usar hasta 1/40.

d). Se abaten costo y tiempo de ejecucion de construcciones de concreto armado.

e). Cualquier estructura se puede segmentar en doveias cuya fabricacion repetitiva es mas industrial, mas sencilla y de calidad superior.

f). En edificios, los claros de 12 a 18 metros estan al alcance tecnico de los constructores.

En silos y tanques el presruerzo permite incrementar al doble la capacidad, sin aumentar los costos unitarios.

En puentes se pueden librar claros hasta de 200 mts.

El presruerzo permite incrementar la dimension y capacidad de las estructuras.

g). Para un mismo claro el concreto presforzado acepta una reduccion a la mitad del peralte del elemento estructural. Para un peralte fijo, tolera frecuentemente doblar el claro.

En edificios elevados esta caracteristica se convierte en un ahorro de varios metros de fachada, instalaciones, y demas elementos propios de la edificacion.

h). La reduccion de Peso, es sensible, en comparacion con concreto armado, esta ventaja es decisiva en estructuras sobre terrenos de mala calidad, en muelles transportados por flotacion, en cubiertas y cascarones.

i). Una mayor seguridad a la ruptura es importante en puentes y obras de almacenamiento, ya que generalmente, aun antes de que se produzca la primera grieta, es necesario producir la descomposición del concreto y agotar toda su resistencia a la tensión, lo anterior se consigue con el presfuerzo.

j). Construcción mas sencilla. Una vez realizado el presfuerzo, las estructuras prerabricadas tienen un comportamiento identico al de las coladas en sitio, sin embargo, la construcción de una obra prerabricada es incomparablemente mas facil que la de concreto armado colado en sitio.

k). En pistas, tuberias, edificios de gran longitud, puentes, la realizacion de elementos continuos, monoliticos, de mas de 500 metros, es posible debido a la utilizacion del postensado evitar o minimizar las juntas.

l). El presfuerzo permite mayor resistencia al intemperismo, ya que conserva al concreto sin agrietamientos y algunas veces con compresiones residuales.

m). La resistencia al ruego, el concreto presfuerzoado es identico el comportamiento del concreto armado y superior a la de las estructuras metalicas.

n). Resistencia a las Fuerzas Dinamicas. El concreto presfuerzoado regresa a su estado inicial al retirarse las cargas, por esta razon es indicado en estructuras que deben soportar vibraciones como: puentes, cimentaciones de maquinas, durmientes, torres.

ñ). Hermeticidad a los liquidos, Por su Homogeneidad y condiciones de no agrietamiento, ofrece ventajas respecto a otro materiales que se emplean y la precision de su dimensionamiento.

o). Las estructuras de concreto presfuerzoado tienen muy escaso mantenimiento por la calidad de materiales que se emplean y la precision de sus acabados.

p). Auto-Prueba de materiales. Al aplicar el presfuerzo se prueba en la misma operacion la calidad del cable y la del concreto. Si estos materiales no cumplen las especificaciones, la falla se produce en el momento y jamas posteriormente, ya que al presfuerzoarse se tienen las condiciones criticas.

q). Autorreparación de la estructura. Si una estructura presfuerzoada quedase excepcionalmente bajo cargas superiores a las del diseño se agrietaria, pero al reducirse las cargas se cerraran las grietas.

r). Los ahorros indirectos que se obtienen en cimentación, volúmenes de terracerías, impermeabilizaciones, juntas de dilatación, fachadas, instalaciones. son importantes debido a la introducción del prestuerzo.

s). Existen ventajas de orden económico y de calidad en fabricación a gran escala, por permitir el control de materiales, de mano de obra y de las operaciones, mediante un ciclo de producción perfectamente definido e independiente de las condiciones atmosféricas.

Los prestorzados, son ideales para la ejecución de pilotes, trabes, losas para edificios, durmientes para ferrocarril, postes para línea eléctrica, traveses de puentes hasta de 50 mts. de claro, losas de puentes, sirones para conducción de agua, tanques de almacenamiento, pilotes para obras marítimas, cierto tipo de presas, tuerías de presión.

#### 5.1.1.- VENTAJAS DEL PRETENSADO

a). El uso del método pretensado es más favorable cuando se va a fabricar un elevado número de elementos uniformes, ya que se pueden tensar sistemas altamente industrializados, que pueden significar una economía muy grande; además el método se adapta mejor a elementos de sección transversal pequeña, donde los cables y ductos de postensado no se pueden acomodar.

b). Entre las ventajas del método se puede incluir las atribuidas a la industrialización, donde existe un mayor control de calidad tanto de los agregados, como del proceso, además de que no se requiere anclajes especiales.

#### 5.1.2.- VENTAJAS DEL POSTENSADO.

a). El método del postensado se presta para aplicarse a elementos más grandes y complicados, generalmente utilizado en obra y no así en fabricas.

b). El postensado es más flexible en cuanto a colocación de tendones, existe un uso más eficiente de las fuerzas de prestuerzo, y por lo tanto de los elementos. Por ejemplo el hecho de dar la curvatura hacia arriba en los apoyos, aumenta la resistencia al cortante y es más eficiente en cuanto a la flexión.

#### 5.2.- VENTAJAS DEL SISTEMA ESQUELETAL O LINEAL.

a). Tiene un solo sistema de unión entre elementos. Usa concreto reforzado como principal material.

b). Es más liviano que una estructura tradicional.

c). Tiene relativa flexibilidad horizontal.

d). Pueden lograrse diferentes alternativas de cerramiento.

- e). El equipo utilizado es de bajo costo.
- f). Los desperdicios son mínimos.
- g). No existen cambios de maquinaria por mano de obra.
- h). Las máquinas que se emplean son livianas, manuales y de bajo costo.
- i). Se racionaliza en gran medida el uso de mano de obra, en la erección de la estructura.

#### 5.3.- VENTAJAS DE LOS PANELES ESTRUCTURALES.

- a). Se producen los paneles con el mínimo de especialistas.
- b). Permite mejor planeación, control y dirección de obra.
- c). Se disminuye el costo por m<sup>2</sup> de construcción, aumentando el rendimiento (tres veces más rápido, que los métodos tradicionales).
- d). Los módulos, sobre todo los horizontales, pueden ser reemplazados fácilmente durante el proceso de construcción.
- e). Se emplea únicamente, concreto armado en este sistema.
- f). Se pueden construir más de 5 pisos reforzando la estructura.
- g). Se acortan los tiempos de construcción.
- h). Se reducen considerablemente, las actividades operacionales en obra, con el consecuente ahorro de tiempo, mano de obra y materiales.

#### 5.4.- VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE MOLDES.

- a). Es un sistema eficiente y rápido.
- b). Se incorporan las instalaciones integrales al sistema.
- c). El acabado y textura de los muros y losas es aparente por las características de los moldes.
- d). El desperdicio de materiales es mínimo.
- e). El personal adquiere rápidamente destreza, en el manejo del sistema.
- f). Puede implementarse en edificios altos.

g). Los tiempos unitarios de trabajo más bajos, se obtienen en la aplicación de cimbras para muros, que ofrecen el máximo de dispositivos de seguridad, para permitir buenas condiciones de trabajo.

5.5.- VENTAJAS DEL SISTEMA DE IZAJE CORTINA.

- a). Mínimo porcentaje de pérdidas por manejo.
- b). Ningún desperdicio.
- c). El sistema permite que se produzca "in situ", a nivel de terreno.
- d). Se logran óptimos controles de calidad.
- e). Pueden usarse diversos tipos de muros y de placas.
- f). Se construye en un 50 % con menor tiempo, en comparación al sistema tradicional.

6.- DESVENTAJAS O LIMITACIONES DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS.

6.1.- DESVENTAJAS EN EL CONCRETO PREFORZADO O PRECOMPRIMIDO.

a). El problema más común en el concreto prestresado, se presenta en la etapa de producción, mediante la pérdida de compresión inicial en el concreto a causa de las contracciones por fraguado y la fluencia de los materiales bajo la acción de la carga, con el paso del tiempo. Para contrarrestar esta pérdida, en relación al concreto, debe colocarse lo más seco posible, procurando colocar únicamente el agua para la correcta reacción química, curarse cuidadosamente y prestresarse cuando haya endurecido convenientemente y sufrido su total contracción por fraguado.

b). El flujo plástico es la deformación diferida, que se presenta en los elementos de concreto prestresado bajo la acción de la carga permanente y que modifica la ruerza prestresada.

c). La pérdida de tensión en los tendones después que el concreto ha adquirido la resistencia de proyecto, es originada por: Deslizamiento del anclaje, Acortamiento elástico del concreto, Flujo plástico del concreto, Retracción de fraguado en el concreto, relajamiento del acero, o pérdidas por fricción debido a la curvatura, intencional o no intencional, de los tendones.

d). El Presfuerzo efectivo, es el esfuerzo que persiste en los tendones después de que han ocurrido todas las pérdidas.

e). El relajamiento del acero, es el decremento del esfuerzo en el acero de presfuerzo que depende del tiempo y no de una disminución de la fuerza de tensión. En el acero de presfuerzo es el porcentaje de pérdida de tensión a temperatura constante y longitud constante.

f). Un problema de especial dificultad en el estudio del comportamiento de elementos estructurales presfuerzados, es la predicción de las variaciones que experimenta el presfuerzo inicialmente aplicado, al transcurrir el tiempo, como resultado de las características plásticas del concreto y del acero.

#### 6.1.1.- DESVENTAJAS DEL PRETENSADO.

Entre las principales desventajas del método que hacen más limitado su uso tenemos:

a). Se requiere una inversión muy costosa en las instalaciones.

b). Se necesita hacer un número considerable de piezas, y el tamaño de las mismas queda muy limitado tanto por el transporte como por el manejo en planta.

c). En la obra se incrementan los costos por transporte y montaje, y las conexiones se complican mucho más.

#### 6.1.2.- DESVENTAJAS DEL PÓSTENSADO.

a). Se generan costos adicionales por concepto de anclaje.

b). Se requieren ductos e inyección de los mismos.

#### 6.2.- DESVENTAJAS Y LIMITACIONES DEL SISTEMA ESQUELETAL O LINEAL.

a). El aislamiento acústico y térmico es muy precario.

b). Los cerramientos sin acabados adecuados, no son impermeables.

c). Los cerramientos son relativamente inseguros.

d). Las instalaciones sanitarias quedan a la vista bajo las placas.

e). Los elementos sufren deterioro durante el montaje.

f). Se deben hacer resanes en algunas instalaciones.

g). Las instalaciones Hidráulicas y Eléctricas deben ser aparentes.

h). Sólo se puede implementar hasta cinco niveles.

6.3.- DESVENTAJAS O LIMITACIONES DE PANELES ESTRUCTURALES.

a). Las dimensiones o luces máximas deben ser de 3.00 mts.

b). La distancia de la planta de producción a la obra como máximo debe estar a 15 Kms. de distancia aproximadamente.

c). El sistema una vez ensamblado no tiene flexibilidad, puede permitir ampliaciones pero no modificaciones interiores.

d). El costo de infraestructura de producción y de equipo es muy alto.

e). No se eliminan totalmente los vaciados en obra, ni los resanes.

f). Pesa más que las estructuras convencionales.

g). No se puede perforar, y una vez colocado el sistema no se pueden correr muros.

h). Requiere modulación rigurosa con margen mínimo de error.

i). El sistema es básicamente estructural.

6.4.- DESVENTAJAS O LIMITACIONES DE LOS SISTEMAS DE MOLDES.

a). Desencofrado muy cuidadoso y demorado.

b). Necesidad de tiempo para capacitar al personal, para especializarlo para armar los moldes.

c). Muchos accesorios de fijación del molde.

d). No pueden hacerse escaleras con el sistema.

e). Las dimensiones de los espacios arquitectónicos son fijas.

f). Las instalaciones sanitarias no pueden ir ahogadas en el sistema, deben ser aparentes.

g). Deficiente aislamiento acústico.

h). Las aperturas laterales de los locales deben ser preferentemente pequeñas.

i). Pesa más que un sistema tradicional de estructura abarcada.



6.5.- DESVENTAJAS O LIMITACIONES DEL SISTEMA DE IZAJE CORTINA.

- a). La máxima altura que permite es de 10 pisos.
- b). No acepta ampliaciones ni modificaciones
- c). Algunos elementos como el desmoldante y las arandelas de apoyo al izar, no se consiguen en el país.
- d). La mano de obra debe ser muy capacitada.
- e). Las instalaciones del nivel de terreno, como drenaje, y acometidas, deben nacerse antes del colado de las placas.

## 7.- CONCLUSIONES DE LOS METODOS INDUSTRIALIZADOS.

Los Procesos Industrializados, aplicados a la producción constructiva, son elementos que permiten estimar, pronosticar, reducir y controlar los costos de capital, mediante un aprovechamiento óptimo de recursos, que está determinado, desde la etapa de proyecto, considerando que ésta es la etapa en la cual se puede lograr las mayores reducciones de costos. En la etapa de construcción, equipamiento y mantenimiento, permite distribuir y dosificar la inversión de capital, en diferentes niveles:

1.- En el campo Técnico-Administrativo, permite la aplicación específica de procedimientos y métodos industriales a la construcción civil, conjuntamente con técnicas de control de costos, entendiéndose como tal la destreza para desarrollar un conjunto de operaciones, para manipular los recursos financieros, materiales, de equipo, y de personal, bajo parámetros cronológicos, para obtener un proceso constructivo bajo un análisis costo-beneficio, para asegurar que el proyecto se ejecuta en tiempo y forma, para obtener los rendimientos financieros más altos y lograr el valor de obra terminada más elevado, para que produzca la razón más alta de beneficio con respecto al costo.

2.- En el nivel Técnico-Constructivo, permite la aplicación del método industrial productivo, el cual contempla procesos organizados y/o mecanizados, que se pueden aplicar a cualquier proceso edificatorio, los cuales se concretarán espacialmente mediante: estudio de tiempos, mayor productividad, optimización de materiales, especialización de actividades, reducción de tiempos perdidos y seriación lógica de procesos productivos.

3.- En el nivel Técnico-Supervisión, permite que la producción constructiva, se desenvuelva con continuidad y regularidad, en grandes series que se destinen a mejorar la productividad, las dimensiones deben ser fijadas de antemano, los problemas y limitaciones de los sistemas y procesos constructivos, pueden ser detectados y resueltos mediante la aplicación de la teoría de los errores y del control estadístico de calidad.

4.- Desde un punto de vista Técnico-Estético, permite que el diseñador aplique principios compositivos de diseño, propiciando un equilibrio plástico en la composición, una organización coherente de las formas, figuras, volúmenes y espacios.

5.- En la Planeación de la Gerencia-Directiva, permite la identificación de metas y objetivos, una adecuada formulación de políticas, una guía general de toma de decisiones; mediante el empleo de: la teoría de probabilidades, la teoría de colas, y la programación lineal.

6.- En la Organización de la Gerencia-Directiva, permite acciones lógicas en la Determinación de actividades, Agrupación de actividades y responsabilidades administrativas.

7.- En el Control de la Gerencia-Ejecutiva, permite un perfeccionamiento de las actividades operacionales, una eliminación de la casualidad, un mejor desenvolvimiento de relaciones integradas mediante:

- 7.1.- El establecimiento de estandares.
  - 7.1.1.- Estandares de cantidad.
    - No. de Personas.
    - Volumen de Ventas.
    - Producción esperada.
  - 7.1.2.- Estandares de costo.
    - Erogación en materias Primas.
    - Erogación en Publicidad.
  - 7.1.3.- Estandares de uso del tiempo.
    - Frecuencia de Actividades.
    - Estudio de Tiempos Muertos.
    - Secuencia Lógica de Actividades.
  - 7.1.4.- Estandares de calidad.
- 7.2.- Comparación de los resultados con los estandares.
  - 7.2.1.- Método de Muestreo.
  - 7.2.2.- Método de Excepción.
- 7.3.- Toma de acciones correctivas.
  - 7.3.1.- Método por Control de Presupuestos.
  - 7.3.2.- Método por Controles Estadísticos.
  - 7.3.3.- Método del Punto de Equilibrio (no ganancia, no pérdida).
  - 7.3.4.- Método de reportes especiales de control.
  - 7.3.5.- Método de Auditoría Interna.

Sin embargo, el empleo de estos métodos, no aporta ideas, ni inspiran, ni crean, ni produce capacidades administrativas y técnicas, sino que permite una gran flexibilidad y adaptabilidad, en el manejo de los recursos, haciendo más profesional la práctica constructiva, rompiendo con el prejuicio de: "Los Procesos Constructivos Industrializados, limitan la creatividad del Constructor y del Diseñador, encajonándolo en medidas y procedimientos predeterminadas de las cuales, no puede modificar", conceptos erróneos, que limitan la superación de diseño, producción y desarrollo profesional, y que es muy útil en la aplicación de los sistemas racionales de construcción.

Los Sistemas Constructivos Industrializados. permiten un desarrollo productivo sinérgico, alcanzando mayores niveles de productividad, mediante círculos de calidad, permitiendo: Calidad en costo y en producto.

Esta productividad bajo acciones , permite mayor seguridad, mejora los niveles de producción, sin que los costos afecten la calidad.

**METODOS DE CONSTRUCCION MEDIANTE,  
SISTEMA DE MOLDES.**

**CAPITULO 3.**

**T E S I S :**

---

**Desarrollo y Aplicacion Tecnologica,  
de los Procesos Constructivos Industrializados.**



**Maestría en Tecnología.**

**CAPITULO III.**

**METODO DE CONSTRUCCION,  
MEDIANTE SISTEMA  
DE MOLDES.**

La tecnología del colado en obra con cimbras metálicas, consiste en producir los muros de carga y las losas, ya sea simultáneamente o por separado. En el caso del sistema de túnel o "ELE" invertida, el colado de los elementos verticales y horizontales, se hace simultáneamente y con la misma cimbra. En el caso de cimbras para muros de concreto reforzado colados verticalmente "in situ". (considerándose una variante del primer proceso), es necesario combinar éstas con cimbras metálicas de otro tipo, para el colado de los muros.

La calidad de la obra, mediante la implementación de moldes, será directamente proporcional a las técnicas de cimbrado que se implementen, para lo cual se hace un análisis de dos sistemas de este género, sistemas de gran empleo en Francia, con gran uso y reconocimiento de cada uno de ellos internacionalmente.

- 1).- El primer sistema, es mediante cimbras para estructuras monolíticas, de concreto, es el sistema conocido como OUTINORD, (en forma de "ELE" invertida).
- 2).- El segundo sistema consiste, en cimbras para muros de concreto reforzado colados verticalmente "in situ", considerándose una variante del primer proceso.

**1.- CIMBRAS PARA ESTRUCTURAS MONOLITICAS, DE CONCRETO  
REFORZADO, EN FORMA DE "ELE" INVERTIDA.**

El sistema de vaciado de concreto "in situ", sobre moldes metálicos, conocido como OUTINORD, es el resultado de la evolución de los encofrados hasta lograr una estructura monolítica, mediante el vaciado total de losas y muros, con este sistema se persigue la velocidad en la producción, de ejecución, economizando y optimizando recursos, el proyecto arquitectónico debe estar modulado, en las tres dimensiones, es un sistema estructural de obra negra-monolítica.

Los elementos básicos del sistema son: moldes metálicos de 10 a 12 mts., con claros de 2.35, 2.50, 2.70 y 3.25 mts. en forma de "ele" invertida, el concreto que se implementa es de 200 Kg/cm<sup>2</sup>, con acero A. R. de 1/4", 3/8" y 1/2".

Se requiere de una grúa, la cual transportará los moldes y en segunda instancia, el concreto. No requiere de mano de obra muy especializada, aproximadamente 20 personas por cada molde, entre los que encontraremos: peones, oficiales, operador de tolva, fierreiros.

El proceso constructivo, se desarrolla:

1o. Se produce una cimentación, por medio de zapatas corridas en un sentido, de la cual salen unas preparaciones, del refuerzo para recibir el acero de los muros del túnel.

2o. Armado, pimeado, nivelado y atornillado de moldes, al igual que la colocación de material desmoldante.

3o. Habilitado y colocación del acero de refuerzo de los muros, con un armado según cálculos estructurales, colocación de las instalaciones (eléctricas, sanitarias, hidráulicas y especiales), las cuales deben quedar fuertemente aseguradas para evitar su desplazamiento durante el colado.

4o. Colado del muro, cuidando un buen vibrado.

5o. Habilitado y colocación del acero de losa, con sus instalaciones.

6o. Colado del losa, con su vibrado adecuado.

## 2.- CIMBRAS PARA MUROS DE CONCRETO REFORZADO COLADOS VERTICALMENTE "IN SITU".

Este tipo de cimbra, está integrada de los siguientes elementos: (Fig. 68, R.B. 49).

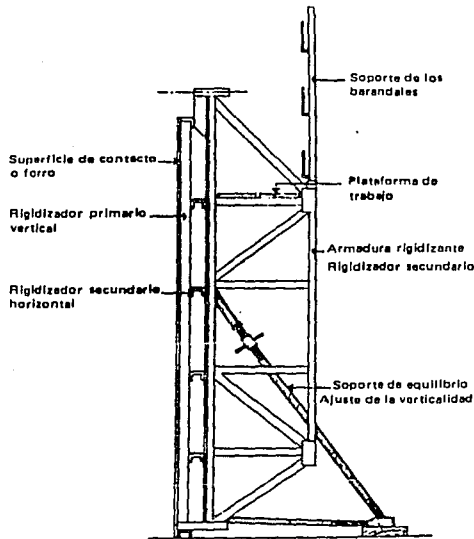


Fig. 68 Partes Constitutivas de una Cimbra para Muro.

E L E M E N T O S  D E M U R C O S  M B R A S	}	1. SUPERFICIE DE CONTACTO DE LA CIMBRA.	{	1. a.- TABLA DE MADERA. 1. b.- TRIPLAY. 1. c.- METALICA. 1. d.- MATERIALES
		2. ELEMENTOS RIGIDIZANTES.	{	2. a.- RIGIDIZANTES PRIMARIOS 2. b.- RIGIDIZANTES SECUNDARIOS.
		3. DISPOSITIVOS DE APUNTALAMIENTO Y AJUSTE.	{	3. a.- SISTEMA DE PUNTALES AJUSTABLES. 3. b.- SISTEMA DE GATOS CON TORNILLO.
		4. ELEMENTOS DE SEGURIDAD.	{	4.a.- PLATAFORMAS DE TRABAJO. 4.o.- PLATAFORMAS VOLADAS. 4.c.- PLATAFORMAS EXTERIORES. 4.d.- ANILLOS DE IZADO.
		5. ACCESORIOS.	{	5.a.- GATOS. 5.b.- SISTEMAS DE SEPARACION. 5.c.- JUEGOS DE TERMINALES. 5.d.- AUMENTOS.
		6. ELEMENTOS ANGULARES.		

\* COMPONENTES DE LAS CIMBRAS PARA MUROS DE CONCRETO (REFORZADO), COLADOS VERTICALMENTE "IN SITU". \*

### 2.1.- LA SUPERFICIE DE CONTACTO DE LA CIMBRA.

Es la parte de la cimbra que da al concreto su aspecto superficial, este material puede ser de tablas de madera, triplay, metal o material sintético.

Tablas de Madera.- permite un número de reutilizaciones limitada, aproximadamente de 20 a 30 según su cuidado y adecuación, y su colocación resulta muy tardada. Algunos fabricantes para aumentar el número de usos, producen pequeños tableros protegidos en los cantos por medio de perfiles metálicos.

Triplay.- Ofrece la ventaja, sobre la tabla, por medio de la presentación por medio de grandes hojas, permite más fácil colocación y tiene mayores reutilizaciones, sobre todo si la superficie está protegida por medio de una resina plástica, lo cual permite de 50 a 100 usos dependiendo del cuidado. Permite una apariencia en el muro terminado una superficie más lisa, y el número de bordes, en la apariencia del concreto, disminuye según las dimensiones de las hojas utilizadas.



En el caso de las cimbras de tabla o de triplay, su eliminación o su envío a el taller de reparación, esta condicionado por el desgaste de su superficie.

Metal.- Es el más adecuado en la utilización de muros monolíticos, permite una gran calidad en la terminación, que en ocasiones permite la aplicación directa de la pintura sobre el concreto, el número de reutilizaciones no es cuantificable por el gran uso, En este caso la deformación de las piezas, debido a la manipulación o al uso, es lo que condicionan su eliminación o su envío a el taller de reparación.

Materiales Sintéticos.- son empleados para las "matrices de cimbrado", las cuales pueden estar elaboradas de poliéster, poliestireno o resinas diversas.

El forro de la cimbra puede tambien estar constituido por dos placas de madera o de metal con un aislante térmico entre ellas, generalmente de espuma de poliuretano.

La elección del forro depende del número de reutilizaciones y del tipo de superficie deseada, lo cual lo proporciona el material usado en la cimbra, así como el espesor del forro, que debe resistir sin deformaciones excesivas, la presión que ejerce el concreto.

El espesor del material utilizado en el forro varia según su naturaleza y el espaciamiento de las rigidizadores.

## 2.2.- LOS ELEMENTOS RIGIDIZADORES.

Como su nombre lo indica estos elementos tienen como fin rigidizar la superficie de contacto, impedir su deformación y transmitir a los elementos de apoyo los esfuerzos producidos por el concreto.

Se puede dividir en rigidizantes primarios y rigidizantes secundarios.

### 2.2.1.- RIGIDIZANTES PRIMARIOS.

Son los más numerosos y se encuentran en contacto directo con la cara posterior de la superficie de contacto, sobre la cual están clavados o atornillados (en la tabla de madera o en el triplay) y soldados (en el metal).

Segun el tipo de cimbra para muro, los tensores primarios pueden estar constituidos por una malla sobre la cual se fija la superficie de contacto, o bien por laminas plegadas en forma de omega o por perfiles comunes.

Su espaciamiento varia de 25 a 35 cms. según el espesor de la superficie de contacto y la altura del muro que se va a colar.

2.2.2.- RIGIDIZANTES SECUNDARIOS.

Son numerosos, pero de sección más fuerte y están fijados perpendicularmente a los rigidizadores primarios por medio de soldadura o pernos. Los rigidizadores secundarios reciben los esfuerzos transmitidos por los rigidizadores primarios.

En las cimbras desmontables para muros, los rigidizadores secundarios son a menudo viguetas metálicas, que pueden ser extensibles y colocadas verticalmente, el trabajo de los rigidizadores primarios, está representado entonces por piezas de madera sobre las cuales se crava la superficie de contacto.

En las cimbras para muros monoióiticos, estos rigidizadores están a menudo constituidos por perfiles comunes ("U o I"), horizontales y por armaduras triangulares o perfiles gruesos fijados verticalmente sobre los horizontales. Las armaduras pueden servir como un dispositivo de estabilidad y como un soporte para la plataforma de trabajo.

2.3.- DISPOSITIVOS DE APUNTALAMIENTO Y AJUSTE.

El trabajo de éstos elementos, en la fase de servicio es transmitir los esfuerzos sobre la losa, manteniendo la cimbra para muro en forma vertical, y en la fase de almacenamiento, asegura su estabilidad.

Además se emplean en el ajuste de la cimbra para muro. Existen dos sistemas implementados generalmente.

a). Sistema de puntales ajustables. (Fig. 69 R.B. 49).

b). Sistema de gatos con tornillo. (Fig. 70 y 71, R.B. 49).

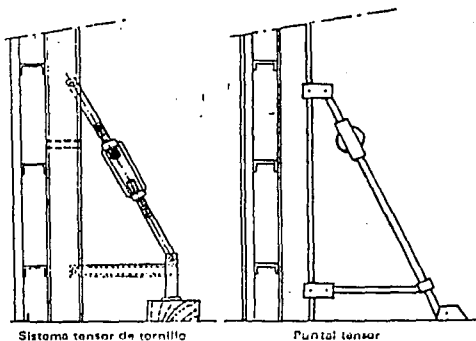


Fig. 69. Cimbra para muro de Puntales Ajustables.

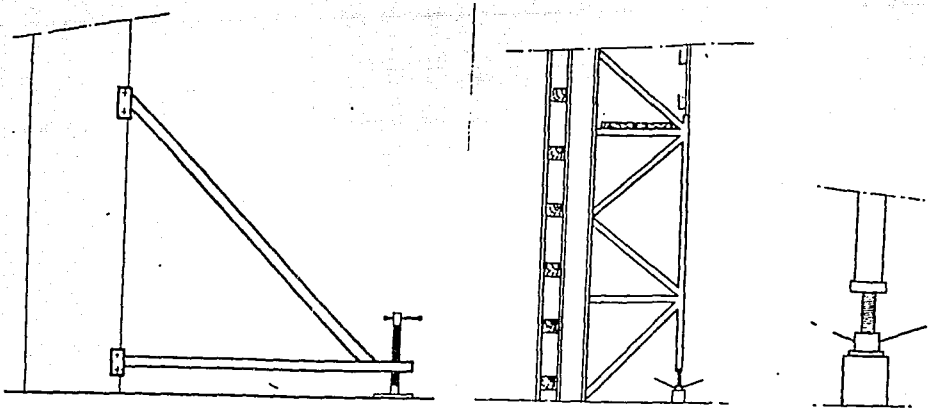


Fig. 70 y 71 Estabilizadores con Gato de Tornillo.

#### 2.4.- ELEMENTOS DE SEGURIDAD.

Estos elementos permiten la utilización de cimbras en buenas condiciones, tanto estética como técnicamente.

Entre ellos tenemos:

- a). Plataformas de trabajo.
- b). Plataformas voladas alrededor del muro piñón o de la fachada.
- c). Las Plataformas exteriores..
- d). Los sistemas de contraventeo.
- e). Los anillos de izado.

#### 2.5.- ACCESORIOS.

Los accesorios para cimbra están formados por:

- a). los gatos al pie de la cimbra para muro.
  - b). los sistemas de separación.
  - c). los marcos para vanos y huecos.
- a). Los gatos, situados al pie de la cimbra para muro, (Fig. 72, R.B. 49 ) permiten un ajuste preciso de su altura antes del colado; son generalmente de tornillo.

b) Los sistemas de separación mantienen la distancia a la cimbra predeterminada por el espesor del muro que se va a construir.

Los separadores atraviesan los conductos de plástico ó los conos de acero que evitan su adherencia con el concreto y sirven también para ajustar el espacio entre la superficie de la cimbra.

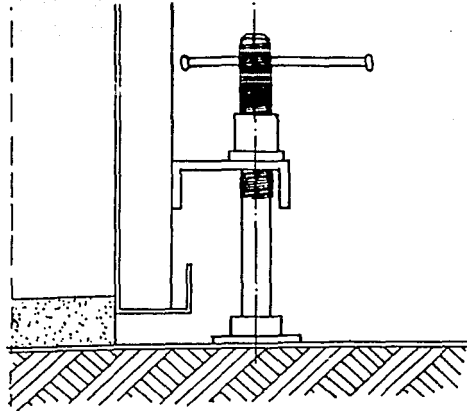


Fig. 72 Gatos al pie de la Cimbra para muros.

Estos separadores pueden estar constituidos por barras simples tensadas y después acuñadas por dispositivos de cuña ó excéntricos, ó bien lo que parece ser más práctico, por varillas de acero roscada, que reducen el tiempo de atornillado desatornillado, gracias al empleo de la tuerca apropiada.

Los sistemas de separación, por lo general se venden independientemente de las cimbras para muros. Pero las cimbras para muros monoióticos se entregan con estos sistemas, porque su posición esta prevista en la superficie de la cimbra (en el orificio que se encuentra en la placa de ésta).

Los separadores se colocan al pie y a la cabeza de la cimbra para muro; al pie de dicha cimbra, el orificio dejado a su paso dentro del concreto es disimulado generalmente por el zoclo; en la cabeza de la cimbra, los separadores se sitúan por encima del nivel que alcance el concreto ya colado. En caso de que la presión de la cimbra obligue a proveer separadores a media altura del muro será necesario cubrir enseguida el orificio que se ha dejado aparente.

Los juegos de terminales de la cimbra para muro permiten cimbrar las extremidades de los muros. Los materiales utilizados pueden ser de madera ó de metal.

Existen dos soluciones posibles:

a). cerrar las cimbras para muros en el extremo del paramento;

b). cerrar en el interior de las cimbras.

En este caso se hace el ajuste a la longitud exacta gracias a unos dispositivos colocados a la cabeza del muro, que pueden ser una simple placa del espesor del muro instalada a la altura deseada y, para las cimbras para muros monolíticos, sistemas metálicos adaptables a la cabeza de la cimbra, que permiten un ajuste preciso con un tornillo-tuerca. (Fig. 73, R.B. 49).

Los aumentos permiten modificar la altura de las cimbras para muros. Cuando el muro que se va a colar sobrepasa un poco a la dimensión de la cimbra, es posible rajar a esta última un perfil metálico o una placa suplementaria.

En las cimbras desmontables para muros, si las viguetas son extensibles, se puede hacer variar su longitud y añadir un aumento de ancho suficiente.

En este caso se obtiene una posibilidad de extensión bastante importante.

Finalmente en las cimbras para muros monolíticos, los fabricantes proponen aumentos de diferentes dimensiones que se añaden a la cimbra verticalmente, y estas están calculadas para soportar una carga correspondiente a la altura del colado. Al aumentar esta altura los esfuerzos que deben resistir a la presión de la cimbra. Se aconseja proceder a un llenado más lento del acostumbrado, con el fin de reducir la presión al pie de la cimbra.

#### 2.6.- ELEMENTOS ANGULARES.

En ocasiones es necesario colar elementos verticales que contengan ángulos entrantes y salientes o que presenten curvatura. (Fig. 74, R.B. 49).

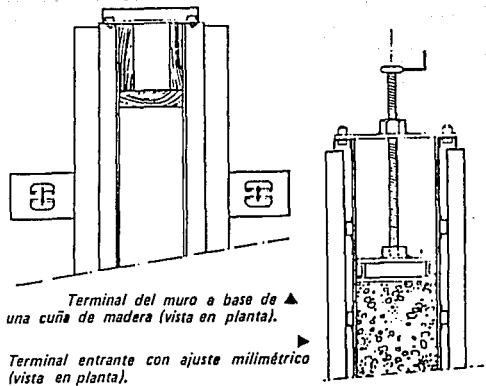


Fig. 73 Remates de los Muros en Planta.

Estos son casos especiales y los fabricantes hacen este material sobre pedido, el cual incluye ciertos sistemas que facilitan el descimbrado (superficie de contacto deslizante y superficie derormable). Sin embargo, algunos fabricantes proponen elementos de ángulos rectos estándar.

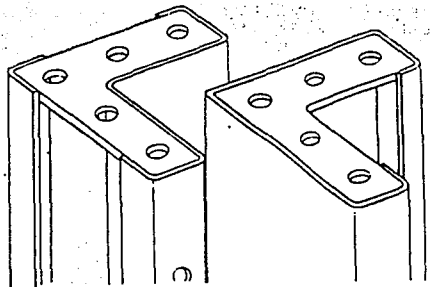


Fig. 74. Remates de Angulo Recto.

Los vanos y huecos pueden corresponder a la colocación de ventanas y puertas de rejillas de ventilación o de cajas eléctricas.

Los de puertas y de ventanas generalmente están constituidos por marcos de madera de dimensiones superiores a la del bastidor, de tal manera que faciliten su colocación. Estos marcos se rijan a un armado de varillas ó se apoyan sobre la losa.

En el caso de la incorporación directa del marco de la puerta, se puede utilizar un bastidor metálico que permite colocar el marco e impide que se deforme bajo la presión del concreto.

Las aberturas de pequeñas secciones (especialmente para el paso de tuberías), se hacen con bloques de poliestireno fijados a las varillas. La utilización más reciente de placas imantadas permite una fijación que proporciona resultados satisfactorios.

Las cajas eléctricas pueden fijarse con tornillos en todos los casos o con dados imantados, en el caso del revestimiento metálico.

Existe otro sistema que consiste en fijarlos, si el estado de la cimbra lo permite por medio de una ventosa de hule.

Las caizas y silletas aseguran que las varillas queden recubiertas por el concreto.

### 1.7.- COLOCACIÓN Y AJUSTE DE LA CIMBRA.

Los problemas de colocación y ajuste de las cimbras para muros son los mismos, no obstante cual sea el método utilizado en su realización.

Este problema está ligado a la posición que tendrán los muros que se van a colocar sobre la losa.

La suma de las dimensiones generalmente la efectúa un técnico, pero es a menudo uno de los obreros el que queda encargado. Él coloca sobre la losa un primer muro a partir del cual se posicionan las otras estructuras de concreto. Existe el riesgo de error en el plano horizontal de la colocación. Además, esta operación equívoca puede transferirse a los demás niveles de la construcción, separándolas estructuras. Para evitar esta separación conviene trazar con precisión las posiciones de los muros sobre la primera losa para después revisar las verticales para cada estructura con la ayuda de plomadas.

Si el trazo ha sido cuidadosamente realizado sobre el plano de trabajo, resulta necesario colocar enseguida las cimbras para muros, asegurándose que se reproduzca con fidelidad el plano y que la estructura tenga el espesor y la verticalidad deseados.

#### 2.7.1.- AJUSTE EN EL PLANO HORIZONTAL.

Existen varios procedimientos útiles para asegurarse de que la separación entre dos cimbras sea correcta:

El más común consiste en colar una sección del muro, ya sea continua o en partes, para lo cual se necesita:

- a). trazar
- b). cimbrar las dos caras.
- c). colar.
- d). descimbrar.
- e). colocar nuevamente las cimbras.

Es evidente que esta solución puede provocar errores adicionales. En efecto, esta sección, si es continua, puede presentar desviaciones de algunos milímetros debido a los elementos de cimbrado.

Para realizar estos cimbrados "secundarios", a menudo se utilizan largueros desechados o ángulos metálicos poco utilizados; por lo tanto, es necesario verificar la rectitud de los bordes.

Si el colado se hace en partes, los tornillos de sujeción se colocan generalmente entre ellas. Para evitar que no se deformen por el ajuste entre las partes, las cimbras para muros pueden incluir en sus bases contraflechas pequeñas.

Hay riesgo de que existan pequeñas piedras o fragmentos de concreto que se queden entre la sección colada y la cimbra. El vacío creado de esta manera permite que la lechada se deslice

hasta ese sitio, formando una protuberancia que podrá deformar la cimbra. Para evitar lo anterior resulta adecuado limpiar esta superficie con una compresora de aire.

Este método de colar una sección del muro en partes presenta ciertas ventajas técnicas:

- a). Disminución del tiempo de ajuste.
- b). Espesor bien determinado de la base de los muros.
- c). Disminución de las filtraciones de lechada al pie de la cimbra para muro.

En este caso interviene el hecho de que los costados de la sección del muro, así como la losa sean planos. Para lograrlo se podrá colocar una junta flexible bajo la cimbra, pero a menudo esta medida se torna ineficaz debido a la falta de cuidado.

Otra posibilidad consiste en colocar pernos para centrar, que se sitúan en la punta y dentro del eje del muro colado anteriormente. Se colocarán cuñas de madera o de metal que se incorporan a los pernos.

Estos dispositivos tendrán de desprendimiento que permitirán recuperarlos. En el caso de las cuñas de madera, si se dejan en el concreto, servirán para clavar los zoclos posteriormente. (Fig. 75 a y b, R.B. 49).

También se pueden fijar perfiles (angulares "U", etc.), o cuñas de madera sobre la losa por medio de una pistola de anclaje.

*Colocación de una cimbra para muro con la ayuda de pernos para centrar.*

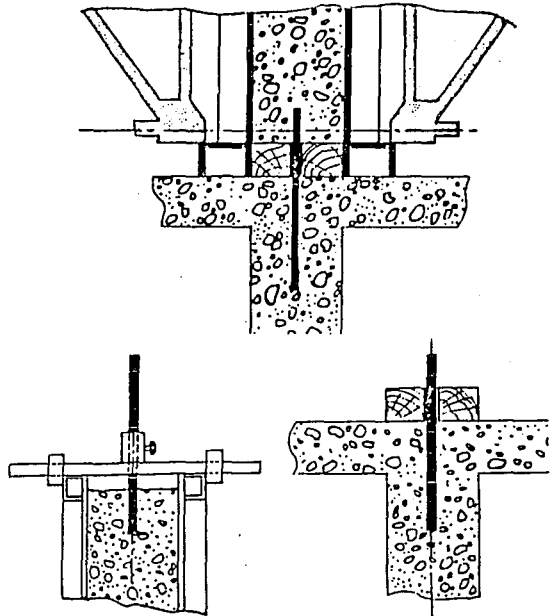


Fig. 75 Pernos para Centrar la Cimbra.



2.7.2.- AJUSTE DE LA VERTICALIDAD DE LA CIMBRA PARA MUROS.

Este ajuste se realiza accionando el sistema tornillo-tuerca del elemento de ajuste (gato al pie de la armadura, o sistema de ajuste de los puntales tensores). La verticalidad se verifica con la plomada.

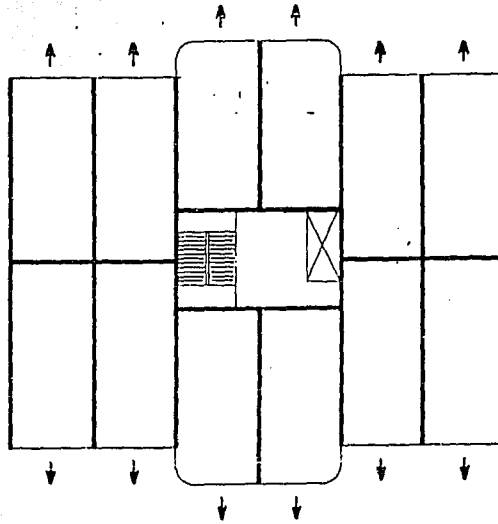
Los errores en la plomada alcanzan a menudo 5 mms. en las cimbras para muros de 2.5 m de altura, cuando la verticalidad se verifica solamente una vez, lo que puede conducir a cometer un error real en la plomada del muro. Todos estos errores acumulados alcanzan deformaciones de 1 a 2 cms.

3.- CONCLUSION DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MEDIANTE MOLDES.

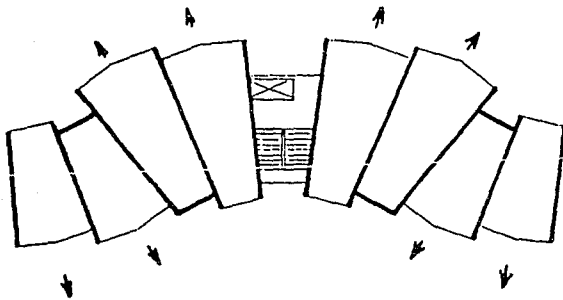
La tecnología del coiado en obra tiene como ventaja sobre la prefabricación, que no requiere de áreas suplementarias a la edificación. En el caso de los otros sistemas necesita forzosamente, de un área para la producción de elementos prefabricados, que puede estar a pie de la obra o ser una planta fija de prefabricación.

La forma horizontal en que se movilizan las cimbras, restringen la posibilidad de usar las mismas tecnologías para construir las fachadas, por lo que será necesario movilizar las cimbras, y esto obliga en ocasiones a hacer una programación de la movilización del cimbrado, cuando se trabaja con estructuras cruzadas, de forma tal que este pueda salir a veces por una fachada y a veces por la posterior. (Fig. 76, R.B. 49).

El precoiado permite mejor control en la producción en masa, pudiendo combinarlo, obteniendo la producción Mixta, permitiendo con esto mayor economía por que permite colar parte de un elemento, erigirlo y colar entonces la porción restante en el lugar, mediante la construcción mixta es posible economizar moldes, sin embargo debe estudiarse convenientemente para condiciones particulares de cada caso en términos estructurales.



(a) Salida de tuneles rectangulares



(b) Salida de tuneles en forma de cuña

Fig. 76 Programación de la implementación de las cimbras.

**CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS  
PREFABRICADOS NACIONALES.**

**CAPITULO 4.**

**TESIS:**

---

**Desarrollo y Aplicacion Tecnologica,  
de los Procesos Constructivos Industrializados.**



**Maestria en Tecnologia.**

## CAPITULO IV.

CARACTERÍSTICAS DE LOS  
SISTEMAS PREFABRICADOS  
NACIONALES.

## 1.-CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS NACIONALES.

EL desarrollo tecnologico, en los países industrializados, ha permitido tener una gran variedad en la: Sistematización; en la Productividad; Mecanización y otras características, de los Sistemas Constructivos.

Para definir el grado de tecnificación, de los "Sistemas Integrales" prefabricados nacionales, se realizó una analogía de las características industriales de cada uno de ellos. Esta comparación, no pretende definir una escala cualitativa o cuantitativa, que derina la idoneidad o nulidad de aplicación del sistema, sino que es un cuadro que nos permite esclarecer un panorama de las diferentes posibilidades, que permite un proceso industrializado, en los cuales se incorpora una estandarización tecnologica, en la aplicación de: procedimientos, técnicas, métodos, sistemas y materiales, permitiendo con ello desarrollar una capacidad de adaptabilidad que permita satisfacer con las diferentes variaciones que componen la prefabricación a los diferentes requerimientos técnicos demandados por el espacio arquitectónico.

Para la selección de los sistemas prefabricados a analizar se consideraron las siguientes características: Deben ser "Sistemas Integrales", por eso los sistemas que a continuación se enlistan, no se incorporaron al análisis: 1.-Adopress; 2.-Spancret; 3.-Aislopac; 4.-Losalit; 5.-Losacero; 6.-Vigarmex; 7.-Sofre; 8.-Bardas Pujol; 9.-Panel-Key; 10.-Plaspar; 11.-Losas T; 12.-Losas TT; 13.-Losas 2AT; 14.-Losas TY; 15.-Losas l y 16.- Losas Cajón T, debido a que algunos de ellos, son sistemas que están destinados para un elemento arquitectónico determinado, evitando con esto crear un sistema integral; y otros, como en el caso de los Presforzados, la aplicación serian muy costosa para implementarlos en espacios arquitectónicos de producción masiva; y en la medida que el requerimiento, son áreas pequeñas a cubrir, no se justifica técnicamente el empleo de este sistema, todos ellos pueden ser elementos muy rescatables en la aportación tecnológica, sin embargo no permiten este análisis, a continuación se enlistan las variables analizadas:

## a). La Estructuración.

a.1.).- Sistema Lineal (Trapes y Columnas).

a.2.).- Sistema de Paneles.

- a.3.) - Sistema de Moldes.
- a.4.) - Sistema Celular.
- b). Estandarización de Materiales.
  - b.1.) - Concreto Reforzado.
  - b.2.) - Concreto Presforzado.
  - b.3.) - Concreto Celular.
  - b.4.) - Acero.
  - b.5.) - Madera.
  - b.6.) - Poliestireno.
  - b.7.) - Poliuretano.
- c). Mecanización.
  - c.1.) - Herramienta y Equipo, (He. y Eq.).
    - c.1.1.) - He. y Eq. Menor.
    - c.1.2.) - He. y Eq. Convensional.
    - c.1.3.) - He. y Eq. Pesada.
    - c.1.4.) - He. y Eq. Especializada.
  - c.2.) - Montaje.
    - c.2.1.) - Montaje Manual.
    - c.2.2.) - Montaje con grúa de 5, 8, 15 o 18 Tns.
    - c.2.3.) - Montaje con grúa de 20, 25, 30 o 45 Tns.
    - c.2.4.) - Montaje con grúa de 75 o 90 Tns.
    - c.2.5.) - Montaje con grúa torre de 140 Tns.
  - c.3.) - Transporte.
    - c.3.1.) - Transporte en camión.
    - c.3.2.) - Transporte en plataforma.
    - c.3.3.) - Transporte en cama baja.
- d). Especialización de Mano de Óbra.
  - d.1.) - Mano de Óbra Común.
  - d.2.) - Mano de Óbra Artesanal.
  - d.3.) - Mano de Óbra Capacitada.
  - d.4.) - Mano de Óbra Especializada.
- e). Sistema de Prerabricación.
  - e.1.) - Vaciado "in situ".
  - e.2.) - Ensamblado.
  - e.3.) - Mixto.
- f). Niveles Máximos con el Sistema.
- g). Modulación.

El concentrado de las características de los sistema prefabricados, que se analizaron estan representadas en los siguientes cuadros:

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO, DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA U.N.A.M.	SISTEMA			ESTANDARIZACION DE MATERIA			COORDINACION MODULAR			MECANIZACION.			ESPECIAL/OBRA, FAB.		PRODUCTIVIDAD							
	L	P	M	C	A	M	P	P	H	E	Y	EQ	MONTAJE	TRANS	C	A	V	M	E	N	H	
MAESTRIA EN TECNOLOGIA.	I	A	O	E	C	O	N	C	A	M	P	P	H	E	C	O	N	C	A	M	P	P
SIMBOLOGIA.	N	N	L	L	E	E	D	U	R	P	C	E	D	L	L	O	H					
• = CARACTERISTICA.	A	L	E	L	E	R	E	R	E	R	E	I	I	D								
• = OPTATIVO.	L	E	S	A	F	E	L	O	R	E	U	U										
h = ALTURA.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Mh = METROS DE ALTURA.	R	F	L	T	E	S	A	S	R	L												
Ml = METROS LINEALES.	A	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
M2 = METROS CUADRADOS.	U																					
M3 = METROS CUBICOS.	U																					

MEXICO. (SISTEMAS INTEGRALES).																						
1	Tridimensional JARMEK	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 3	2 A 12
2	Sepsa.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 5	1 a 5
3	Panelcreto.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 2	
4	Siporex.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 3	
5	Span-dex.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 5	
6	Novatec.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 2	
7	H.S.J. Concisa.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 5	
8	Ge-Jota.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 5	
9	Multipanel.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	
10	Delta integral.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 5	1 uv.
11	Econopanel.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 2	
12	Dencasa.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 5	5 días
13	Thermopanel.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 2	5 días
14	Thorta.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 2	6 días
15	P.C.R.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 3	15 días
16	Panel V.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 2	

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO, DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA U.N.A.M.	SISTEMA			ESTANDARIZACION DE MATERIA			COORDINACION MODULAR			MECANIZACION.			ESPECIA H/OBRA.		PRE-FAB.		PRODUCTIVIDAD	
	L	P	M	C	CONCRETO	ACEROS	HERRAMIENTAS	HE	Y EQ	MONTAJE	TRANSPORTE	C	C	V	M	E	N	H
	IA	OE	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN
MAESTRIA EN TECNOLOGIA.																		
SIMBOLOGIA.																		
* = CARACTERISTICA.																		
O = OPTATIVO.																		
h = ALTURA.																		
Mh = METROS DE ALTURA.																		
M1 = METROS LINEALES.																		
M2 = METROS CUADRADOS.																		
M3 = METROS CUBICOS.																		

MEXICO. (SISTEMAS INTEGRALES).

17 Covintec.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 3	22 día
18 Concreacero.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 5	16.5 h
19 Cimoramex.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 3	18 hrs.
20 Fujol.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 2	1 vivi
21 Cortina.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 8	78 días
22 Heccano.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 5	18 hrs.
23 Pamatec.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 5	5 días
24 Pamacon.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 5	5 días
25 Guadiana.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 2	15 día
26 Makren.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 2	18 día
27 Papanoa.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 3	2 a 3
28 Fe. Ce. Ti.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	*	*	*	*	*	*	*	1	20 m2.
29 Carcl.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 2	24 hrs
30 Trupang.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 3	1 sewa
31 Ipsacero.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 3	1 vivi
32 Feraita Prins.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 a 2	104 m2

## 2.- CONCENTRADO DEL ANALISIS.

Del Análisis de 32 "Sistemas Integrales", se obtuvieron:

C A R A C T E R I S T I C A	CANTIDAD	PORCENTAJE
a). La Estructuración del Prefabricado.		
a.1.)- Sistema Lineal (Trabes y Columnas)	7	21.875
a.2.)- Sistema de Paneles.	19	59.375
a.3.)- Sistema de Moldeos.	5	15.625
a.4.)- Sistema Celular.	1	3.125
b). Estandarización de Materiales.		
b.1.)- Concreto Reforzado.	8	25.00
b.2.)- Concreto Presforzado.	1	3.125
b.3.)- Concreto Celular.	2	6.25
b.4.)- Acero.	5	15.625
b.5.)- Madera.	5	15.625
b.6.)- Poliestireno.	10	31.25
b.7.)- Poliuretano.	1	3.125
c). Mecanización.		
c.1.)- Herramienta y Equipo, (He. y Eq.).		
c.1.1.)- He. y Eq. Menor.	12	37.5
c.1.2.)- He. y Eq. Convensional.	7	21.875
c.1.3.)- He. y Eq. Pesada.	10	31.25
c.1.4.)- He. y Eq. Especializada.	3	9.375
c.2.)- Montaje.		
c.2.1.)- Montaje Manual.	24	75.00
c.2.2.)- Montaje grúa de 5, 8, 15 o 18 Tns	5	15.625
c.2.3.)- Montaje grúa de 20, 25, 30 o 45 T	2	6.25
c.2.4.)- Montaje con grúa de 75 o 90 Tns.	0	0.00
c.2.5.)- Montaje con grúa torre de 140 Tn.	0	0.00
c.3.)- Transporte.		
c.3.1.)- Transporte en camion.	24	75.00
c.3.2.)- Transporte en plataforma.	7	21.875
c.3.3.)- Transporte en cama baja.	1	3.125
d). Especialización de Mano de Obra.		
d.1.)- Mano de Obra Común.	9	28.125
d.2.)- Mano de Obra Artesanal.	0	0.00
d.3.)- Mano de Obra Capacitada.	21	65.625
d.4.)- Mano de Obra Especializada.	2	6.25
e). Sistema de Prerabricación.		
e.1.)- Vaciado "in situ".	7	21.875
e.2.)- Ensamblado.	10	31.25
e.3.)- Mixto.	15	46.875
f). Niveles Máximos con el Sistema.		
f.1.)- Máximo 1 Nivel.	2	6.25
f.2.)- Máximo 1 a 2 Niveles.	11	43.375
f.3.)- Máximos 1 a 3 Niveles.	8	25.00
f.4.)- Máximos 1 a 5 Niveles.	10	31.25
f.5.)- Máximos 1 a 6 Niveles.	1	3.125



C A R A C T E R I S T I C A	CANTIDAD	PORCENTAJE
g).- Modulación.		
g.1.).- Modulación Indeterminada.	6	18.75
g.2.).- Modulación Óptativa.	5	15.625
g.3.).- Modulación Multiplos y Sub de 0.50	16	50.00
g.4.).- Modulación Multiplos y Sub de 0.50	4	12.50
g.5.).- Modulación Multiplos y Sub de 0.10	1	3.125

### 3.- CONCLUSION DEL ANALISIS TECNOLOGICO DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS.

Los Sistemas integrales empleados en nuestro país, tienen su razón de ser, desde el hecho de poder construir de 5 a 8 niveles con tecnología convencional prefabricada, por criterios sísmicos, hasta la implementación por medio de componentes de pequeñas dimensiones, debido a la gran adaptabilidad del sistema que se requiere.

Del análisis de las variables tomadas, para ver el grado de tecnificación que tienen los sistemas integrales, se desprende:

a.).- Que el Sistema de Paneles, es empleado por 19 sistemas, representando el 59.375 %, del total.

La implementación del sistema por medio de paneles, es el término medio entre el sistema, del sistema lineal (el cual permite una mayor libertad de diseño), al sistema celular, lo cual va disminuyendo la flexibilidad en beneficio del aumento productivo en la fábrica.

b.).- El Material de Poliestireno, es empleado por 10 sistemas, representa el 31.25 %.

c.).- La Herramienta y Equipo empleado es, definido como Menor, es implementado por 12 sistemas y representa el 37.5 %.

d.).- Montaje de los sistemas se efectúa Manualmente, implementado por 24 sistemas, representando el 75.00 %.

e.).- El Transporte del sistema hacia la obra, se desarrolla en camión, por 24 sistemas, representando el 75.00 %.

f.).- Mano de Obra empleada en el 65.625 % de los sistemas, representado por 21 sistemas, debe ser Capacitada.

g.)- La mayor cantidad de sistemas, se encuentran con un criterio de construcción entre 1 a 2 niveles, representado por 11 sistemas, que significan el 43.375 %.

n.)- La modulación más empleada, es de 0.30 considerando múltiplos y Submúltiplos, empleado por 15, representando el 50.00 %.

Sin embargo la modulación de 0.30, realmente dista mucho de tener un acuerdo grupal entre los industriales, debido a que la maquinaria empleada produce en pies, y un pie (30.48 cms.), no son 30 cms.

**ESTUDIO DE CASO.  
OBJETOS ARQUITECTONICOS PRODUCIDOS  
MEDIANTE SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS.**

**CAPITULO 5.**

**TESIS :**

**Desarrollo y Aplicacion Tecnologica,  
de los Procesos Constructivos Industrializados.**



**Maestría en Tecnología.**

## CAPITULO V. ESTUDIO DE CASO.

OBJETO ARQUITECTONICO  
PRODUCIDO MEDIANTE  
SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS.

## 1.- APORTACIONES NACIONALES (C.A.P.F.C.E.).

Una de las aportaciones del sector público, que se pueden recuperar en este contexto, (sin tratar de hacer una alegoría de éste), al uso de los Sistemas Constructivos Industrializados; o de Sistemas Racionales de Construcción, es la adaptación del Sistema Prefabricado inglés, llamado CLAPS, a las estructuras implementadas por "El Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas", (CAPFCE), en la producción de escuelas.

Este Comité, desarrolló un estudio amplio, en la década de los 70's, con carácter de preliminar, en relación a escuelas primarias y secundarias, con un criterio predispuesto a modificaciones y ampliaciones, se presentó el estudio por medio de 8 manuales, en los cuales se desglosan. La estandarización de criterios a todos los niveles, desde el mobiliario, hasta los aspectos constructivos y estructurales, que intervienen en un proyecto ejecutivo.

En el aspecto Estructural, que es el que nos permite ubicar la producción arquitectónica, define claramente la aplicación de una concepción racionalmente estructurada industrialmente, es un proceso que está basado en la repetición de operaciones, y la eficiencia del sistema, definiendo el uso racional que puede hacerse del material, como consecuencia de la producción de muchos elementos de un mismo tipo, y por otra parte, de las ventajas que presenta para el entrenamiento del personal la repetición de una misma actividad sucesivas veces, bajo medidas determinadas bajo un módulo (Coordinación Modular), estas características se determinaron en el 4º manual, el estudio está definido por los siguientes manuales:

Manual No.	T E M A .
1º.	La Planeación en las construcciones escolares.
2º.	El Proyecto Arquitectónico en las construcciones escolares.
3º.	El diseño del mobiliario y equipo en las Construcciones escolares.

Manual No.	T E M A .
49.	Ejemplos de Estructuras y Cimentaciones en las construcciones escolares.
59.	Las Instalaciones Eléctricas en las Construcciones escolares.
69.	Las Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y de Gas en las construcciones escolares.
79.	La Supervisión y el Control de las obras: lineamientos para posesión de terrenos y las de reparación en las construcciones escolares.
89.	La Ingeniería de costos en las Construcciones escolares.

Estos criterios noramativos son interesantes, en relación a la clasificación de los criterios estructurales, los cuales los definen en 4 grandes grupos, definiendo con esto una tipología estructural que esta definida en:

- 1.1.- Estructuras Metálicas Prefabricadas tipo A-70.
- 1.2.- Estructuras de Concreto tipo U-1C, U-2C.
- 1.3.- Estructuras Mixtas tipo T-73, H-M y REGIONAL.
- 1.4.- Estructuras Especiales.

#### 1.1.- ESTRUCTURA METALICA TIPO A-70.

Es una estructura de un nivel a dos aguas, con una flecha al centro de 75 cms., con entreejes de 3.06 x 8.00 mts. y volados longitudinales, con columnas empotradas en la cimentación y articulaciones en la cumbrera y en la unión trabe-columna, mediante placas y tornillos en un caso y canceleros, para absorver el coceo que se produce por la pendiente que tiene, se encuentra unida entre columnas con un tensor atornillado en ambos extremos, estos son los elementos principales que forman los marcos transversales y en el sentido longitudinal van unidos por cerramientos entre columnas atornillados y en la cumbrera mediante un strut igualmente atornillado entre marco y marco,. Sus secciones tanto de columna como de trabe estan concebidas para que no se tengan desperdicios en el corte de la lámina y se ajusten a las dimensiones comerciales.

#### 1.2.- ESTRUCTURAS DE CONCRETO TIPO U-1C, U-2C.

La estructura U-1C, es de un nivel y U-2C es de dos niveles.

La estructura U-1C, es de un nivel con entreejes de 3.19 x 8.00 mts. y volados de 1.30 mts. longitudinalmente, esta considerada como marcos de concreto rigidos tanto en sentido transversal como longitudinal.

Las trabes transversales son de sección variable con peralte máximo en el centro para dar una pendiente del 3 % aproximadamente en la cubierta y lograr el desalojo de aguas pluviales mediante caída libre. En cuanto a la solución estructural de la cubierta se hace generalmente con losa de concreto armado colada en sitio y en este caso se tiene estudiado el uso alternativo de: viguetas y bovedilla (casetón de concreto), o armado de varilla y malla.

La estructura U-2C, tiene las mismas características que la anterior en cuanto a geometría, pero concebida estructuralmente en dos niveles. La losa de entrepiso es a base de concreto armado hecho en obra ya que están consideradas las concentraciones de los muros divisorios que forman las auias y que en algunas ocasiones están localizadas a medio entreteje.

Las trabes de entrepiso son de sección constante con el refuerzo necesario para resistir los esfuerzos que resultan del análisis de los marcos de dos niveles con las secciones y armados de estas estructuras, definidos claramente.

Los Muros del partido arquitectónico de estas estructuras, no han sido considerados como muros de rigidez, por lo que se realizó una separación estructural y se evitó que trabajen conjuntamente con ella. Sin embargo hay muros que por su posición arquitectónica, deben permanecer fijos, como los muros caoceros, los de las escaleras y pórticos, siendo siempre de piso a techo y colocados en el sentido transversal del edificio se ligan a la estructura pero se debe cuidar que la posición de estos muros respecto al edificio queden lo más simétrico posibles para evitar torsiones adicionales al mismo.

#### 1.2.1.- CIMENTACION GENERAL PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y ACERÚ.

La cimentación será superficial, generalmente con zapatas aisladas y en algunos casos zapatas corridas, tanto para las estructuras metálicas, como para las de concreto y dado que la presión de contacto obtenida para uno y dos niveles no es muy grande, se determinó considerar 3 propuestas para un terreno con 5.00, 7.50 y 10 Tn/m<sup>2</sup>.

La solución para suelos de tipo rocoso con una capacidad de 20 Tn/m<sup>2</sup>. Así como otra solución para terrenos "problema", tales como suelos expansivos, niveles freáticos altos, suelos minados, colapsables o licuables.

#### 1.3.- ESTRUCTURAS MIXTAS TIPO T-73. H-M y REGIONAL.

En este grupo se encuentran las estructuras en las que de acuerdo a las necesidades, se ha combinado muros de carga o columnas de concreto con techumbres metálicas o algún otro sistema regional para la cubierta, mediante los sistema:

La estructura tipo T-73. Es una estructura de un nivel con entrejes de 3.19 x 12.00 mts. con volados longitudinales de 1.40 mts. a cada lado, con columnas de concreto a cada 3.19 mts. ligadas entre sí longitudinalmente con un cerramiento metálico compuesto de perfiles comerciales para formar los marcos y en el sentido transversal en cada eje de columnas lleva una armadura a dos aguas con una pendiente del 23 % para el fácil desalojo de las aguas pluviales. Las armaduras transversales se resolvieron mediante perfiles comerciales y para la solución de la cubierta se propusieron tres: lámina de asbesto-cemento acanalada; con lámina pintor y con multipanel, las cuales están soportadas por largueros de perfiles comerciales con la separación adecuada según el tipo de cubierta que se vaya a utilizar.

La estructura tipo H-M. Es una estructura de un nivel a dos aguas, con entrejes de 8 metros en el sentido transversal y 6 metros en el sentido longitudinal, con poste intermedio a 3 metros para sujetar cancelería.

La cubierta es de lámina pintor apoyada en largueros de 6 mts. de longitud, los que transmiten la carga a la trabe metálica y muros cabeceros en el sentido de los 8 mts.

Los muros cabeceros de 8.00 mts. de longitud, son de carga, contruidos con mampostria de tabique reforzados con castillos y cadenas de concreto. Los extremos del muro llevan unidos entre sí un castillo y un poste metálico que sirve para conectar con la trabe metálica que va sobre el muro.

El poste extremo es abierto para unirse con el castillo que se suela en el extremo.

La trabe metálica sobre el muro cabecero, se atornilla con el poste extremo y se ancia en la cadena sobre el muro nivel de cumbrera.

El poste intermedio es de sección cerrada y va empotrado en la base y atornillado en el cerramiento.

El cerramiento es metálico y se atornilla en los extremos a las trabes y en la parte intermedia al poste.

La Estructura tipo Regional, la cual se hace con materiales de la región, es de un nivel a dos aguas con entrejes de 6.12 x 8.00 y volados longitudinalmente de 1.70 mts.

Esta estructurada por medio de muros de carga, en ambos sentidos rigidizados con castillos y cadenas de concreto armado.

Por la diversidad de materiales, que permite una gran combinación de estos, es un sistema muy versátil que se ha implementado en lugares de difícil acceso, y permite que la comunidad del lugar puede realizar su construcción, es recomendable para una o dos aulas.

Con este sistema, la cual está estudiada con sus posibles variantes, permiten las siguientes combinaciones:

**Cimentaciones:**

- a). Resistencia de terreno de 5, 7.5 y 10 Tn/m<sup>2</sup>.
- b). Sistemas.
  - b.1). Zapatas corridas de concreto
  - b.2). zapatas corridas de mampostería.

**Muros de Mampostería:**

- a). Tabique rojo de 14 cms.
- b). Block de concreto.
- c). Piedra brava.

**Muretes de ventana:**

- a). Tabique rojo de 14 cms.
- b). Block de concreto.
- c). Concreto colado en obra.

**Cubiertas:**

- a). Losa de Concreto armado colado en obra.
- b). Vigueta y Bovedilla.
- c). Lamina Píntro.
- d). Vigas y Boveda de ladrillo.

**1.4.- ESTRUCTURAS ESPECIALES.**

Se usan en especial en escuela de nivel superior como: tecnológicos, universitarios y en centrales de laboratorios y talleres en las secundarias generales. (Fig. 77 y 78, R.B. ).

Esta estructuras pueden ser de uno o de mas pisos, para claros de 6.00 mts. o mayores, donde las estructuras tipo no son aplicables, también son empleadas por tener condiciones especiales de carga.

Se construyen en zonas urbanas, donde existe facilidad de adquirir los materiales, equipo y mano de obra especializada.

Estas estructuras pueden ser prefabricadas, construidas en el lugar o mixtas.

Las Estructuras que más frecuentemente se usan son las que tienen entrejes de 7.20 x 8.40 o semejantes, consisten en columnas de concreto armado y losas planas de concreto armado aligeradas con bloques de espuma de poliestireno. Este tipo de construcción tiene las ventajas de su poco peso, permite la uniformidad de colocación de lámpara, flexibilidad para

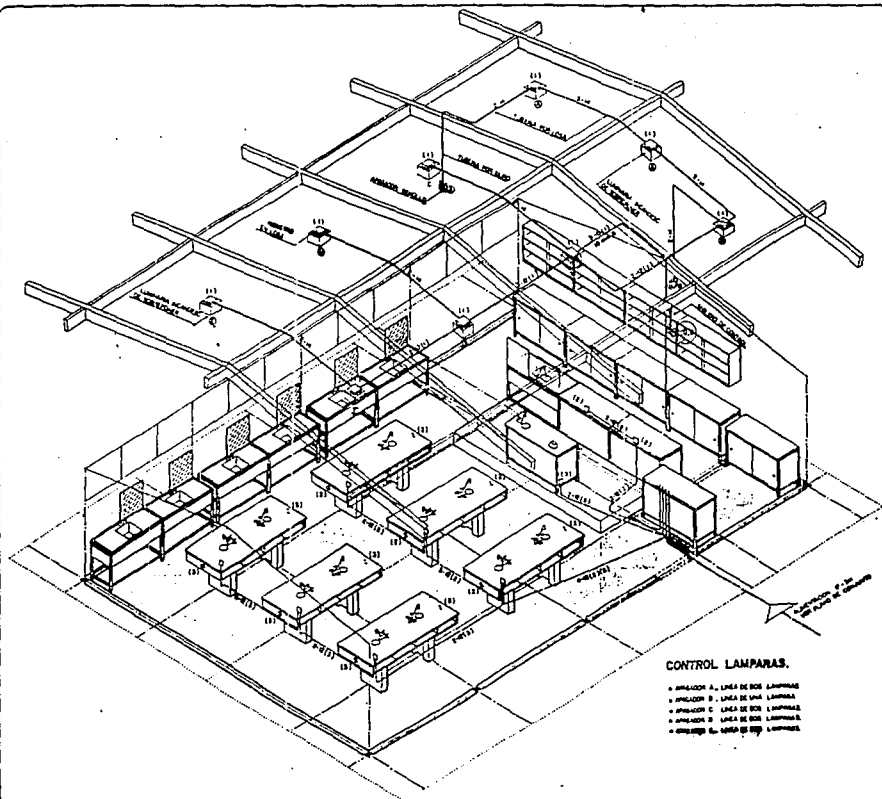


distribución de cancelos y muros, aislamiento térmico y acústico, así como sencillez en la obra falsa, y entre sus desventajas está en que requiere mano de obra más especializada, siendo su costo algo superior a otras soluciones.

Para los gimnasios, talleres especiales o auditorios con grandes ciaros, se usan frecuentemente marcos metálicos de patente prefabricados, con cubiertas de lámina o marcos de fierro con perfiles o placas de sección variable. Se usan también cubiertas estructuradas con armaduras necnas con perfiles comerciales.

Otras estructuras que se usan como especiales es la que está constituida por marcos de concreto colado en sitio, con entrepiso y cubiertas de elementos preraorizados y prestozados, tales que como viguetas y ovedillas, vigas T, vigas U, placas Spancret, donde además del diseño de los marcos hay que considerar la liga de éstos elementos de piso para el trabajo en conjunto o en su caso, tomar en cuenta que éstos estarán desligados en la estructura.

Fig. 77



CONTROL LAMPARAS.

- APILACION A. LINEA DE DOS LAMPARAS
- APILACION B. LINEA DE UNA LAMPARA
- APILACION C. LINEA DE DOS LAMPARAS
- APILACION D. LINEA DE DOS LAMPARAS
- APILACION E. LINEA DE DOS LAMPARAS

ESPECIFICACIONES

- TODA LA TUBERIA DE DIAMETRO NO ESPECIFICADO, SE DE 1/2" N° 9
- CABLE LAMPARA TIPO CONTACTO FUSIBLE METALICO SINBOLIZADO
- EN TODAS LAS BARRIDAS A MAYOR DESEMPENO LA TUBERIA METALICA SE HA EL PISO DEL TUBO
- LA ALTURA DE LOS TABLEROS DE CONTROL, APILACIONES Y CONDUCTOS DE ALTA DIFUSION, TODA EL EQUIPAMIENTO SE HAN DE A COLOCAR EN LOS MUEBLES
- LOS CONDUCTOS EN LAS MUEBLES DE TUBERIAS SE HAN DE CONECTAR A LAS MUEBLES ELECTRICOS CABLE DE UN PISO DE 1/2" CLASIA.

MATERIALES

	MEDIO	CANTIDAD
• TUBO CONTACTO METALICO DE UNO PISO (SINBOLIZADO) 3/4"	10 mm	2 PZAS.
• TUBO CONTACTO METALICO DE UNO PISO (SINBOLIZADO) 3/4"	10 mm	22 PZAS.
• CONTACTO Y MUEBLES	10 mm	2 PZAS.
• CONTACTO Y MUEBLES	10 mm	40 PZAS.
• CABLE ELABORADO	10 mm	1 PZAS.
• CABLE ELABORADO	10 mm	10 PZAS.
• CABLE ELABORADO	10 mm	1 PZAS.
• PLACA DE BARRILLAS DE UNA MUEBLES	11 PZAS.	
• PLACA DE BARRILLAS DE TRES MUEBLES	1 PZAS.	
• APILACION INTERCAMBIABLE DE UNO PISO	3 PZAS.	
• CONDUCTOR INTERCAMBIABLE DE UNO PISO	8 PZAS.	
• CONDUCTOR 1/2" CALIBRE # 12	104 PZ.	
• CONDUCTOR 1/2" CALIBRE # 12	104 PZ.	
• LAMPARAS INCANDESCENTES DE BARRILLAS TIPO CONTACTO	21000	1 PZAS.
• TABLERO DE CONTROL TIPO LAMPARAS TIPO CONTACTO	10000	1 PZAS.
• METODO BARRILLAS 5-50-50	1 PZAS.	
• COPLES	43 PZAS.	
• BARRILLAS	6 PZAS.	
• CABLE	10 PZAS.	

SIMBOLOGIA ILUMINACION INCANDESCENTE

- LAMPARAS INCANDESCENTES DE BARRILLAS TIPO CONTACTO 21000
- LAMPARAS INCANDESCENTES DE BARRILLAS TIPO CONTACTO 10000
- TABLERO DE CONTROL
- INTERCAMBIABLE TIPO MUEBLES
- CONTACTO MUEBLES
- APILACION BARRILLAS
- ( ) DE CABLE INTERCAMBIABLE
- TUBERIA PARA LINEA 5-50-50
- TUBERIA PARA RIGID.
- MUEBLES EN PISO DE BARRILLAS "A" PZAS

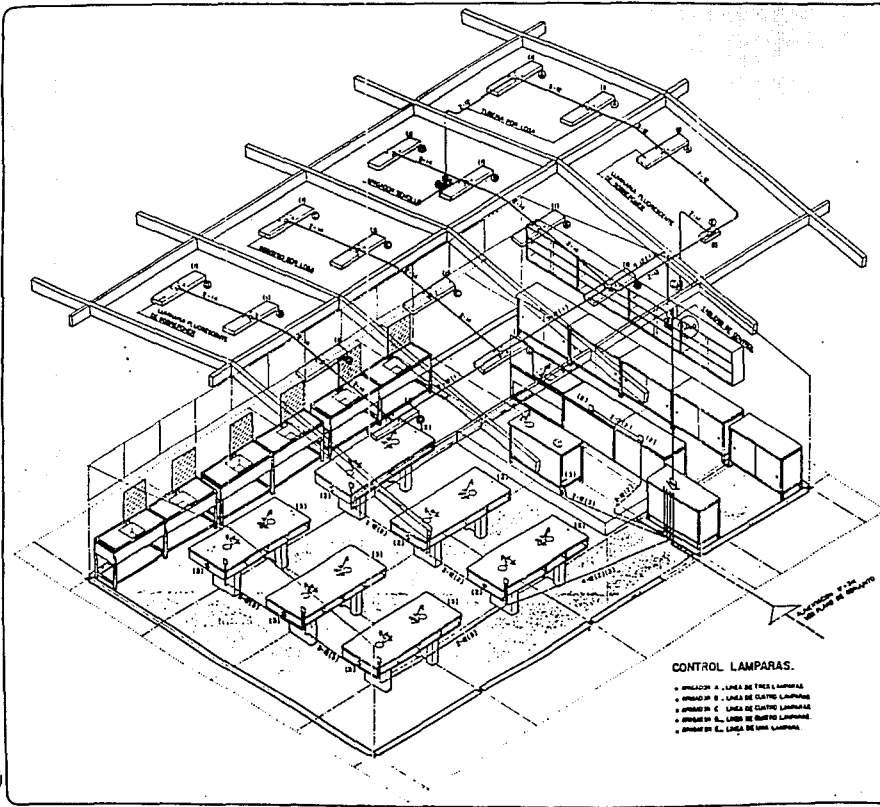
PLANOS COMPLEMENTARIOS

• PLANO DE TIPO ELECTRICO, APILACIONES Y MUEBLES	N° 1-100-100
• PLANO TIPO DE LAMPARAS INCANDESCENTES	N° 1-100-100
• PLANO TIPO DE LAMPARAS INCANDESCENTES	N° 1-100-100
• PLANO TIPO DE MESA DE TRABAJO 8" X 11" (PISO DE 1/2")	N° 1-100-100
• PLANO TIPO MESA DE APILACION Y DESMONTAJE	N° 1-100-100
• PLANO TIPO 1/2"	N° 1-100-100

MANTENIMIENTO

- MANTENIMIENTO SOBRE REPARACION LA METALACION REPARACION LAS PAREDES, TUBERIAS O DEFECTOS EN LOS CONTACTOS, APILACIONES, CABLES, LAMPARAS, LAS CONECTORES Y PLACA.

Fig. 78.



## CONTROL LAMPARAS.

- INTERRUPTOR A. LINEA DE TRES LAMPARAS.
- INTERRUPTOR B. LINEA DE CUATRO LAMPARAS.
- INTERRUPTOR C. LINEA DE CINCO LAMPARAS.
- INTERRUPTOR D. LINEA DE SEIS LAMPARAS.
- INTERRUPTOR E. LINEA DE OCHO LAMPARAS.

## ESPECIFICACIONES

- TUBO LA TUBERIA DE DIAMETRO NO SUPERIORES. ES DE 3/4" x 1/2"
- DEBE USARSE TUBO COND. METALICO PUNTO FIJADO
- EN TODAS LAS UNIDADES A MANO DEBE FLEJARSE LA PUNTA METALICA EN EL PUNTO DEL TUBO.
- LA ALTURA DE LOS TUBOS DE CONTROL, ANILADORES Y CONTACTOS, DEBE DE SER DE 30 CM Y 1 CM A RESPECTIVAMENTE EN UNO Y OTRO DE LOS BOMBOS.
- LOS CONTACTOS EN LAS UNIDADES DE TRABAJO DE 6" SON INTERNAS A LAS UNIDADES, INCLUYENDO CABLE UNIBUSO P Y T 3/16".

## MATERIALES

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
TABLEROS CONTROL, CON 4 INTERRUPTORES TERMINALES, METODOS SQUARE 3-00-0P	1	PIEZA
TUBO COND. METALICO VERNON PUNTO FIJADO	13	mts
TRABAJO DE 3/4" x 1/2"	13	mts
CONTROL MONOFASE	13	mts
CABLE CHALUPA	13	mts
CABLE CHALUPA	6	mts
PLACA DE BARRILERA DE UN BOMBOS	11	mts
PLACA DE BARRILERA DE TRES BOMBOS	1	mts
ANILADOR INTERCAMBIABLE VICE REVOLV HUIT	1	mts
CONTACTO	13	mts
CONDUCTOR 1/8 CAL. N.º 12	13	mts
LAMPARAS FLUORESCENTES DE BOMBOS POR CAPACE 2 X 36 W	13	mts
LAMPARAS FLUORESCENTES DE BOMBOS POR CAPACE 2 X 36 W	13	mts
CLAVES	19	mts
CLAVES	40	mts
RESISTENCIA	6	mts

## SIMBOLOGIA (ILUMINACION FLUORESCENTE)

- LAMPARAS FLUORESCENTES DE BOMBOS POR CAPACE 2 X 36 W
- LAMPARAS FLUORESCENTES DE BOMBOS POR CAPACE 2 X 36 W
- TABLEROS DE CONTROL
- INTERRUPTOR TERMINAL
- CONTACTO MONOFASE
- ANILADOR
- ( ) UNIDAD DE CONTROL
- TUBERIA POR LOSA O MADO.
- TUBERIA POR PUNTO
- BOMBOS EN PUNTO DE TRABAJO "3/4"

## PLANOS COMPLEMENTARIOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
PLANO DE INSTALACION DE LAMPARAS FLUORESCENTES	1	PIEZA
PLANO TIPO DE LAMPARAS FLUORESCENTES 2 X 36 W	13	mts
PLANO TIPO DE LAMPARAS FLUORESCENTES 2 X 36 W	13	mts
PLANO TIPO DE MESA DE TRABAJO 6" x 6" (PUNTO DE TRABAJO)	13	mts
PLANO TIPO DE MESA DE TRABAJO 6" x 6" (PUNTO DE TRABAJO)	13	mts

## MANTENIMIENTO

- FENOMENOS QUE REQUIERAN LA INSTALACION REVISAR LAS PUNTS DE MONTAJE O RECONEXIONES, FUSIBLES, CONTACTOS, ANILADORES ETC. EN TODAS LAS CONEXIONES PLANAS.

# CONCLUSIONES.

**TESIS:**

---

**Desarrollo y Aplicacion Tecnologica,  
de los Procesos Constructivos Industrializados.**



**Maestria en Tecnologia.**

## CONCLUSIONES.

Actualmente los avances técnico, social, político y económicos de carácter mundial, entre las que podemos encontrar:

- a). La terminación de la Guerra Fria.
- b). El seccionamiento de una de las potencias mundiales.
- c). El poderío de las naciones mediante el desarrollo, tecnológico y científico.
- d). La reorganización económica mundial mediante bloques nacionales.
- e). La Reunificación de Países que históricamente, se han mantenida en la vanguardia mundial.

Han permitido cambios estructurales que han creado condiciones favorables para Mexico, en virtud de la integración al tratado de libre comercio, convirtiéndose en el lugar idóneo para las inversiones europeas, por que es la puerta de entrada hacia el mercado norteamericano y canadiense, aunado a la mano de obra barata.

Sin embargo, esta aparente bonanza, tiene sus limitantes estructurales en la medida que la satisfacción de espacios destinados a servicios (salud, educación, vivienda.), tiende a incrementarse deficitariamente, por que esta problemática no es de tipo técnico, sino de índole económico-tecnológico, por que aun construyéndolos, con sistemas tradicionales, el costo de espacio arquitectónico terminado seria muy alto,

La solución no será aplicando políticas y tecnología de países altamente desarrollados, trayendo sistemas constructivos Europeos, ni retomando sistemas y materiales importados y aplicarios a ultranza, por que el resultado de estas supuestas soluciones imprecisas e inadecuadas, tienen altos costos sociales y económicos, propiciando una mayor dependencia tecnológica por que aún es mas económico satisfacer los requerimientos técnicos, mediante el empleo de gran cantidad de mano de obra artesanal, que mediante el empleo de equipo pesado, por ello.

Mientras no se cambien las concepciones y prácticas técnicas, ideológicas, económicas, políticas y sociales basadas en nuestra ideosincracia, valores y necesidades y continuemos naciendo una alegoría a una "sociedad dependiente" despersonalizada, dotando a la población de conjuntos habitacionales simétricamente proletarios, y tomando a los requerimientos tecnológicos, científicos, economía y valores culturales, como ladrillos de una pared: sustituibles, intercambiables y desecñables, y a las modas internacionales, como componentes directrices e indispensables de un sistema político prerabricado, seguiremos siendo un país proclibe ."en vías de Desarrollo" y en proceso de "modernidad".

La factibilidad de solución a esta problemática, está en función del replanteamiento y canalización de recursos técnicos, económicos, políticos y sociales. La Realidad Social Mexicana, no está ligada a la conceptualización e ideosincracia de los sistemas constructivos prerabificados, en el estricto sentido, (en la medida que las condiciones político-económicas, determinan la forma de construir). Históricamente y socialmente los métodos y técnicas como disciplina constructiva, están arraigados hacia los métodos constructivos industrializados o los Sistemas Racionales de Construcción.

Estas condicionantes, permitirán cambios en la concepción mexicana de producción, desde la perspectiva de organización de las empresas, (y por añadidura desde el punto de vista económico) bajo criterios industrializables: competitividad comercial, control de calidad, conformación de circuitos de calidad, optimización de recursos, creación de una sola calidad mundial, es decir producir con una tendencia a una productividad con calidad total, características que las empresas mexicanas no estaban acostumbradas a proporcionar a los consumidores, y hoy están en la necesidad de implementarias o desaparecer.

"Productividad con calidad total", es un cambio conceptual es un cambio de actitud; un cambio de conducta; una filosofía de vida; un estado de conciencia permanente; un sistema de vida; un estilo de ser; una respuesta a la crisis; una estrategia de logro; y un nuevo punto de vista de la producción.

Estas políticas tecnológicas se han mantenido por tener las siguientes características técnico-administrativas:

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

a). Deben tener una justificación lógica en la satisfacción de necesidades del medio social, tanto de tipo técnico, económico, ideológico y político, basados en la eficiencia, seguridad y economía, del sistema.

b). Sistemas que se encuentren, en un término medio del proceso de prefabricación de componentes en fábrica altamente automatizado mecánicamente, y la edificación artesanal tradicional.

c). Debe tener el perfeccionamiento tecnológico en relación con las necesidades y recursos del país, instrumentando sistemas operativos racionales.

d). Flexibilidad de diseño y ejecución.

e). Materiales ligeros, que puedan ser elevados a su posición final con mano de obra y no con sistemas mecánicos sofisticados.

f). Incorporación de (gran cantidad de), mano de obra no calificada (con posibilidades de capacitación).

g). No desplazar la mano de obra por instancias mecanizadas.

h). Industrializar los procesos de elaboración de los métodos constructivos.

i). Aprovechar la tecnología mexicana, y evitar así la dependencia y la importación de métodos y sistemas contrarios a nuestra realidad social.

j). Garantizar los elementos cualitativos y cuantitativos de la construcción, bajo criterios de optimización de recursos.

k). Las características Geofísicas nacionales, impone una "cuota sísmica", que se debe satisfacer haciendo construcciones resistentes a fuerzas horizontales, ocasionados por sismos, y la construcción debe ser no mayor de 5 niveles en zona sísmica.

#### CARACTERISTICAS ADMINISTRATIVOS.

1). El Apoyo Gubernamental de tipo Económico, Difusión, Promoción y Fortalecimiento de la ciencia y la tecnología nacional.

2). Las dependencias gubernamentales que promueven la producción de espacios arquitectónicos de servicios entre ellos la vivienda (Unfonavit, Instituto Nacional de la Vivienda (I.N.V.), Foviste, Fovi y otras instituciones), deben hacer concursos, con las mismas empresas constructoras privadas, en terminos de buscar la aplicación de los Sistemas Constructivos Industrializados, hacia proyectos ejecutivos, que garanticen un acervo técnico-constructivo, que permita a mediano plazo, desarrollar sistemas nacionales tendientes a la solución de espacios arquitectónicos masivos, con objetivos de reducir costos, optimizar los recursos y garantizar la estabilidad y calidad arquitectonica-estructural de los espacios.

3). Motivar y alentar económicamente por las instancias gubernamentales, la investigación a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, tendiente hacia la excelencia de los niveles productivos y administrativos nacionales, dando énfasis a "la producción de maquinaria de producción"

4). La adquisición de patentes, que permitan adecuación, a las necesidades nacionales, (como la adecuación del sistema CLASP, hacia la producción de escuelas por medio de CAPFCE,).

5). Inovar o adecuar alguna técnica extranjera que pueda ser útil, para resolver satisfactoriamente algunos requerimientos nacionales.

## CONCLUSIONES.

6). Impulsar mediante convenios con las Naciones Desarrolladas, en el establecimiento, fortalecimiento y desarrollo de la infraestructura científica y tecnológica, pretendiendo transformar y expandir la producción, y en consecuencia, la economía nacional.

7). La Adquisición y adaptación tecnológica y Científica internacional de la Investigación de "Primer Orden" de los países Desarrollados, bajo un compromiso de asesoría, transmisión y apoyo en la capacitación y transferencia de tecnológica (por parte de los países desarrollados), en la producción, construcción y manejo de la maquinaria y equipo de producción, con la finalidad de evitar, a largo plazo, la dependencia tecnológica.

8). Adquirir por medio los tratados económicos, patentes tecnológicas a precios preferenciales, cuidando que no sean los sistemas obsoletos, caducos y anacrónicos, del país de donde provienen.

9). Desarrollar por la corriente política en el poder, una política general de solución a problemas nacionales, que no se circunscriba en prácticas sexenales, sino que contemple periodos secuenciales de gobierno con planes, programas, objetivos y metas, en los cuales estén consideradas las solución a diferentes problemas, en base a prioridades nacionales (entre ellos: vivienda, salud, empleo, deuda externa.), que sean evaluadas periódicamente (por ejemplo cada 3 sexenios).

10). Crear una estructura operativa adecuada que contemple, modificaciones en la forma de "administrar oficialmente", que permita una aplicación racional, lógica y transparente de esos recursos, para que proporcionen el máximo rendimiento, apegado a los requerimientos sociales.

En conclusión estos Métodos de Construcción Industrializados o Racionalizados, deben incorporarse a la realidad social nacional, en la producción de espacios susceptibles de producción en serie, debido a que permiten:

1. Rapidez de construcción
2. Reducción de los intereses en los financiamientos bancarios o los derivados de la inversión.
3. Menor riesgo inflacionario
4. Mayor rapidez de utilización del espacio arquitectónico
5. Abatimiento de costos indirectos.

Algunas características de los sistemas mediante moldes colados "in situ", a la par de los elementos precolados a "pie de obra", son elementos que permiten una Racionalización de los procesos Constructivos, que por su adecuación a los requerimientos ideológico-sociales, políticas y económicas, de los países Latinoamericanos, permiten una gran productividad y adecuación a los requerimientos técnicos, en la medida que no



---

CONCLUSIONES.

requiere grandes despliegues tecnológicos, ni gran capacitación de mano de obra, es uno de los elementos que pueden satisfacer los espacios factibles de producción masiva.

**CUADRO SINOPTICO DEL DESARROLLO  
CONSTRUCTIVO INDUSTRIALIZABLE.**

**APENDICE "A".**

**TESIS:**

**Desarrollo y Aplicacion Tecnologica,  
de los Procesos Constructivos Industrializados.**

**Maestria en Tecnologia.**

APENDICE A.

CUADRO SINOPTICO DEL DESARROLLO DE LOS MATERIALES, TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS, QUE PERMITIERON EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACION.

SIMBOLOGIA:

C/M = COORDINACION MODULAR.

PFB = PREFABRICADO.

PSF = PRESFUERZO.

MGE = MATERIAL O EQUIPO.

AÑO/EPOCA.	LOCALIDAD.	PERSONALIDAD O INSTITUCION.	T E M A .				MATERIAL.		O B S E R V A C I O N E S .
			C/M	PFB	PSF	MGE	ACERO	CONCR	
NEOLITICO			■	■		■			CON BLOQUES DE PIEDRA SE CREAN LOS MENHIRE, CROMLECH Y DOLMENES.
	EGIPTO. Y MESOPOTAMIA					■			SE EMPLEA EN EL ARCO Y LA BOVEDA, - PRODUCIENDO LADRILLO Y ADOBE HORNE- ADO.
	ROMA.		■			■			EMPLEAN LADRILLO HORNEADO CON DIMEN- SIONES DE 1 PIE (0.296M) DE ANCHO Y 1.5 PIES (0.444 M) DE LONGITUD.
	GRECIA.		■						LAS MEDIDAS DE LOS TEMPLOS ERAN SUB- MULTIPLAS DEL RADIO DE LAS COLUMNAS.
S. XVII. S. XVIII. S. XIV.			■						SE CREAN GREMIOS DE ARTESSANGS Y - CONSTRUCTORES PARA LA CONSTRUCCION DE IGLESIAS Y CATEDRALES.
S. XVI.		LEONARDO DA VINCI.	■	■					PROYECTA UN TIPO BASICO DE VECINDAD CREANDO EL COMPONENTE CON LOS ELEME- NOS NECESARIOS PARA UNA PRODUCCION EN SERIE, USANDO MONTAJE Y ENSAMBLES
RENACIMIEN		PACCIOLI Y OTROS	■	■					TRATADOS DE PREFABRICACION DE PACCIO LI, ALBERTI, FILARETE, FCO. DE GIOR- GIO, PALLADIO, VIGNOLI, ESCAMOZZI.
1 7 5 6.	INGLATERRA.	ING. JOHN SHEATON.				■	■		DESCUBRIO QUE LA CALSINACION DE UNA CALIZA SUAVE IMPURA CON Poca PROP. DE ARCILLA, PUEDE ENDURECER BAJO EL AGUA EN UNA MASA SOLIDA.,
1 7 8 9.	FRANCIA.	REVOLUCION FRANCESA.	■						SE DETERMINAN LAS DIMENSIONES DEL METRO, DEL FIE Y LA PULGADA.
1 7 7 4.	INGLATERRA.	JOHN SHEATON				■	■		CONSTRUYE EL FARO DE EDDYSTON, CON CONCRETO.
1 7 9 6.	INGLATERRA.	JOSEPH PARKER				■	■		OBTUVO UNA PATENTE PARA LA FABRICA- CION DE MAT. CEMENTANTE COCIENDO EN HORNO ORDINARIO DE CAL, UNAS ROCAS.

APENDICE "A".

AÑO/EPOCA.	LOCALIDAD.	PERSONALIDAD O INSTITUCION.	T E M A .				MATERIAL.		OBSERVACIONES.
			C/M	PFB	PSF	HGE	ACERO	CONCR	
M S XVIII	INGLATERRA.					■	■	EL ACERO Y EL HIERRO FUNDIDO SE USA EN EL PUENTE SOBRE EL RIO SEVERN, EN LA LIBRERIA "EL PUENTE DE LAS MUSAS"	
F S XVIII		REVOLUCION INDUSTRIAL.	■	■				EL "PABELLON REAL DE BRIGHTAN". SE IDEA UNA ARQUITECTURA CON METODOS CREADOS POR LA INDUSTRIA.	
1 8 0 2.	FRANCIA.					■	■	SE INICIA LA PRODUCCION INDUSTRIAL DE CEMENTO, EN ESTE PAIS.	
1 8 1 0.	INGLATERRA.	EDGAR DOBBS				■	■	PRODUJO PRODUCE UN CEMENTO DE CALIZA Y ARCILLA.	
1 8 1 3.	FRANCIA.	VICAT.				■	■	COMIENZAN A HACER CEMENTO DE CALIZA Y ARCILLA.	
1 8 2 2.	INGLATERRA.	JAMES FROST.				■	■	COMIENZAN A HACER CEMENTO DE CALIZA Y ARCILLA.	
1 8 2 4.	INGLATERRA.	JOSEPH ASFOIN -ALBARIL-				■	■	ADQUIRIO UNA PATENTE PARA FABRICAR CEMENTO, EL ES RECONOCIDO COMO EL INVENTOR DEL CEMENTO PORTLAND.	
1 8 2 5.	INGLATERRA.	JAMES FROST.				■	■	INICIA LOS PRIMEROS TRABAJOS PARA FABRICAR CEMENTO PORTLAND.	
MEDIADOS S XIX.	PARIS.	ENRIQUE LAMBOUSTE		■			■	LA "BIBLIOTECA DE S. GENOVEVA DE P." 1a CONSTRUCCION TOTALMENTE EN HIERRO	
1 8 4 8.	UNION AMER.	JAMES BOGARDUS.				■		INICIA ESTUDIOS DE OBRAS EN HIERRO.	
1 8 5 1.	LONDRES.		■	■		■	■	"EL PALACIO DE CRISTAL" ESTRUCTURA PREFABRICADA EN COMPONENTES DE ACERO CON GRAN CONCEPCION DE MODULACION.	
1 8 5 4.	FRANCIA.	LAMBOT.				■	■	DESCUBRE EL AUMENTO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO AL COLOCAR ACERO.	
1 8 5 5.	BELGICA. Y ALEMANIA.					■	■	PRIMERA PLANTA DE CEMENTO ESTABLECI- FUERA DE INGLATERRA.	
1 8 5 6.	FRAN/BELGI.	LAMBOT.		■		■	■	SE PATENTA EL SISTEMA "FERCIMENT".	
1 8 7 5.	UNION AME- RICANA.					■	■	SE INICIA LA FABRICACION DE CEMENTO PORTLAND INDUSTRIALMENTE.	
1 8 8 1.	PARIS.	CIA. ED. COIGNET.	■	■		■	■	PREFABRICA VIGAS DE HORMIGON.	
1 8 8 6.	UNION AMER.	ING. P. H. JACKSON.	■	■	■	■	■	PATENTO LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO DE CONCRETO CON BARRAS TENSADAS ANCLADAS CON TUERCAS O CON CURAS.	

APENDICE "A".

AÑO/EPOCA.	LOCALIDAD.	PERSONALIDAD O INSTITUCION.	T E M A .				MATERIAL.		O B S E R V A C I O N E S .
			C/M	PFB	PSF	MDE	ACERO	CONCR	
1968.	BERLIN.	W. DOEHRING	■	■	■	■	■	■	PATENTA UN SISTEMA DE ALAMBRES TENSADOS ANTES DEL COLADO 1a. IDEA DE PIEZAS PRECOLADAS DE CONCRETO PRESFOR.
1968.	FRANCIA.	PIERRE LUIGUI NERVI.				■		■	HACE ESTUDIOS DEL FERROCEMENTO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL.
1900.	UNION AMER.		■	■		■		■	PRIMEROS ELEMENTOS DE CONCRETO PARA CUBIERTAS, MEDIAN: 1.20 DE ANCHO, - 5.10 DE LARGO Y 5 CM ESPESOR.
A PRINC. S. XX.	MEXICO.					■		■	SE INICIA LA FABRICACION DE CEMENTO PORTLAND INDUSTRIALMENTE.
PRINCIPIOS DE S. XY	INGLATERRA	ARQ. BRODIE.	■	■		■		■	USA EL METODO FRANCIS HENHEBIQUE EN GRANDES PIEZAS PREFABRICADAS, Y EN LIVERPOOL PATENTA EL 1er SISTEMA CERRADO, EN PANELES DE CONCRETO PREFAB
1905.	UNION AMER.		■	■	■	■		■	CONSTRUYEN FORJADOS PREFABRICADOS PRA EDIFICIO DE CUATRO PLANTAS.
1906.	EUROPA		■	■	■	■	■	■	las. VIGAS "VISINTINI".
1907.	UNION AMER.	THOMAS A. EDISON.	■	■		■		■	PATENTA SISTEMA PREFABRICADO DE CASAS DE CONCRETO, LA PRODUCCION DURABA 6 HRS, LA CONSTRUCCION EN 4 DIAS.
1907.	UNION AMER. NEW VILLAGE		■	■	■	■		■	EDIFICIO CONCTRUIDO CON EL METODO "TILT-UP", PREFABRICACION "IN SITU".
1908.	UNION AMER.	C. R. STEINER.			■	■		■	PATENTA EL ESTUDIO DE SEPARAR LA ADHERENCIA DE CONCRETO Y ACERO Y DES PUES PRETENSAR.
1911.		ING. E. FREYSSINET			■	■		■	ESTUDIA LA DEFORMACION DIFERIDA DEL CONCRETO EN ESTRUCTURAS PRESFORZADAS
1912.	ALEMANIA		■	■	■	■	■	■	EDIFICIOS TOTALMENTE PREFABRICADOS.
1915.	FRANCIA.	"LE CORBUSIER"	■						DISEÑA LA ESTRUCTURA DOH-ING.
1921.	FRANCIA.	"LE CORBUSIER"	■						DISEÑA LA CASA CITROHAN PRODUC/SERIE
1923.	UNION AMER.		■	■	■	■	■	■	PATENTAN SISTEMA TEE-STONE ANTESOR DEL SISTEMA PRETENSADO EN CONCRETO.
1925	MEXICO.	ARQ FCO. HRTZ. NEGRETE. ARQ AGUSTIN D/L BARRERA.	■			■		■	CON CIMBRA DESLIZABLE SE CUELAN MURROS DE CONCRETO, PARA EDIF. DE DPTOS
1926-28	FRANCIA.	GROPIUS	■						VIVIENDAS CON ELEMENTOS NORMALIZADOS

APENDICE "A".

AÑO/EPOCA.	LOCALIDAD.	PERSONALIDAD O INSTITUCION.	T E M A .				MATERIAL.		O B S E R V A C I O N E S .
			C/M	PFB	PSF	HQE	ACERO	CONCR	
DES 1926	UNION AMER.	GROPIUS & KONRAD WACHSMAN.	■	■					PRODUCEN LA "PACKGED HOUSE SYSTEM" PARA LA "GENERAL PANEL CORPORATION". BASADA EN RIGUROSA COORDIN/MODULAR.
1 9 2 8.	FRANCIA.	ING. E. FREYSSINET ING. J. SEAILLES.			■	■		■	PATENTAN ELEMENTOS DE CONCRETO CON ACERÓ A.R. TENSADO ANTES DEL COLADÓ.
1 9 2 9.		ING. E. FREYSSINET			■	■	■		CONSTRUYE PRENSAS HIDRAULICAS PARA LA FORJA DEL ACERO.
1930-33.	FRANCIA.	LOUS Y BREAUDOIN.	■	■		■		■	CON ESTRUCTURAS METALICAS SOPORTABAN PANELES DE HORNIGON PREFABRICADOS.
1932-34.		ING. E. FREYSSINET	■	■	■	■	■	■	CONSTRUYE POSTES Y PILOTES PRESFORZ.
1933-42.	U. R. S. S.		■	■		■		■	1er. PAIS QUE INDUTRIALIZA SU PRODUC CION DE VIVIENDA.
1 9 3 8.	ALEMANIA.	E. BOYER.	■	■		■	■	■	CONSTRUYO UNA CAMA, PARA FABRICAR - VIGAS DE CONCRETO PRESFORZADO.
1 9 3 9.		ING. E. FREYSSINET	■	■	■	■	■	■	PATENTA UN SISTEMA DE APLICACION DE PRESFUERZO A PIEZAS DE CONCRETO.
1 9 4 0.	PAKISTAN.				■	■		■	Los CASCARONES PRESFORZADOS CONCTRU DGS POR METODO FREYSSINET.
1940-42.	BELGICA.	G. MAGNEL.			■	■	■	■	DESCUBRE UN SISTEMA DE PRESFUERZO.
1 9 4 2.		PIERRE LUIGUI NERVI.	■	■		■		■	el "TURIN EDITION HALL" SE TECHO CON PIEZAS DE FERROCEMENTO CON PZAS. PRE FABRICADAS DE 4 CMS DE ESPESOR.
1 9 4 2	UNION AMER.	"U. S. NATIONAL ACADESHY OF SCIENCES"				■		■	ORGANIZA CONGRESO PARA EL USO DEL FE RROCEMENTO DE LOS PAISES EN DESARRO.
1 9 4 4.	BELGICA.	G. MAGNEL.	■	■	■	■	■	■	1er PUENTE DE CONCRETO PRESFORZADO.
1 9 4 5.	FRANCIA.	"CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT" INSTITUTO DE INV. CIENT.	■			■		■	GOBIERNO Y LA I.P. APOYAN LA INDUS TRIA DE GRANDES PANELES DE CONCRETO SIST: COIGNET, ESTIOT, TRACOBIA, .
DESPUES DE LA 2a G.M.	UNION AMER.	R.G.LETONEAU & IBE HOSING CORPORATION.	■	■		■		■	USARON EL METODO DE T.A. EDISON, RE SULTANDO COSTOSO POR EL TRANSPORTE - DE LOS GRANDES MOLDES.
1 9 4 6.	PARIS	ING. E. FREYSSINET.	■	■		■		■	1a. PISTA DE CONCRETO PRESFORZADO.
1 9 4 7.	UNION AMER.	GROPIUS & KONRAD WACHSMAN.							FRACASA LA PRODUCCION DE VIVIENDA INPLEMENTADA EN 1926, POR NO PRE VEER, UN DEPTO. DE VENTAS.

APENDICE "A".

AÑO/EPOCA.	LOCALIDAD.	PERSONALIDAD O INSTITUCION.	T E M A .				MATERIAL.		O B S E R V A C I O N E S .
			C.M	PFB	PSF	H&E	ACERO	CONCR	
1947-50.	ALEMANIA.		■	■				■	PUEBTE CON ARTICULACIONES Y VIGAS - CONTINUAS DE 96 M. DE CLARO CENTRAL.
1948.	UNION AMER.	CIA. PROLOAD	■	■	■	■	■	■	CREA UNA MAQUINA PARA PRESFORZAR TANQUES CILINDRICOS DE CONCRETO.
1948.	ORLEANS.	ING. E. FREYSSINET	■					■	CONSTRUYE TANQUES RECTANGULARES.
1948.	BRASIL.	ING. E. FREYSSINET	■	■	■	■	■	■	CONSTRUYE EL PUEBTE GALION DE 14 TRAMOS DE 37.5 M DE CONCRETO PRESFORZA.
1948.	ITALIA.	R. MORANDI.	■	■	■	■	■		1er. SISTEMA DE ANCLAJE DE PARES DE ALAMBRE CON CURAS CONICAS.
1949.	S U I Z A .	ING. M. B. KENNIE ING. A. BRANDESTINI. ING. M. ROS. ING. K. VOGT.	■		■		■	■	PATENTAN EL SISTEMA PRESFORZADO BBRV ANCLADAS CON PLACAS DE ACERO.
1949.	ALEMANIA.	CIA. DICKERHOFF UND WIDMAN.	■	■	■	■	■	■	INTRODUCE EL SISTEMA DE PRESFUERZO PARCIAL, ANCLADO CON ROSCA Y TUERCA.
1950.		V. FINSTERWALDER.				■		■	CONSTRUYE, PUEBTE DE 62.1 M DE CLARO
1950.	INGLATERRA.			■	■	■	■	■	INTRODUCE EL SISTEMA DE PRESFUERZO LEE-MC CALL (STRESS-STELL).
1953.	MEXICO.				■	■		■	SE TERMINA LA 1a. OBRA DE CONCRETO PRESFORZADO, EL PUEBTE "ZARAGOZA" EN MONTERREY. N. L.
1955.	MEXICO.	CIA. VIG. Y BOVED. S.A.	■	■	■	■	■	■	1a. CIA. PRESFORZADORA "VIBOSA".
1960.	UNION AMER.		■	■	■	■	■	■	SE INSTITUTE LA ACREDITACION DE NUEVOS SISTEMAS Y MATERIALES CONSTRUCT. CON EL CERTIFICADO DE IDONEIDAD TECNICA (AGREMENT-TECHNIQUE).
1970.	UNION AMER.		■	■	■	■	■	■	SE CREA EL PROGRAMA BREAK-THROUGHT. IMPULSA RACIONALIZAR INDUSTRIALMENTE LA VIVIENDA.
1975	UNION AMER.	MERICAN CONCRETE INSTITUTE				■		■	FORMA 1er COMITE DEL FERROCEMENTO.
1976	TAILANDIA.	"AISLAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY".				■		■	SE FUNDA "INTERNATIONAL FERROCEMENT INFGRMION CENTER". PARA SU ESTUDIO.
1979		"RILEM", UNION INTERNA-CIONAL DE LABORATORIOS.				■		■	ESTABLECE UN COMITE PARA EVALUAR METODOS DE PRUEBA PARA EL FERROCEMENTO
1989.	INGALTERRA.		■	■		■		■	SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS COMO: HACE CLASP, SEAC, SCOLA.

## **G L O S A R I O .**

# **APENDICE "B".**

### **T E S I S :**

**Desarrollo y Aplicacion Tecnologica,  
de los Procesos Constructivos Industrializados.**

**Maestria en Tecnologia.**



**APENDICE B.**

**G L O S A R I O.**

**ADVERTENCIA.**

Existen limitantes en la interpretación y aplicación de conceptos, en diferentes especialidades técnicas, y en específico en la construcción, debido a que el empleo de términos, en distintos lugares de habla española, no es la misma, propiciando que el concepto cambie aunque el significado sea el mismo, así por ejemplo el término: Hormigonado (Cuba) y Colado (México), determina la acción de colocar concreto fresco en la cimera, otro ejemplo sería: Hormigón (España) y Concreto (México), implica la mezcla de agua, arena, grava y cemento.

Otra aclaración pertinente, es el hecho de que un mismo país se empleen varios términos distintos, para un mismo significado, propiciando que al traducirlo a otro idioma, o aplicarlo en otra región, el valor semántico sea modificado o trasquiverzado, en el mismo idioma o en un idioma distinto (inglés, francés u otro).

Por ello, la terminología, no pretende ser única, sino con el fin de clarificar los términos aceptados, para la correcta interpretación del presente estudio.

**ACERO DE REFUERZO.** Barra de acero, de diferentes diámetros, colocada en el concreto para soportar fuerzas de tensión.

**ADITIVO.** Material usado en algún proceso constructivo que tiene como finalidad acelerar o retrasar las características y/o propiedades químicas ó físicas de algún material de construcción.

**ADMINISTRACION DE OBRA.** Registro de análisis de todos los costos de una edificación, para garantizar que un proyecto-ejecutivo no exceda sus asignaciones presupuestadas.

**AGREGADO.** Material duro, (grava y/o arena), que se combina con pasta de cemento, empleado para elaborar concreto.

**AGREGADO FINO.** Material granular resultado de la desintegración natural o artificial de la roca cuyo tamaño máximo no excede de 5 mms. ó es material que en su mayoría pasa por la malla # 4.

**AGREGADO GRUESO.** Material granular predominantemente retenido en la malla # 4, que es resultado de la desintegración natural o artificial de la roca.

**AGREGADO SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO.** Condición de humedad del agregado en la cual ni toma ni cede agua de una mezcla de concreto.

**AGUA DE ABSORCIÓN.** Cantidad de agua retenida en la masa de un material bajo condiciones específicas; usualmente se expresa como un porcentaje del peso seco del material.

**AGUA DE SANGRADO.** Agua que fluye hacia la superficie del concreto fresco.

**AJUSTE.** Medida modular que permite la integración de dos o más elementos modulares, que debido a su forma, no permiten compatibilidad.

**ANCLAJE.** Dispositivo empleados en la producción de prefabricados, que sirve para mantener los tendones bajo tensión.

**ANCLAJE DE POSTENSADO.** Dispositivo colocado en forma permanente en los extremos del tendón, por el cual se transmiten al concreto endurecido la fuerza presorizante.

**ANCLAJE DE PRETENSADO.** Dispositivo temporal que mantiene la fuerza de tensión en el acero de pretuerzo hasta la transferencia.

**ARENA TRITURADA.** Arena obtenida artificialmente a través de trituración mecánica o manual de la pleura.

**ARRENDAMIENTO.** Contrato en el cual el arrendador cede el uso de un bien material durante un lapso determinado a cambio de una tarifa convenida.

**ASIGNACION DE RECURSOS.** Método para asignar trabajo, equilibrando las necesidades con la disponibilidad de recursos en un momento dado, asignándose a una actividad recursos, de principio a fin.

**BACHA.** Cantidad de concreto o mortero mezclado en una sola vez.

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

**CABECED.** Procedimiento empleado para preparar ensayos, empujándose azure en la base de los especímenes de concreto, al ser sometidos a pruebas de compresión.

**CABLE.** Tendón.

**CABLE DE ACERO.** está formado por hilos o alambres de acero al carbón, estirados en frío y trenzado en espiral, constituyendo las unidades llamadas torones, cordones o cabos (en número de seis u ocho generalmente), que se colocan al rededor de un alma que puede ser de cáñamo o acero.

**CABLE DE PRESFUERZO.** Tendón formado por varios alambres ó torones que generalmente van dentro de un ducto, en el cual se aplica esfuerzos de tensión, en piezas prefabricadas.

**CAMA DE COLADO.** Sitio, con las instalaciones adecuadas, donde se fabrican los elementos pretensados, por vaciado del concreto en los moldes o por procedimiento de extrusión.

**CAPACIDAD DE ABSORCION.** Es la habilidad que tienen los agregados para retener agua internamente.

**CEMENTO.** Ingrediente empleado para hacer pastas, el cual al reaccionar químicamente, desarrolla propiedades aglutino-cementantes.

**CEMENTO HIDRAULICO.** Material que reacciona químicamente al contacto con el agua, y que endurece aún sumergido en ella.

**CIMBRA.** Molde en el cual se coloca el concreto fresco y sirve para dar la forma definitiva del mismo.

**CLINKER.** Materiales que se funden juntos por medio de calor en la manufactura del cemento.

**COORDINACION.** Acción y efecto de disponer cosas metódicamente, con esfuerzos de diferente origen, encauzados hacia un objetivo común.

**COORDINACION MODULAR.** es la aplicación del método industrial a la construcción civil, por medio de la cual se establece una dependencia recíproca entre productos básicos e intermedios de la serie (elementos) y productos finales (edificios), mediante el uso de una unidad de medida común.

**COMPONENTE.** Elemento que forma parte de un todo.

**CONCRETO.** Mezcla de cemento, agua y agregados que integran una masa plástica que puede ser moldeada en forma predeterminada y que al endurecer es una piedra artificial, resistente y durable.

**CONCRETO PARCIALMENTE PRESFORZADO.**

Concreto en el cual se han introducido esfuerzos internos de magnitud y distribución tales que los esfuerzos resultantes de las cargas (de servicio), se contrarrestan parcialmente hasta un nivel deseado, tomándose el remanente de tales esfuerzos con acero de refuerzo.

**CONCRETO PRESFORZADO.** es el concreto en el cual se aplica una fuerza de compresión que produce esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes de las cargas externas dadas se contrarrestan hasta un grado deseado.

**CONCRETO REFORZADO.** Es el concreto que tiene adicionadas barras de acero de variadas dimensiones, con la finalidad de absorber esfuerzos, dando tensión al refuerzo de acero.

**CONEXION DURA DE PREFABRICADOS.** Se define, como aquella que tiene placas de acero o perfiles estructurales en los mismos miembros que van a conectarse, con la conexión hecha a base de soldadura. Una conexión dura puede hacerse también con concreto vaciado en el lugar.

**CONEXION SUAVE DE PREFABRICACION.** se define como la que tiene dos miembros que sencillamente descansan uno sobre la parte superior del otro con un material amortiguador elastomérico o de otro tipo, entre ellos.

**CONTRA-FLECHA.** Deflexión hacia arriba que se presenta en un elemento estructural presforzado, que está prefigurado desde su producción.

**CONTRATO.** Convenio formal, que se puede hacer cumplir legalmente, entre dos ó más partes, en el cual una de ellas acepta cumplir determinadas obligaciones dentro de un plazo acordado y con un costo convenido.

**CONTENIDO DE AIRE.** Es la cantidad de aire existente en la masa del concreto fresco, en forma de pequeñas burbujas, que se introduce de manera natural o artificial.

**COTIZACION.** Precio comparado por un contratista para la construcción de un proyecto.

**CUARTEAR.** Método para obtener una pequeña muestra representativa de agregado, a partir de una muestra grande.

**CUÑAS.** Parte del anclaje que sujeta el tendón dentro del barrilete.

**CURADO.** Procedimiento que favorece la hidratación del cemento ó de los materiales cementantes en una mezcla, mediante un ambiente específico de humedad y temperatura.

**DEFLECTOR.** Dispositivo que se emplea en la fabricación de elementos pretensados, colocando en el sitio donde se requiere cambiar la trayectoria de los tendones.

**DENSIDAD.** Masa por unidad de volumen.

**DEPOSITO DE ABASTECIMIENTO.** Almacén de material dispuesto en forma tal para evitar la segregación en el material y lograr uniformidad en la humedad del mismo.

**DEPRECIACION.** Disminución del precio de un bien material, con el transcurso del tiempo, determinado por el desgaste físico, edad, cambio de estilo o deterioro.

**DISEÑO DE MEZCLAS.** Determinación de las cantidades de cemento, agua, grava, arena y quizás aditivo, que formarán la mezcla de concreto.

**DUCTO.** Perfil tubular metálico que se emplea en elementos de concreto postensado, dentro del cual se alojan los tendones.

**DURABILIDAD.** Propiedad que tienen los materiales para resistir el ataque intempérico y a algunos productos químicos.

**ELEMENTOS PRECOLADOS.** Elemento como éste incluye la colocación del concreto lejos de su posición final, colocándose el o los elementos en plantas permanentes o algo cerca del sitio de la estructura y eventualmente erigida en la localización final. El precolado permite mejor control en la producción en masa y con frecuencia es económico.

**ELEMENTOS COLADOS EN SITIO** Estos elementos necesitan más moldes y más obra falsa por unidad de producto, pero economizan el costo de transporte y erección. Es una necesidad tratándose de elementos grandes y pesados.

**ELEMENTOS DE AJUSTE.** Vease ajuste.

**ELEMENTOS DE CONSTRUCCION MIXTA.** A menudo es económico colar parte de un elemento, erigirlo y colar entonces la porción restante en el lugar. Los precolados en una obra mixta puede unirse más fácilmente que los de una estructura totalmente precolada. Mediante la construcción mixta es posible economizar moldes y de la obra falsa que se requiere para una estructura totalmente colada en su lugar.

**ELIMINADOR DE ADHERENCIA.** Material o producto que recubre determinada longitud de un tendón, para evitar que el concreto se adhiera.

**FINANCIAMIENTO.** Suministro de fondos para llevar a cabo un proyecto.

**FLUJO PLASTICO.** Deformación diferida, que se presenta en los elementos de concreto presforzado bajo la acción de la carga permanente y que modifica la fuerza presforzada.

**FRAGUADO.** Es la pérdida de plasticidad de una mezcla de concreto fresco, al transcurrir cierto tiempo, pasando al estado sólido.

**FRICCION POR CURVATURA.** Es la que resulta de la curvatura en el perfil especificado de los cables de postensado.

**FRICCION POR DESVIACION.** Es la provocada por una desviación no intencionada del cable de presfuerzo fuera de su ubicación específica.

**GATO (Herramienta).** Herramienta que sirve para tensar, el refuerzo en los elementos presfórfados.

**GRANULOMETRIA.** Método por medio del cual podemos determinar, los tamaños de las partículas y sus cantidades, en una muestra de agregados.

**HARDWARE (EQUIPO) DE COMPUTADORA.** Conjunto de componentes físicos de una computadora, como los dispositivos mecánicos, magnéticos y electrónicos.

**HIDRATACIÓN.** Reacción química que se produce entre el cemento y el agua.

**HISTOGRAMA.** Representación gráfica de distribución de frecuencias en la que se usan rectángulos, cuya altura y anchura representan variables.

**INCLUCION DE AIRE.** Aire adicionado al concreto con la finalidad de incrementar la manejabilidad y trabajabilidad, (es empleado para bombear concreto a grandes alturas), o también se emplea para producir concreto aerado.

**INDUSTRIALIZACION.**

**INGENIERO DE COSTOS.** Profesionista que usa técnicas y principios matemáticos, enriquecidos por su propio juicio y experiencia, para resolver problemas de estimación y control de costos, planeación y administración de la construcción.

**INSERTOS.** Son todas aquellas preparaciones metálicas o de algún otro material, que se dejan anegadas o ancladas en el concreto con el objeto de descimbrar, mover, transportar o montar elementos prefabricados.

**INTERCOLUMNIO.** Separeación entre dos columnas. Aplicado principalmente en los órdenes clásicos, a las distancias, entre ejes de columnas consecutivas.

**INYECCION DE LECHADA EN LOS DUCTOS.** Operación de introducir la lechada requerida mediante bombeo a presión, dentro de los ductos de los tendones.

**JUNTA.** Unión de dos ó más componentes.

**MATRIZ DE CIMBRADO.** Es la cimbra especial que a la cual se le da una forma predeterminada, por ejemplo para hacer moldura, o "pechos de paloma".

**MEDIDA MÓDULAR Ó MEDIDA NOMINAL.** Un elemento estará por tanto constituido por un componente y por su junta. La medida modular, será la del elemento. La medida nominal, será la prevista en la

planta para el componente, y la de fabricación, la medida que la industria podrá conseguir, teniendo en cuenta los errores de fabricación.

**MEDIDAS MODULARES O NOMINALES.** Son valores teóricos de referencia que fijan las dimensiones de elementos múltiplos del módulo básico.

**MEDIDAS DE EJECUCIÓN O DE FABRICACIÓN.** Son medidas que deben ser consideradas para la producción y para fijar las tolerancias de fabricación.

**MEDIDAS EFECTIVAS.** Medidas reales que son encontradas e la verificación del elemento real ya producido y cuya validez se ajusta al elemento verificado.

**MIEMBRO POR DOVELAS.** Miembro estructural, fabricado a base de elementos individuales (dovelas), que después de presforzados actúan como una unidad monolítica bajo las cargas de servicio.

**MODULO.** Medida Básica de una escala dimensional, que determina, las medidas mediante múltiplos o submúltiplos.

**MODULO BASICO.** Es la primera medida de la secuencia modular normal e intervalo dimensional básico del sistema de referencia; unidad métrica grande para la coordinación de algunas dimensiones de componentes constructivos o de diseño.

**MODULO DE FINURA.** Es la dimensión granuimétrica de un agregado (grava o arena).

**MODULO-OBJETO.** es una unidad de medida abstracta propuesta como dimensión básica para los elementos constructivos producidos industrialmente, actúa como denominador común de las dimensiones utilizadas.

**MORDAZAS.** (vease cuñas).

**MORTERO.** Combinación de agua, pasta y arena.

**MUERTO DE ANCLAJE.** Estructura voluminosa y pesada, de concreto, que sirve para equilibrar los esfuerzos temporales producidos por los dispositivos de anclaje de los tendones de presfuerzo.

**MUESTRA REPRESENTATIVA.** Parte de un volumen de agregados o cemento utilizada en la elaboración de pruebas.

**MULTIMODULOS.** Los módulos derivados o multimódulos son múltiplos enteros del módulo básico, módulos múltiplos del módulo básico.

**NIVELACION DE RECURSOS.** Reprogramación de todos los trabajos que no son críticos, de tal forma que los recursos se adquieran bajo una calendarización y se distribuyan gradualmente.

**PERDIDAS DE PRESFUERZO.** Pérdida de tensión en los tendones después que el concreto ha adquirido la resistencia de proyecto, originada por: Deslizamiento del anclaje, Acortamiento elástico del concreto, Flujo plástico del concreto, Retracción de fraguado en el concreto, relajamiento del acero ó pérdidas por fricción debido a la curvatura, intencional ó no intencional, de los tendones.

**PESO ESPECIFICO.** Relación del peso de un material al peso de una cantidad igual de volúmen de agua.

**PESO VOLUMETRICO COMPACTADO.** Peso por unidad de volúmen de un agregado compactado.

**PIGNOMETRÓ.** Instrumento para determinar densidad de grava y arena.

**PLASTICIDAD.** Propiedad del Concreto ó Mortero fresco que determina su resistencia a deformaciones o su facilidad de moldeo.

**POLIMEROS.** Dícese de un cuerpo químico obtenido mediante la unión de varias moléculas idénticas para formar otra mayor.

**PRESUPUESTO.** Estimación bajo un determinado tiempo, de la cantidad horas-hombre, materiales, horas-equiupo o dinero, usada como como patrón para medir el comportamiento de los costos.

**PÓSTENSADO.** Método de Presfuerzo en el cuál se estiran los cables, alambres o torones, se tensan cuando el concreto ha adquirido la resistencia de proyecto, habiendo perdido gran parte del agua de colado.

**PRESFUERZO.** Es la creación intencional de esfuerzos permanentes en una estructura o armadura, con el objeto de mejorar sus comportamiento y resistencia bajo diversas condiciones de servicio..

**PRESFUERZO EFECTIVO.** Esfuerzo que persiste en los tendones después de que han ocurrido todas las pérdidas.

**PRESFUERZO INTERIOR Ó PRESFUERZO EXTERIOR.** interior cuando se aplica a tendones sumergidos en el concreto o adyacentes a él, exteriores como gatos sobresalientes localizados en los extremos de una viga o en puntos intermedios cuando los extremos están restringidos por los apoyos, y que puedan producir compresión en las fibras inferiores ó tensión en las fibras superiores sin emplear acero de refuerzo en la viga, sin embargo tendrá que reajustarse de vez en cuando por la contracción, el flujo plástico del concreto que eliminan por completo las deformaciones artificiales.



**PRESFUERZO LINEAL O CIRCULAR.** circular es el que se aplica a tanques o silos redondos. Lineal empleada en elementos como vigas y losas, los cables de presfuerzo de éstos no necesariamente serán rectos, pueden ser o doblados o curvos pero no colocados en círculo.

**PRESFORZADO POR ETAPAS.** Utilizado para ejercer el presfuerzo en dos o más pasos para evitar el sobreesfuerzo o agrietamiento del concreto durante las fase de construcción antes de aplicar las carga muerta.

**PRESFUERZO PARCIAL.** Son ideas de diseño la cual el gato de presfuerzo se mantiene intencionalmente bajo; por lo general, el propósito es suministrar una compresión residual (tensión nula), bajo cargas normales de servicio, pero permitiendo tensión y aún agrietamientos en menor grado bajo cargas ocasionales.

**FRETENSADO.** Método de presfuerzo en el cual se estiran los alambres, cables o torones, contra el molde metálico donde se colará la pieza, antes de colocar el concreto en el molde.

**PROPORCION.** Relación de las partes de una construcción entre ellas, si estas partes se ajustan bien entre sí, se dice que es una proporción equilibrada.

**RECLAMACION.** Demanda de un pago extra por daños resultantes de un incumplimiento de contrato.

**RECLAMACION DE COSTO.** Demanda de parte del contratado, para modificar el costo convenido de la actividad desarrollada, por cambio de técnica o método en el trabajo convenido, bajo condiciones no imputables al contratado.

**RED.** Representación sistemática y gráfica de un proyecto, en la cual se usan flechas de actividades en una secuencia tecnológica.

**RELAJAMIENTO DEL ACERO.** Decremento del esfuerzo en el acero de presfuerzo que depende del tiempo y no de una disminución de la fuerza de tensión. En el acero de presfuerzo es el porcentaje de pérdida de tensión a temperatura constante y longitud constante.

**RESISTENCIA.** Es la capacidad que tienen los materiales, de absorber los esfuerzos a que se encuentran sometidos.

**RESISTENCIA A LA COMPRESION.** Es la resistencia que tienen los materiales para soportar cargas gravitacionales. - Dícese de la capacidad que tiene el concreto, cuando es sometido, a cargas de compresión, por medio de muestras cilíndricas de dimensiones 15 X 30 cms, curados en una cámara húmeda, teniendo una edad de 28 días como mínimo.

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

**RETICULOS LINEALES O REGLAS MODULARES.** Organización espacial que se realiza gráficamente, mediante una red geométrica, la cual está trazada mediante criterios modulares, pudiendo ser planos o espaciales (tridimensionales).

**REVENIMIENTO.** Medida de la fluidez del concreto fresco determinada a través de la disminución de altura, de un cono truncado de concreto fresco, de dimensión especificadas.

**SANGRADO.** Movimiento hacia arriba del agua de mezcla (empleada para una mejor maleabilidad), que pasa a través del concreto fresco.

**SIMULACION POR COMPUTADORA.** Simulación de una situación real, mediante la programación de una computadora.

**SISTEMA.** Es la combinación de partes reunidas, que operan armónicamente, entre el todo y sus partes, para obtener un resultado, y éstos, forman un conjunto.

**SISTEMA CONSTRUCTIVO.** Conjunto de Materiales, elementos y técnicas ordenadas racional y sistemáticamente, para poder desarrollar el proceso de un objeto arquitectónico.

**SISTEMA CONSTRUCTIVO INDUSTRIALIZADO.** Es el Sistema Constructivo, en el cual se aplican ciertos principios de la técnica industrial, como son la producción en serie, la repetición dimensional, la producción masiva y la especialización de la mano de obra, principalmente.

**SOFTWARE (PROGRAMAS) DE COMPUTADORA.** Programas de computadora empleados para el procesamiento de datos.

**SUBMÓDULOS** fracciones simples del módulo básico.

**TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO.** Es la malla inmediata superior a la primera malla donde el material retenido acumulado es superior al 10 %.

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

**TENDÓN ADHERIDO.** Es aquel en el que se provoca su adherencia al concreto ya sea directamente ó con lechada, en una pieza prefabricada.

**TENDÓN NO ADHERIDO.** Es aquel en el que se evita su adherencia en el concreto.

**TENDONES INTERIORES.** Son aquellos que empotran dentro de la sección transversal del miembro de concreto y pueden ser pretensados ó postensados, por lo general se refiere a postensados, localizados dentro de ductos ahogados en el concreto.

**TENDONES EXTERIORES.** Son los que permanecen fuera de la sección transversal del miembro de concreto al tiempo de colado; puede ligarse después a dicho miembro por medio de concreto adicional o relleno de lechada de concreto. Estos exteriores pueden colocarse en ranuras o canales en los lados del miembro de concreto, por ejemplo en una trabe de cajón, se puede colocar en el hueco de ésta.

**TENDONES POR ADHERENCIA.** Son los que están totalmente adheridos al concreto en toda su longitud, generalmente son los tendones pretensados o postensados de tamaños pequeños que se colocan dentro de ductos con relleno.

**TENDONES SIN ADHERENCIA.** Son aquellos que cuya fuerza se aplica al miembro de concreto solo en los anclajes. Intencionalmente se evita la adherencia en toda su longitud; cuando un tendón postensado se introduce en un ducto, este se puede rellenar con un compuesto bituminoso, envolverse con papel y después colocarse en las cimbras, colando y curando a continuación el concreto y estirando por último el tendón. Este es considerado sin adherencia. Los cables no adheridos deben protegerse contra la corrosión, ya sea inyectando lechada, engrasando ó por cualquier otro medio.

En general los tendones exteriores, coigantes, tirantes prestozados.... se consideran por lo general sin adherencia, excepto los sujetos en la pieza de concreto a intervalos cortos por medio de estribos y lechada de cemento.

**TENDONES ANCLADOS EN LOS EXTREMOS.** generalmente en el postensado, el anclaje en los extremos del elemento, una vez tensados, se sujetan por medio de dispositivos mecánicos que transmiten el presfuerzo al elemento.

**TENDONES NO ANCLADOS EN LOS EXTREMOS.** Generalmente en pretensados, los tendones transmiten el presfuerzo al elemento de concreto por simple adherencia y a todo lo largo de la pieza; aunque puede existir zonas de adherencia nula.

**TENSIÓN INICIAL.** Fuerza prestozante máxima aplicada al tendón al tensar.

**TENSIÓN FINAL.** Fuerza Prestozante que permanece en el tendón después que han ocurrido todas las pérdidas.

**TOLERANCIA.** Margen de imprecisión permitida, en el peso o las dimensiones de un elemento fabricado.

**TOLVA.** Recipiente para almacenar y pesar agregados o cemento.

**TORON.** Tendón compuesto generalmente de siete alambres o hilos, de los cuáles el central es recto y los otros seis longitudinalmente siguen una trayectoria helicoidal.

**TRABAJABILIDAD.** Facilidad de manejo que adquiere el concreto para transportarse y colocarse en el área de colado.

**TRANSFERENCIA.** En concreto pretensado, es la acción de transferir la fuerza del tendón al concreto del elemento estructural, al ser elevado el tendón de sus aciajes temporales extremos.

**VACIOS.** Espacios de aire no deseados en el concreto.

**VOLUMEN SOLIDO.** Volumen ocupado por un material, excluyendo el espacio o hueco que existe entre las partículas.

## BIBLIOGRAFIA .

## APENDICE "C".

**TESIS :**

---

**Desarrollo y Aplicacion Tecnologica,  
de los Procesos Constructivos Industrializados.**

**Maestria en Tecnologia.**

APENDICE "C".

B I B L I O G R A F I A .

1. Juarez Campa, Maricela  
" Taller de introducción a la Metodología de la investigación en las áreas de la salud y educativa"  
 U. A. P. Universidad Autónoma de Puebla, Centro de Formación y Supración Docente Puebla, Pue 1986.
2. Feld, Jacob.  
"Fallas Técnicas en la Construcción"  
 Editorial limusa sa. Primera edición México 1983.
3. Blevot, Jean.  
"Patología de las Construcciones de Hormigón Armado", Editores Técnicos Asociados. s.a. Barcelona, 1976.
4. Barbara Zetina, Fernando.  
"Materiales y Procedimientos de Construcción" Sexta Edición, México 1977.
5. Lyndon Everet y Otros.  
" Revista IMCYC No. 120 " Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, México, 1981.
6. Coulomb, René  
"Políticas de vivienda y necesidades habitacionales" revista No 4 Jul, Sep CIUDADES. Rep Nacional de Investigación Urbana ,Mexico 1989
7. Rosseau, Juan Jacobo.  
"El contrato social o principios de derecho político", 1a. edición, Ed. Dante, México, 1988.
8. Secretaría de Programación y Preusupuesto.  
"Plan Nacional de Desarrollo 1989-94"  
 Poder Ejecutivo Federal, México, 1989
9. Budar Lendech, Enrique.  
"Bajareque Tecnificado" Ponencia, Congreso Nacional de Energía Solar, Puebla, México 1988.

10. Hassah Fathy.  
"Arquitectura para los pobres" Ed. Ex-temporáneos, 1973, Arabia.
11. Izquierdo, Heriberto.  
"El Empleo de Concreto en el sector I del Conjunto Iztacaico" Revista IMCYC Vol. XII, No. 69 Julio/Agosto, 1974.
12. J. Serrano y otros.  
"Principios de Diseño Urbano, Arquitectónico y estructural para el sector IV de la Unidad Iztacaico" revista IMCYC Vol. XII No.69 Julio - Agosto, Mexico 1974.
13. Gutierrez Romo, J.L.  
"Nuevo Sistema Mexicano Racionalizado de Construcción en Concreto", Revista IMCYC, Vol XII No.67 Marzo/Abril 1974.
14. Méndez Escalante Rubén.  
"Casas Prefabricadas para la Habitación Popular", Revista IMCYC, Vol IX, No 54 Enero/Febrero 1972.
15. Design Environment Group.  
"Tableros Prefabricados con bloques de concreto para casa de bajo costo en Louisville, Kentucky" Revista IMCYC, No. 64 Vol. XI, Septiembre/Oct.1973.
16. B. K. Paul y otros.  
"Ferrocemento". ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Primera - Edición, México, 1984.
17. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.  
"Terminología usada en elementos de prestozado n.o.m. c-112-1978" México.
18. Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas.  
"Escuelas Primarias y Escuelas Secundarias Generales". Tomos del 1 al 8. Ed. CAPFCE. México, 1977.
19. Berndt, K.  
"Prefabricación de Vivienda en Hormigón" Ed. BLUME. primera edición española 1970 Madrid, España.

20. Habraken  
"Diseño de Soportes" Ed. Gustavo Gili, México.
21. Marshall McLuhan.  
"Una visión de la Construcción industrializada" ed. Gustavo Gili, Tecnología y Arquitectura, Barcelona, 1976.
22. Rosso, Teodoro. Ing.  
"Aplicación de la Coordinación Modular", Revista Constru-noticias, Marzo, Mexico, 1971.
23. Constru-noticias.  
"Problemas habitacionales e industriales de la Construcción", revista constru-noticias, Diciembre, Mexico 1970.
24. Bruce Martin.  
"Las juntas en los edificios" Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1977.
25. I M C Y C .  
"Diseño de Conexiones de Elementos Prefabricados de concreto" IMCYC, México.
26. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.  
"Medidas Modulares verticales preferentes para la construcción, n.o.m. c-86-1974." Diario Oficial de la Federación, México.
27. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.  
"Dimensiones y tolerancias de los elementos prefabricados tipo arquitectónico, - n.o.m. c-247-1978." México.
28. Agrupación Mexicana del Presfuerzo.  
"Detalles de Conexiones para edificios de concreto de elementos presfuerzados precolados". Comité de Detalle de Conexiones - del instituto del Concreto presfuerzo.
29. ANIPPAC.  
"Catálogo ANIPPAC", Asociación Nacional de la Industria de la Prefabricación y del Presfuerzo. A. C. México, 1986.
30. MOKK LASZLO.  
"Construcciones con materiales Prefabricados de Hormigón." Ed. URMO Bilbao, España. 1982.



31. Le Corbusier.  
"El Modulor". Ed. Poseidón, Segunda Ed. Buenos Aires, Argentina, 1961.
32. Salvat Mexicana de Ediciones, S. A. de C. V.  
"Historia del Arte" Ed. Salvat, Edición Mexicana, 1980.
33. F. F. Mc. Millan y Lewis H. Tuthill.  
"Cartilla del concreto". Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. IMCYC Ed. LIMUSA. Primera edición, México 1989.
34. Pot-Tensioning Institute.  
"Diseño de Losas Postensadas". Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. A.C. IMCYC. Ed. LIMUSA. Mexico. Primera reim- presión, 1988.
35. Van Rosmalen Jansen, Jan.  
"La prefabricación y su aplicación al Diseño Arquitectónico". Tesis de Maestría, en Arquitectura-Tecnología, de la División de Estudios de Posgrado, de la Facultad de Arquitectura de la U.N.A.M.
36. De Cusa, Juan.  
"Aplicación del Plástico en la Construcción", Ed. CEAC, 1a. Edición, Barcelona, 1979.
37. Sociedad Mexicana de Tecnología en Arquitectura"  
"Nuevas Técnicas y Materiales Constructivos", Curso de Actualización del Instituto de Arquitectura y Urbanismo, México, 1989.
38. U.P.A.E.P.  
"Tecnología del Concreto", Libro de la Especialidad en Construcción, de la Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México, 1987.
39. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.  
"Concreto Pre-mezclado, n.o.m. c-155-84" Diario Oficial de la Federación, México.
40. Blachère Gerard.  
"Tecnologías de la Construcción industrializada", Ed. Gustavo Gili, s.a. Barcelona, 1977.

41. **Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.**  
" Aditivos Químicos que reducen la cantidad de agua y/o modifican el tiempo de fraguado del concreto, n.o.m. c-255-81."  
Diario Oficial de la Federación, México.
42. **I. M. C. Y. C.**  
" Aditivos para Concreto". IMCYC, México
43. **Andrew Short y William Kinniburgh.**  
"Concreto Ligero" Segunda reimpresión, -  
Ed. Limusa, Mexico, 1988.
44. **Viguetas y Bovedillas S. A.**  
"VIBOSA. Elementos estructurales Pres -  
forzados." Foiletos propagandísticos de  
los materiales fabricados, México.
45. **Juan Carlos Guzman.**  
"Investigaciones del Instituto de  
Investigación de Materiales." I.I.M.  
Gaceta UNAM. pag. 13.  
19 de Octubre de 1989.
46. **Jose Luis Cardona.**  
"LA VIVIENDA UN INDICADOR."  
periódico CAMBIO  
22 de mayo de 1990.
47. **Dr. Ing. Tihamér Koncz.**  
"Manual de la Construcción Prefabricada"  
3 tomos, Ed. Hermann Blume ediciones. 2a  
edición española; 3a. edición alemana,  
1975, Madrid, España.
48. **Van Wuthenau, Antonio.**  
"Apuntes de Administración en Ingeniería"  
U. N. A. M. Facultad de Ingeniería, Dpto  
de Construcción, México, 1981.
49. **Merlin-Chalumeau, Gabriel.**  
"Sistemas de Cimbra para muros". revista  
IMCYC 89, Instituto Mexicano del Cemento  
y del Concreto, Nov-Dic. México  
1977.
50. **T. A. V. Meikle.**  
"Tratamiento de juntas en fachadas pre-  
fabricadas."  
revista IMCYC 108 Pag 23 Instituto Mexi-  
cano del Cemento y del Concreto, Abril,  
México 1980.

51. Nancy Dembo N. y José A. Peña Uzcátegui.  
"Sistemas Constructivos Industrializados para edificios de Vivienda". revista - IMCYC 129 Pag 57, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto Enero México 1982
52. Plazola Cisneros, Alfredo.  
"Arquitectura Habitacional I"  
 Ed. Limusa. Mexico.
53. Ballina Garza, Jorge.  
"Análisis Histórico de la Arquitectura."  
 Ed. Trillas. Primera Edición Marzo 1988.
54. Christofert Riccabona.  
"Casas Aterrazadas". Colección Michael - Wachberger. P + P No. 6.
55. Neufert.  
"Arte de Proyectar en Arquitectura".  
 Ed. Gustavo Gili, Barcelona, España.
56. Lozano Fuentes, José Manuel.  
"Historia del Arte." Ed. CECSA. Primera Publicación, 1976, México.
57. Bazán Zurita, Enrique; Meli Piralla Roberto.  
"Manual de Diseño Sísmico de Edificios".  
 Ed. Limusa. primera reimpression 1987.  
 México D.F.