

300615

13

2y



UNIVERSIDAD LA SALLE

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

EST. DE 1971
MEXICO D.F. 1971

**CONVENIENCIA DE LOS PREFABRICADOS
EN LA EDIFICACION MEXICANA**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN INGENIERIA CIVIL
P R E S E N T A
MIGUEL PABLO GUZMAN GARCIA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TEMARIO

-Introducción.	1
-Capítulo I.- CONSTRUCCION URBANA ACTUAL	4
1.1.-Cimentación.	5
1.2.-Superestructura.	8
1.3.-Albañilería gruesa y acabados.	15
1.4.-Desarrollo a detalle de una obra.	19
1.5.-Análisis a detalle de conceptos.	23
-Capítulo II.- PREFABRICACION E INDUSTRIALIZACION	31
2.1.-Conceptos básicos.	31
2.2.-Ventajas de la prefabricación e industrialización.	36
2.3.-Opciones para la prefabricación.	42
-Capítulo III.- PREFABRICACION COMO OPCION PARA MEXICO	46
3.1.-Ventajas en México.	46
3.2.-Opciones en México.	58
3.3.-Futuro de los prefabricados.	52
-Capítulo IV.- JUSTIFICACION ECONOMICA	63
4.1.-Introducción.	63
4.2.-Desarrollo de propiedades técnicas.	67
4.3.-Proposición de un prototipo.	75
4.4.-Identificación de incidencias.	77
4.5.-Presupuesto para sistemas tradicionales.	80
4.6.-Presupuesto para paneles prefabricados.	82
-CONCLUSIONES	85

Introducción.-

En la actualidad nos encontramos en una época en la cual el construir cuesta mucho dinero y la construcción se encarece cada vez más hasta casi llegar al límite en que se hace inalcanzable.

Todos podemos ver cómo obras y obras se quedan incompletas, abandonadas. Esto es porque los costos se han ido tan arriba que se hace imposible terminar. Además, con las condiciones inflacionarias actuales, el estar detenida una obra no impide que los costos sigan elevándose. Este fenómeno hará que la obra se interrumpa indefinidamente.

En estos tiempos, donde la inflación e intereses son conceptos tan importantes no es posible mantenerse construyendo como hasta ahora. Es en este momento en el cual deberemos de buscar otras opciones y proponer nuevas soluciones. Mientras más nos tardemos en cambiar el rumbo de la construcción, estaremos sufriendo pérdidas por muchos millones de pesos. A los ingenieros de estos tiempos nos corresponde el idear sistemas nuevos que solucionen de mejor forma los problemas actuales.

El propósito de esta tesis es el de analizar y justificar el desarrollo industrializado de elementos prefabricados como sistema constructivo. Esto se debe de hacer con las miras de la economía, rapidez y manejabilidad.

En este trabajo se va a analizar sus ventajas y desventajas con el fin de ubicar perfectamente los conceptos básicos que intervienen en el costo de la construcción. Con esto vamos a saber sobre qué puntos vamos a centrar nuestra atención para así combatir eficazmente los altos costos de la construcción.

Después de esto vamos a plantear las soluciones adecuadas dentro del campo que podamos manejar. Esto es, hay varios conceptos cuyo manejo está fuera de nuestro alcance el manejar como lo son los costos de materiales y equipo. Sin embargo podemos plantear cambios en la mano de obra al eficientar los trabajos y ahorros en escalatorias.

Para estos fines se ha pensado en la prefabricación y en la industrialización puesto que el cambiar significativamente los conceptos básicos de los métodos tradicionales es prácticamente imposible.

Como ya hemos dicho, los métodos constructivos en edificaciones han permanecido estáticos o, más bien, no han sufrido ningún cambio por mucho tiempo. Cuando mucho se han visto cambios en la calidad de los materiales que cada vez son más malos. Se siguen empleando piezas pequeñas para ir construyendo los muros. Se tienen que elaborar los cementantes en la obra. Se "aprovecha" la moldabilidad del concreto para fabricar piezas casi siempre iguales, etc. Podemos citar así muchos ejemplos que nos mostrarán cada vez más los primitivo y costoso de los sistemas de construcción actuales. Si analizamos detenidamente el desarrollo de una obra, caeremos en la cuenta que para poder abaratar la construcción deberemos aumentar los rendimientos del obrero y eficientar aún mas el trabajo de la gente.

Cada vez es más difícil lograr aumentar el rendimiento y ya se tienen muy estudiados y estandarizados por lo que ya hay muy poco nuevo en este renglón. En cambio, bien podemos plantear y estudiar un cambio en las formas de construcción empleadas, tanto en materiales como en los elementos.

Actualmente, México dispone de muchos recursos con los que es posible darle un giro significativo a la industria de la construcción.

El GATT y todos los beneficios comerciales que este acarrea. También se ve venir mucha inversión extranjera en materia turística; las metas que se ha fijado el gobierno de la república por medio del INFONAVIT, FOVISSSTE, FONHAPO, etc. para proveer de habitación a todos los mexicanos necesitados. En general, se va a dar impulso a la edificación urbana por lo que no es posible permanecer estáticos. Se deben desarrollar métodos que permitan una gran rapidez y economía de manera que México salga beneficiado de esta etapa tan importante en la historia de nuestro país.

CONSTRUCCION URBANA ACTUAL

La habitación es uno de los principales bienes del hombre actual. Además, el contar con el número de casas demandado por la población constituye uno de los principales indicadores del progreso y autosuficiencia de un país. Es por esto que la construcción de casas habitación es una parte muy importante de la actividad de todo constructor.

Sin embargo, en la actualidad el constructor no puede construir sin tomar en cuenta muchísimos factores muy importantes y que van a influir determinadamente en toda obra. Nos estamos refiriendo principalmente a la economía. No es posible considerar una obra como bien hecha, si antes el ingeniero no veló por su economía. Especialmente en la época actual y en la situación que vive México. Por eso, es necesario que al planear o estudiar un proyecto, se haga hasta el más mínimo detalle y así evitar complicaciones. Al estudiar concienzudamente un proyecto vamos a identificar las variables de mayor importancia y peso, que representen altos costos y donde probablemente haya descuidos y desperdicios en esos conceptos.

En éste capítulo vamos a analizar detenidamente el desarrollo de una obra típica, de manera que se pueda apreciar claramente el peso de cada actividad, los posibles errores que hay y podremos ver perfectamente cuales son los conceptos sobre los que debemos concentrar nuestros esfuerzos.

Podemos encontrar en México muchísimos tipos de obras dentro de la construcción urbana. Tales pueden ser casas de interés social, edificios con estructura de concreto, bodegas, rascacielos, casas de dos niveles, residencias, edificios de estructura metálica, etc. Todos estos ejemplos nos ilustran sobre la variedad de finalidades que encontramos en la construcción urbana. Las diferencias las encontramos referidas a la estructuración, a los materiales empleados, al uso del edificio, a la altura del edificio, al monto de la inversión, etc.

Sin embargo dentro de las diferencias que encontramos, también existe un cierto orden que regirá el avance y costo de la construcción.

En toda construcción se cumple en mayor o menor grado el siguiente orden:

- 1.- Cimentación
- 2.- Superestructura
- 3.- Albañilería gruesa
- 4.- Instalaciones
- 5.- Acabados

Ahora, desde el punto de vista de costos, estos se pueden dividir en tres grandes grupos:

- a) Materiales
- b) Mano de Obra
- c) Equipo

En la primera división que hicimos, en referencia al orden de la construcción, podemos observar que cada una de las partes que componen una obra llega a tener un peso diferente dependiendo del tipo de obra de la que estemos hablando. Por ejemplo, en un edificio muy grande, la cimentación llega a ser una partida muy importante de manera que su peso relativo (en costo) llega a ser muy alto. Lo mismo sucede con la superestructura, no así con la albañilería y los acabados.

En cambio, en una residencia, los acabados y la albañilería desempeñan un papel fundamental en el costo de una obra puesto que para el futuro dueño de la obra, el principio básico es la belleza final de la obra.

No cabe duda que si queremos estudiar como economizar una obra en especial, deberemos centrar nuestros esfuerzos en las partidas que mas influyen en el costo de una obra. Dependiendo de la partida que se busque economizar, será el método que estudiaremos. Es claro que todas las obras son diferentes entre sí y las partidas pueden cambiar en importancia, aún tratandose de obras del mismo género; sin embargo, los razgos principales no variarán mucho y podremos generalizar casos.

1.- CIMENTACION

Empezando por la partida de cimentación se puede decir que la ingeniería de cimentaciones es el arte de elegir, proyectar y construir los elementos que transmiten el peso de la estructura a las capas interiores de suelo o roca.

Poco se puede hacer por innovar métodos que abaraten el costo de una cimentación dada. Lo que si se puede hacer es tratar de someter

la cimentación a los menores esfuerzos de trabajo posible, esto es, aligerar la carga de la cimentación.

Para la partida de cimentación, los conceptos mas importantes son aquellos donde intervienen el concreto y el acero de refuerzo. Así como los elementos de la superestructura, la cimentación está diseñada de acuerdo a los esfuerzos a los que será sometida. Los elementos de la cimentación son construidos de concreto reforzado pues es el material que presenta mejores propiedades para resistir los altos grados de humedad y corrosión del subsuelo; además las resistencias que llega a obtener son muy altas. El problema que presenta el concreto reforzado es que es un material muy costoso. Es por esto que al diseñar una cimentación se procura eficientar al máximo el diseño para así obtener las secciones y areas menores y obtener ahorros considerables.

Este trabajo no tiene como finalidad el profundizar mucho en la cimentación puesto que el objetivo fundamental es el analizar los costos de una casa habitación y la cimentación no es una partida clave. Sin embargo conviene que se analizen las posibles reducciones de carga al emplear soluciones diferentes y así hacer mas eficiente el diseño y la economía de la cimentación.

2.- SUPERESTRUCTURA

Probablemente, para la mayoría de las construcciones esta es la partida mas importante. Esto obedece a que en la mayoría de las obras la superestructura es la partida que mas dinero requiere.

El concepto de superestructura se refieren a los elementos de toda construcción cuya finalidad es la de soportar todas las cargas y pesos propios de la edificación y transmitirlos a la cimentación. Dentro de la superestructura encontramos columnas, trabes, muros de carga y losas. La mayoría de los elementos que mencionamos anteriormente generalmente son elementos de concreto reforzado cuya elaboración es de proceso lento y de peso propio alto.

La superestructura también es la partida que lleva mas tiempo puesto que para colar los elementos de concreto es necesario antes armarlos y cimbrarlos, procesos que no se pueden reemplazar o adelantar ni retrasar.

Para los elementos de la superestructura el material mas comúnmente empleado es el concreto. El concreto es la mezcla de cemento Portland con grava y arena que en contacto con el agua hace que se obtenga una verdadera roca artificial. Podemos encontrar concretos de diversas resistencias que dependerán de las proporciones de la mezcla. Así obtenemos concretos desde 100 kg/cm^2 hasta de 450 kg/cm^2 .

El concreto es un material que presenta muchas ventajas desde el punto de vista estructural y constructivo, aunque también muchas desventajas. Las ventajas que podemos mencionar son las siguientes:

1.- Resistencia adecuada para la construcción.

2.- Moldeabilidad

3.- Facilidad de manejo.

4.- Sencilla elaboración.

Además hay otras ventajas desde el punto de vista del usuario:

a) Durabilidad

b) Poco mantenimiento

c) Buen aislamiento acústico

Las ventajas que se acaban de mencionar hacen del concreto el elemento mas valioso para el constructor. Sin embargo, también encontramos desventajas que vale la pena mencionar puesto que hacen que se reduzca la eficiencia del concreto. Nos referimos a las siguientes:

a) adquiere su resistencia lentamente

b) Requiere de moldes

c) No puede adelantarse la actividad

d) Es un elemento pesado

A pesar de estas desventajas, el concreto sigue siendo el material de mayor uso en la construcción.

Sin embargo, el concreto no puede trabajar solo puesto que es un material incapaz de resistir los esfuerzos de tensión. Es por esto que al hacer un elemento de concreto, es necesario que lleve un armado de acero. El acero es el producto de la mezcla de fierro con carbón y presenta resistencias muy altas. Del orden de 2000 kg/cm^2 hasta 6000 kg/cm^2 . Al colar un elemento de concreto reforzado con armado de varillas de acero, podemos obtener elementos capaces de resistir esfuerzos muy altos. El concreto tomará los esfuerzos de compresión y el acero los esfuerzos de tensión.

Con el concreto reforzado se construyen casi todos los elementos de la superestructura. Tal es el caso de las columnas, traveses, losas y muros de carga.

Los elementos de concreto de la superestructura son lo que llamamos el producto terminado. Para obtener este producto terminado hay que pasar por varias etapas. El orden de estas etapas depende del elemento requerido. Casi siempre es el siguiente:

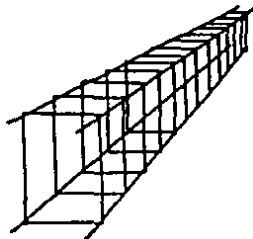
- 1.- Armado
- 2.- Cimbrado
- 3.- Colado

1.- El armado.- Consiste en formarle al elemento su estructura interna con acero de refuerzo con el fin de dejarlo preparado para recibir los esfuerzos de tensión. Esta etapa es la primera en definir las dimensiones del elemento y su posición en la estructura.

Hay muy diversos tipos de armados y dependen del elemento que se desea, de la resistencia, de la posición que guarda respecto a la estructura.

Para el caso de columnas y traveses el armado típico se compone de varillas en sentido longitudinal y estribos en sentido transversal. Las varillas longitudinales son las encargadas de resistir los esfuerzos axiales como la compresión y en mayor parte la tensión, así como los momentos flexionantes y los estribos se colocan para resistir los esfuerzos cortantes.

El armado típico de una trabe es el siguiente:



Generalmente el acero de refuerzo que se emplea en la construcción tiene un esfuerzo de fluencia (F_y) de 4200 kg/cm² aunque depende de las características que se quieran para el elemento.

En el caso de losas y muros de concreto el armado típico consiste en una doble retícula en los dos sentidos y la separación variará dependiendo del ancho de la losa o muro y de la resistencia requerida.

El acero de refuerzo se proporciona en varillas con corrugaciones y se manejan varios diámetros. Los diámetros comerciales son los siguientes:

1/4"

5/16"

3/8"

1/2"

5/8"

3/4"

1"

1 1/2"

2.- Cimbrado.- Esta operación es la que le va a dar su forma definitiva a los elementos por colar. Consiste en hacer un molde de

madera con la forma que se desea y colocarlo en el sitio final del elemento. Es claro que previamente se ha colocado el armado y la cimbra dejará un recubrimiento de aproximadamente 2 cms. entre la superficie terminada y el acero de refuerzo.

La operación de cimbrado requiere trabajos previos como son el recorte de los elementos de madera, el habilitado o armado de las piezas, la preparación con diesel, etc.

Al cimbrar los elementos debe revisarse cuidadosamente el plomeo y nivelación de estos para evitar incurrir en errores al colar el elemento.

En muchas ocasiones, el cimbrado de los elementos se convierte en una actividad muy complicada pues llega a requerir de andamios y estructuras de madera adicionales.

El empleo de madera en la construcción es importantísimo y su consumo debe de ser lo mas aprovechable. Existe muchísimo desperdicio aunque al hacer el presupuesto se considera que se van a hacer 6 u 8 usos de la madera.

La operación de cimbrado es la que requiere de más tiempo que cualquier otra en los trabajos de superestructura. Y sin embargo, no es posible adelantarla ni prescindir de ella para aprovechar el tiempo. Si se han ideado sistemas que permiten acelerar el cimbrado pero no lo suficiente como para obtener una reducción significativa de tiempo y dinero.

3.- Colado.- Consiste sólo en vaciar la mezcla en los moldes de madera, de manera que se llenen por completo y formen así el elemento terminado. La operación es sencilla aunque hay que tener una serie de cuidados para evitar que el molde no sea llenado por completo. Es necesario aplicar el vibrador en todo el elemento y lograr así que no queden huecos y burbujas en el interior. Otro cuidado que se debe tener es el curado del concreto, esto es, evitar que el concreto pierda agua y así empobrecer la relación agua-cemento. La manera como el concreto puede perder agua es por la evaporación provocada por el calor generado por la reacción del cemento con el agua. Lo más común es mojar continuamente la superficie o mediante el empleo de aditivos especiales. También pueden emplearse aditivos para una gran cantidad de funciones. Estas pueden ser unión de concreto viejo con nuevo, evitar agrietamientos, impermeabilizaciones, etc.

Ahora, ya que vimos las operaciones necesarias para obtener un elemento de concreto vamos a analizar los recursos necesarios para lograr una buena ejecución de los trabajos; esto referido a los materiales, mano de obra y equipo.

Los materiales necesarios para la elaboración del concreto son: Cemento Portland, grava, arena, agua y aditivos. Todos estos son materiales básicos y sencillos de conseguir, aunque dependiendo de la ubicación de la obra va a ser el costo o la dificultad de conseguir los materiales.

Para la elaboración del concreto y el colado o colocación en la cimbra, es necesaria una cuadrilla numerosa pues son diversos frentes: la revoladora, los vibradores, acarreo de agregados y la colocación del concreto. Además es necesario herramientas y equipo como la revoladora, vibrador, botes, etc.

En una obra normal, los colados se efectúan a bote pues generalmente el volumen por colar no es muy grande (nos referimos al caso de una casa habitación); sin embargo también se efectúan colados con bomba para concreto. Los colados son el centro de atención de las actividades de la superestructura. Alrededor de ellos giran las demás actividades.

Para los armados es necesario como material básico la varilla y alambre para hacer los amarres. En cuanto a la mano de obra, ésta va a depender directamente del tamaño de la obra y de la cantidad de acero por habilitar. Generalmente el armado no es una actividad que marque el ritmo de avance de la obra aunque su desempeño si repercute en el costo de la superestructura.

La actividad que influye mas en el ritmo de la obra es el cimbrado. En esta actividad se requiere de una inversión mas o menos fuerte al principio de la obra pues es cuando hay que comprar la madera para habilitarla y recortarla dependiendo de los elementos y su uso. El costo de la madera se irá amortizando poco a poco conforme se vaya avanzando en los cobros. Decimos que el cimbrado es la actividad que marca el ritmo de la obra puesto que es donde se presentan los problemas más comunes y toma mas tiempo el resolverlos

En obras de casa habitación u obras similarmente pequeñas el equipo no es un concepto que pese mucho. Este mas bien llega a influir en el caso de obras de construcción pesada y no en obras de construcción urbana, sin embargo no por eso se van a descuidar los conceptos

donde intervenga el equipo y este sigue siendo un concepto de importancia.

3.- Albañilería Gruesa.- Aparte de los trabajos de la superestructura están los trabajos de albañilería gruesa que son los que le darán a la construcción los toques que le darán forma. Estos son los muros, aplanados, escaleras, dallas, castillos, pisos, herrería, etc.

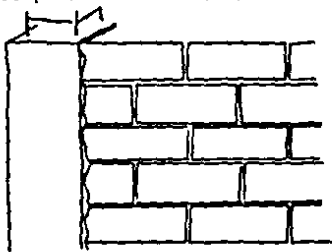
Todos los trabajos de albañilería gruesa son importantísimos en la construcción de una casa habitación. Sin ellos la obra sería solo un conjunto de columnas, traveses y losas sin forma. Prácticamente al acabar con estos trabajos solo restaría darle el toque personal del gusto del dueño. Los trabajos de albañilería requieren de personal especializado en cada uno de ellos para que el producto final sea de calidad.

Para la albañilería gruesa los materiales que se utilizan son generalmente sencillos. Mezclas que se hacen a mano, morteros; prácticamente solo se requiere arena, cemento y agua, además del tabique o block que se vaya a utilizar.

La tarea más común dentro de la albañilería gruesa es la de levantar muros interiores. Podemos encontrar una gran diversidad de muros en función del tipo de tabique usado, el tipo de colocación, etc. Podemos encontrar muros de tabique rojo aparente, muros de tabicón, muros de block hueco de diversas medidas, muros capuchinos. Todos los tipos de muros pueden ir aparentes o con un recubrimiento.



Al construir los muros se debe tener mucho cuidado en respetar el plomeo y la nivelación del muro para evitar posibles complicaciones. En ocasiones se considera en el diseño un posible sismo y conviene desligar los muros de relleno de la estructura. Esto se puede hacer dejando una tira de celotex entre la estructura y el castillo de cerramiento. Lo mismo se puede hacer en la unión del muro con la losa.



Los muros de tabique no tienen la suficiente rigidez por sí solos. Por eso es necesario reforzarlos con castillos y dalas de concreto. Estos elementos son como una especie de columnas y traveses de concreto mas pequeñas; son comunes en dimensiones de 15 x 20 cms. y están armadas con varilla de 5/16" o 3/8" y alambón. Los castillos y dalas actúan como marcos para cada muro.

Otro trabajo muy importante de albañilería es el de los recubrimientos. Hay muchos tipos de recubrimientos y dependen del sitio y del uso que se le vaya a dar al lugar. Podemos encontrar aplanados de mezcla rústicos, con liana metálica, con cemento pulido, aplanados de yeso, pintura, tirol planchado, tirol rayado, etc. Los recubrimientos le van a dar a la obra el carácter sencillo ó de lujo. Podemos

decir que es la cáscara, lo que la gente ve, por lo que es importante que se escojan muy bien y se le de el toque adecuado.

Los exteriores y fachadas pueden llevar diversos tipos de recubrimientos o aparentados. Por ejemplo, pueden utilizarse aplanados de mezcla, tabique aparente, cantera, etc. Sin embargo, no podemos emplear cualquier tipo de recubrimiento en exteriores. Debemos escoger un tipo de recubrimiento que no sea afectado fácilmente por la lluvia, el viento o el sol. De allí que los recubrimientos recomendados sean resistentes a la acción de los elementos.

Otros recubrimientos típicos son los de los interiores en las zonas de sala, comedor y recámaras en el caso de una casa habitación. Los recubrimientos de estas zonas deben tener como principal finalidad el ser agradables a la vista. Es por esto que lo común en estos interiores es el yeso y papel tapiz. También es común usar diversos tipos de tirol.

También la zona de baño debe tener sus características propias por las condiciones de humedad que allí se presentan. El recubrimiento por usar allí debe ser impermeable. Es por eso que encontramos el típico azulejo, mármol ó pintura vinílica. Todos estos recubrimientos requieren de personal que esté especializado en cada uno de ellos.

Ya a este nivel se puede observar bien el avance de la construcción y practicamente sólo le faltaría por proporcionar los servicios.

3.- Instalaciones.- Simultáneamente a los trabajos de albañilería gruesa se hacen los trabajos de instalaciones. Las instalaciones que se colocan en una casa habitación serán generalmente electricidad, agua, gas y teléfono.

Las instalaciones son colocadas simultáneamente a la superestructura y a la albañilería pues gran parte de la tubería y cableado van ocultos en las losas y muros. Sin las instalaciones una casa habitación sería casi inservible y no habría diferencia entre una casa y una cueva.

Las instalaciones deben cumplir con una estricta serie de requisitos durante la construcción para evitar que durante su uso se estropeen o no funcionen. Por ejemplo, las instalaciones hidráulicas son probadas con agua a una presión mayor que la que se aplicará en el caso mas desfavorable. También las instalaciones eléctricas son probadas antes de colocar los accesorios.

4.- Acabados Finales.- Ya que están todos los trabajos de albañilería y la instalaciones solo quedan los toques finales para la entrega. Dentro de estos trabajos encontramos las impermeabilizaciones, emboquillados, limpiezas de tabique, colocación de muebles de baño, etc.

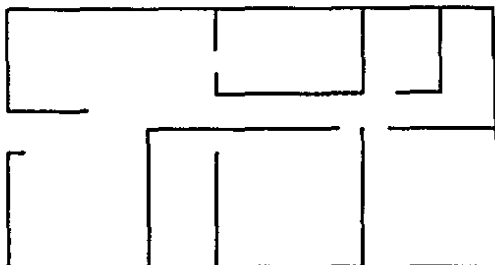
En muchas ocasiones estos detalles toman mucho tiempo pues el constructor debe revisar con sumo cuidado de manera que no se vaya a pasar ningún detalle.

DESARROLLO A DETALLE DE UNA OBRA

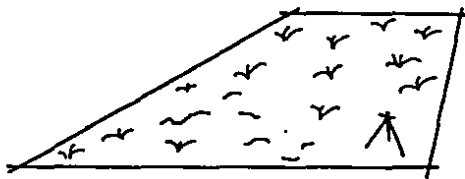
Para poder comprender bien todas las operaciones en cada una de las etapas de una obra vamos a desarrollar paso a paso una obra típica.

La obra consiste en una casa habitación de una sola planta con sala, cocina, dos recámaras y dos baños. Estará proyectada en una zona residencial de medio lujo por lo que deberá incluir todos los servicios; los acabados deben de ser de primera calidad.

Se cuenta con un terreno rectangular y la casa tendrá la siguiente planta.



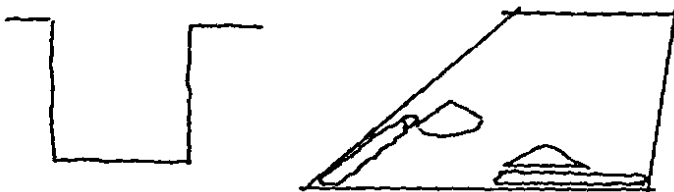
Al comenzar la obra se tiene el terreno en bruto o baldío. Es necesario limpiar bien el terreno, desenraizar y nivelarlo bien. Luego se deberán trazar los ejes empleando hilos, cal, estacas, etc.



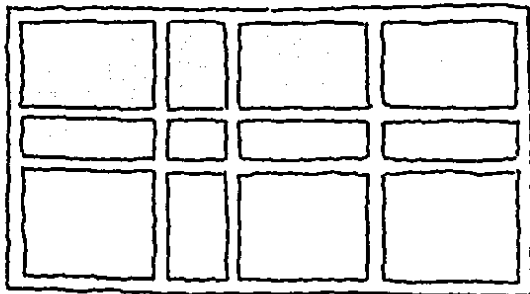
Las actividades que acabamos de mencionar forman parte de la partida de trazo y nivelación. Esta es la primer partida en cualquier obra. Es una partida muy importante puesto que va a marcar los ejes o rutas que se deben seguir. Si se toman mal los ejes se tendrán muchos problemas durante el transcurso de la obra para corregir el error.

Para llevar a cabo esta partida se utiliza una cuadrilla de topógrafos con sus ayudantes. Estos serán los que marquen los ejes y coloquen las estacas y los hilos. También es necesaria una cuadrilla de 5 peones para realizar los trabajos de limpieza, desenraizar y nivelación del terreno. Los trabajos de trazo y nivelación tomarán aproximadamente 2 semanas. Solo al finalizar estos se podrá pasar a la siguiente etapa.

La siguiente etapa de la obra es la de los trabajos en cimentación. Comenzarán por las excavaciones donde se alojará la mampostería; estas excavaciones tomarán los ejes principales ya trazados. Para la obra que estamos manejando la cimentación no es muy complicada ni de mucha importancia. Para estos casos la excavación es generalmente del orden de 1.20 m de profundidad por 1.00 m de ancho.



Al terminar con los trabajos de excavaciones la planta del terreno sería la siguiente.

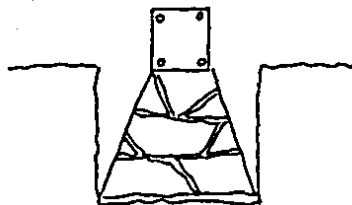


Ya con la excavación terminada podemos proceder a colocar la mampostería en la cimentación. La cimentación de mampostería es simplemente piedra braza unida con mortero. Se forman cadenas que a su vez forman un bastidor o marco que soportará la losa y el peso de la casa completa. La piedra braza debe de estar apoyada bien nivelada y compactada razonablemente. Si es posible se debe de colocar una plantilla de concreto pobre.

Ya que está colocada toda la cimentación de piedra braza se procede a colocar unas cadenas de desplante que serán apoyadas en la piedra braza. En las cadenas de desplante se dejarán una serie de varillas ahogadas donde se anclarán los muros y la losa de planta baja. El espacio de la excavación que quede vacío deberá rellenarse con tepetate en capas de 10 ó 20 cms.

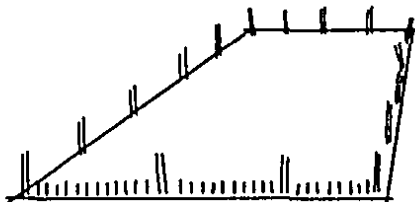
El conjunto de mampostería y cadenas de desplante proporcionarán a la edificación un soporte continuo y suficiente para las cargas de la construcción.

Ya terminado el trabajo la cimentación tendrá el siguiente aspecto.



Hasta el momento ya se tiene casi completa la cimentación y ya están hechas las preparaciones para colar la losa de planta baja y así terminar con los trabajos de cimentación.

Como ya dijimos, se han dejado varillas abogadas a las cadenas de desplante de manera que se pueda formar continuidad estructural entre las cadenas y la losa. También se forma la continuidad de las cadenas y los muros.

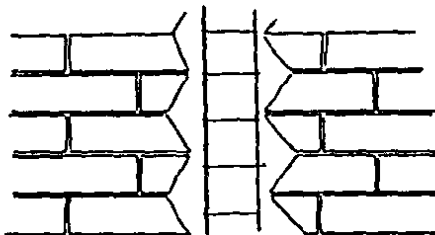


El acabado del piso es burdo aunque luego se le dará un acabado con cemento pulido.

Luego se comienzan a levantar los muros que en el caso de la casa habitación son muros de carga. Los muros quedarán aparentes al principio y solo se recubrirán hasta que estén colocadas las instala-

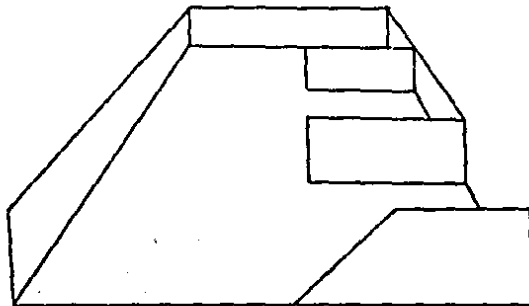
ciones. Los castillos de refuerzo irán fijados a las anclas que se dejaron en la losa.

Se levantan completos los muros pero se deja el hueco por donde pasará el castillo. Ya que están levantando los muros se procederá a armar, cimbrar y colar los castillos y dalas.



Ya que están completos los muros con sus dalas y castillos se cuelgan en la parte superior unas traves de cerramiento para que se pueda recibir la losa superior.

Una vista a la obra en la condición actual sería la siguiente:



Los trabajos a este nivel no dan la apariencia de un real avance puesto que los muros de tabique y los castillos presentan muchas imperfecciones y hacen que la obra parezca que no ha avanzado lo que realmente ha hecho. Hay que tomar en cuenta que faltan los recubrimientos e instalaciones. Estos van a hacer que la apariencia de la obra mejore mucho. Se va a estar checando que los niveles y plomos cumplan con todas las especificaciones. También se van a estar afinando los claros para las puertas y ventanas.

Ya que están levantados los muros se pueden ir haciendo las ranuras para colocar las tuberías de instalaciones eléctricas e hidráulicas. Anteriormente al colar la losa se han dejado ahogadas las tuberías en la losa y se dejaron tramos de tubería sobresaliendo de la losa a manera de puntas. Esto se hace para no ranurar la losa después. Las puntas se dejarán en los sitios donde va a ir el muro. Para el caso de las instalaciones eléctricas se va a dejar instalada toda la tubería y las cajas con guías. Al final se procederá a alambrear y a hacer todas las conexiones. El aspecto de las puntas será el siguiente:



De manera similar se harán las instalaciones hidrosanitarias, es decir, se dejará la tubería necesaria ahogada en la losa y solo sobresaldrán las puntas. Ya que se levanten los muros se deberán hacer las ranuras por donde irá la tubería hasta los muebles como lavabo,

fregadero, etc.

Ya que tenemos los muros completos y las instalaciones que van en los muros también completas podemos proceder con el colado de la losa de la azotea. Para esto lo primero que debemos de hacer es dejar las preparaciones eléctricas e hidrosanitarias que sean necesarias para luego poder colocar los tubos y poliductos dentro de la cimbra de la losa de azotea y así quedar uhogadas.

Ya están listos todos los muros con sus dalas de remate y hechas las preparaciones eléctricas e hidrosanitarias. Ahora vamos a preparar la losa de azotea.

Primeramente vamos a preparar la base de la cimbra. Esta será una serie de puntalcs y rastras de manera que formen un apoyo firme que sea capaz de sostener el peso de la losa al estar colandose y cuando se esté trabajando en el cimbrado y armado de la losa.

El trabajo de cimbrado de la losa es una labor complicada pues es necesario estar ajustando todos y cada uno de los polines que se utilizan como apoyo. Se tiene que asegurar que en toda la superficie se mantenga el mismo nivel. Esta actividad toma mucho tiempo y no se puede empezar las demás actividades en este frente hasta que esté perfectamente firme y correctos sus niveles.

Ya que está terminado el cimbrado de la losa de azotea podemos comenzar a colocar el acero de refuerzo. Esta operación no es muy complicada y puede ser adelantada mediante la incursión de mas cuadri-llas de trabajo. Como ya dijimos anteriormente, la partida de armado de acero de refuerzo es muy importante en costo y para la caracteristi-ca de las construcciones. Sin embargo, no requiere de mucho esfuerzo

puesto que es una tarea sencilla y sin complicaciones.

Ya que hemos terminado de armar debemos proseguir con las instalaciones que van ahogadas en la losa de azotea. Se deben instalar las cajas centro, los spots, todos los poliductos, etc. También deben dejarse las preparaciones para las instalaciones hidráulicas y sanitarias.

Ahora ya podemos proceder con el colado de la losa y este no debe de presentar ningún problema. Se debe dejar cimbrado durante el tiempo suficiente para evitar posibles complicaciones por deformaciones en la losa. El tiempo recomendable es de 15 a 20 días.

Ya que transcurrió el tiempo suficiente de cimbrado podemos comenzar a descimbrar y seguir con los trabajos en el interior de la casa.

Ya podemos comenzar con los trabajos de aplanados y recubrimientos. Estos se harán con el fin de ocultar las tuberías y ranuras y también para no dejar el tabique o block visible.

En los muros de los baños y de la cocina se debe colocar primero un aplanado de mezcla sobre el cual luego se colocará el azulejo o loseta. El aplanado se hará rústico.

En la zona de recámara, sala y comedor se tiene la opción de colocar un aplanado de mezcla bien detallado y luego pintura o bien, podemos colocar yeso y luego papel tapiz. El acabado que se vaya a dar depende de las preferencias del cliente. Para este ejemplo vamos a escoger el acabado con aplanado de mezcla y pintura vinílica.

También podemos comenzar con los trabajos de detalle del piso. Al piso hay que darle un acabado con cemento pulido. En la cocina y baños podrá ir piso de loseta o azulejo. Esto también va a depender

del gusto del cliente.

Ya que los aplanados y recubrimientos están terminados podremos comenzar a colocar las piezas de las instalaciones electricas tales como contactos, apagadores, centros, etc. También podemos ir colocando los marcos y puertas, ventanas, muebles de baño, etc.

Simultaneamente podemos ir trabajando con los exteriores; En primer lugar se deben de hacer los trabajos de impermeabilización y entortado de la losa de azotea. Para esto es necesario preparar varias capas de materiales diversos que serán los que proporcionen la impermeabilización. También se deben de ir preparando los aplanados exteriores y pintura. Aunque estos trabajos son sencillos no deben de pasarse por alto.

Al ya terminarse con los trabajos que acabamos de mencionar ya se puede entregar la casa terminada. Ya debieron de haberse probado las instalaciones eléctricas e hidráulicas.

ANALISIS A DETALLE DE CONCEPTOS

Ahora ya que vimos el desarrollo típico de una casa sencilla debemos de analizar todo el desarrollo de la obra para identificar en donde se podrían mejorar los tiempos y rendimientos.

Las etapas principales de la obra se pueden identificar de la siguiente manera:

- a) Trabajos en cimentación
- b) Muros, castillos y dadas
- c) Colocación de instalaciones
- d) Losa de azotea
- e) Recubrimientos
- f) Acabados

Al analizar las partidas se puede ver que en el caso de una casa habitación las partidas que mas influyen son las referentes a los muros, instalaciones y recubrimientos. En estos casos la cimentación no es un concepto de tanta importancia porque la estructura no es de mucho peso. No es necesario ni mucha excavación ni grandes estructuras para sostener la construcción. La superestructura es a base de muros de tabique; no hay ni columnas ni trabes de importancia. Practicamente la importancia de este tipo de obra es la construcción de los muros y la azotea.

Vamos a estudiar el proceso de erección de los muros de tabique. De hecho, el procedimiento es sumamente sencillo. Consiste solo en ir uniendo uno por uno los tabiques; se van formando hileras que al ir avanzando van formando el muro. El procedimiento es relativamente lento pues una cuadrilla formada por un albañil y un ayudante va a rendir entre 4 y 6 m²/jor. Además se van a reforzar con castillos

y dalas que, si bien son sencillos, hacen que se retrase mas el ver el muro terminado.

Dentro del precio del muro vemos que los materiales y mano de obra se llevan partes proporcionales. Una forma de bajar el precio es mediante aumentos en el rendimiento. Esto es, consiguiendo que la cuadrilla haga más metros cuadrados de muro por día para que así el costo de la mano de obra baje. Sin embargo nos damos cuenta que para que el costo del muro baje de manera importante, es necesario que el rendimiento de la cuadrilla aumente considerablemente.

Otro factor que provoca un retraso mas o menos considerablemente es la necesidad de reforzar los muros de tabique con castillos y dalas. La operación de armar, cimbrar, y colar castillos llega a retrasar la entrega del muro. Sin embargo no es posible prescindir de los castillos porque son los que le dan la resistencia a los esfuerzos cortantes y transversales.

No basta con la falta de eficacia en la construcción de los muros de tabique. Todavía hay que ranurar los muros para colocar los tubos y poliductos que conducirán el agua y la luz, tan necesarias en toda habitación. Esto es, ya que están levantados todos los muros es necesario colocar todas las tuberías y registros necesarios en la casa. Para esto, y como deben ir ocultas, se hace necesario el ranurar sobre el muro la ruta que han de seguir los ductos.

Ya que se han colocado por completo las instalaciones en los muros, se procede a tapparlos con mezcla para luego comenzar a colocar los apianados.

Ahora que tocamos este punto, conviene analizarlo. Según la secuencia lógica que hemos seguido podemos notar que al levantar un muro de tabique no podemos dejar la apariencia natural del tabique.

Es necesario "tapar" la superficie natural del tabique. Por lo general se cubre con una capa de mortero o mezcla.

Es decir, para que podamos decir que el muro está concluido debemos pasar por varias etapas que son: Colocación del tabique, colocación de instalaciones y colocación de recubrimientos. De aquí que la erección de muros es una actividad que requiere de bastante tiempo.

Si se busca como meta el reducir sustancialmente los costos de una casa habitación, es necesario reducir el costo de la producción de los muros; esto es, de muros terminados.

Otra actividad central en el desarrollo de una casa habitación es el colado de la losa de azotea. Esta actividad es otra de las que su duración influye en toda la obra, esto es, si se retrasa el colado de la losa se va a retrasar la obra completa. El colado de la losa no es posible adelantarlo pues es una actividad del tipo secuencial, o sea, primero tenemos que cimbrar completamente antes de comenzar con el armado y no podemos comenzar a colar sino hasta que hayamos terminado el armado. La losa es también muy importante puesto que le va a dar la protección necesaria al interior de la casa y se podrá trabajar sin que afecte el clima o el sol.

Si observamos con detenimiento las características de los elementos, veremos que los elementos que intervienen más en el desarrollo de una obra pequeña son elementos que se pueden tipificar fácilmente. Esto es, son elementos en los que dos de sus dimensiones son mucho mayores que la tercera y en muchos casos llevan en su interior tuberías e instalaciones y requieren de un recubrimiento para ocultar sus imperfecciones. Para poder bajar los costos hay que centrar los esfuerzos sobre estos conceptos. Esto se estudiará otro capítulo.

CAPITULO II

PREFABRICACION E INDUSTRIALIZACION

Hemos visto ya las condiciones actuales de la construcción urbana e identificado sus problemas. Pudimos notar como en muchos aspectos la construcción ha conservado principios ya primitivos. Además, como nuestros esfuerzos se han centrado en encontrar opciones mas convenientes para la construcción de casas vamos a presentarlos desde el punto de vista de la introducción de la industrialización en la construcción y el empleo de la prefabricación a nivel de la edificación.

a) Conceptos Básicos

En muchas ocasiones oímos que la industria de una nación es la base de su desarrollo. Sin embargo, al estudiar una de las principales áreas de nuestro país, como lo es el campo de la vivienda podemos constatar que allí los procesos de la industrialización no han tenido la popularidad suficiente como para que se note su influencia, de manera similar a las otras actividades donde si ha sido fundamental la acción de la industria. La falta de influencia de la industrialización en la construcción se debe principalmente a las políticas que se han llevado en materia de trabajo.

Sin embargo, se han acarreado una serie de confusiones y malos entendidos en los conceptos de industria e industrialización que han provocado errores en las políticas. Para empezar a dar un nuevo enfoque mas correcto y preciso es necesario tener bien claros los conceptos de industria e industrialización.

La industrialización de la construcción significa mas bien el aprovechar particularidades técnicas y poder con ello construir viviendas con poco gasto de trabajo, en poco tiempo, a precios razonables y satisfaciendo además todas las demandas. O sea, no es lógico que en una época como la que estamos viviendo, donde cada vez más es aprovechado el uso de los materiales y procesos por medio de maquinarias, no podamos aprovechar estos avances en la producción de bienes tan importantes como la propia vivienda. Con esto no se quiere decir que la industria no tenga participación alguna. Si la hay, y es importante, sin embargo podría haber mucho más y de más influencia. En la actualidad la industria interviene en la construcción de vivienda en cuanto a que sin la industria no se producirían muchísimos elementos y materiales que se emplean en la construcción. Más, sin embargo, es claro que los potenciales de la industria no están siendo realmente aprovechados sino que pudieran alcanzar un grado de aprovechamiento mucho mayor si se introducen en el proceso de fabricación de casas o elementos estructurales de mayor tamaño e importancia.

Se han buscado muchas soluciones y cambios que planteen una mejoría y se ha logrado algo. Ahora se ha estado tratando mucho el area de los prefabricados. Esta tendencia lleva ya muchos años en Europa, especialmente en los países del norte y centro de Europa y se han tenido muchos logros y avances. Sin embargo el concepto de prefabricación es muy amplio y presenta muchas variantes.

Prefabricación significa algo que está construido en un lugar diferente al de su ubicación final; esto es, el fabricar piezas y elementos para la construcción en un sitio aunque se vaya a emplear

en cualquier otra parte. Este es el caso de casi todos los materiales que se emplean en la construcción con excepción del concreto. Sin embargo, aún hasta el concreto se compone de materiales que se obtienen en otro lugar. Este es el concepto básico de prefabricación, mas sin embargo no es la idea que se maneja al plantear la prefabricación como solución. El concepto que se maneja es mas bien la prefabricación de la habitación y no de los pequeños elementos que la van formando.

En países europeos como Alemania, Dinamarca, Checoslovaquia y Bulgaria se han aplicado con éxito métodos que permiten la fabricación de elementos de fachada e interiores completos y practicamente viviendas enteras que solo requieren armarse y así se construyen edificios completos en base a módulos de gran tamaño. La prefabricación de elementos de gran tamaño permite acelerar el proceso de construcción de tal manera que se obtienen abatimientos de costos muy considerables.

Otra de las aplicaciones de la industria que se ha manejado es el empleo de elementos metálicos como marcos y láminas de acero. El acero es un elemento muy usado en la construcción como refuerzo de los elementos de concreto. También es usado en laminaciones de perfiles con los que se constituyen una infinidad de estructuras y cubiertas. El acero por ser producto de fundiciones es un material al cual es fácil darle la forma que uno quiera y así fabricar cualquier tipo de elemento. Las láminas de acero se han utilizado mucho para hacer viviendas provisionales y casetas desarmables. Sin embargo no ha logrado mucha popularidad en la construcción de vivienda porque no presenta una aspecto muy agradable.

La prefabricación y el empleo de materiales diversos en la construcción de vivienda son opciones que se han empezado a manejar buscando una mayor economía en la construcción. La forma más común que se ha manejado es la de tipificación de vivienda. La tipificación de la vivienda consiste básicamente en grandes conjuntos habitacionales donde por la gran cantidad de obra llega a organizarse una especie de cadena de producción donde se optimizan los procesos y procedimientos y llegan a obtenerse costos muy bajos; aunque es cierto que la economía de estos tipos de vivienda reside en que son casas muy pequeñas y sencillas por lo que no requieren de grandes esfuerzos para llevarse a cabo.

Para lograr un sistema verdaderamente eficiente es necesario tomar lo mejor de los conceptos que ya hemos visto. Hacer una recopilación de las ventajas de cada uno de los métodos y estudiar como es posible anular las desventajas con la aplicación y combinación de otros métodos. Al hacer la recopilación y análisis de las ventajas y desventajas de los conceptos que se tienen en la construcción de vivienda.

Un error en el que se ha caído al tratar de abaratar la vivienda es el sacrificar la calidad. Y cada vez mas podemos apreciar este fenómeno. Cuando por los medios normales de construcción, como el efficientizar los rendimientos o mejorar los métodos de producción, los constructores comienzan a construir echando abajo la calidad, empleando materiales mas malos o incumpliendo las especificaciones de seguridad; Y en muchas ocasiones las viviendas presentan problemas de agrietamientos y deformaciones. Es evidente que esta forma de abatir

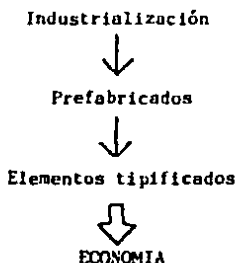
los costos es ilegal y falta de ética por lo que solo la mencionaremos y tendremos en cuenta que existe pero de ninguna manera se considerará como opción.

Hasta ahora hemos visto tres conceptos muy importantes para nuestro desarrollo. El primero es la introducción de la industria o industrialización. El segundo concepto es el del empleo de elementos prefabricados a mayor escala y el último concepto básico es el de tipificación de elementos y la introducción de la producción en serie a la construcción de viviendas. Los tres conceptos son importantes y cada uno tiene sus ventajas y desventajas que hay que saber combinar. Los tres conceptos ya han sido muy estudiados en diversas partes del mundo y podemos encontrar muchos ejemplos de los cuales hablaremos más adelante. Sin embargo, nuestro propósito es encontrar una mejoría en los métodos de construcción por lo que debemos plantear una solución que reúna las ventajas de los tres conceptos anteriores y además se deben disminuir las desventajas.

La opción a la que nos estamos refiriendo es a la producción en serie de elementos prefabricados que hagan posible la construcción de elementos mas grandes. Al presentar esta opción se busca que se aprovechen todas las ventajas de la fabricación industrial y que al establecer una cadena de producción en serie de elementos como muros y losas pueda lograrse una economía de materiales y un uso mas eficiente de la mano de obra. Y que al estar produciendose economicamente los elementos pueda llegarse a la obra con elementos que sean facilmente manejables y con el tamaño suficiente como para poder "armar" la casa en mucho menos tiempo del normal. Una posibilidad para esto consiste en suministrar los elementos o bloques de concreto ya preparados

y simplemente armar aunque para esto se requiere de equipo pesado como lo son camiones y gruas. Hay otras opciones más sencillas de las cuales hablaremos a su debido tiempo.

Al planear bien el proceso de la industrialización de la vivienda y llevar a cabo correctamente la construcción ya habremos adelantado bastante en la economía de la vivienda. Esto bien puede ser aplicado a casos particulares de casas aisladas. Aún no ha sido necesaria la tipificación de la vivienda para lograr la economía. En el caso de la construcción de conjuntos habitacionales es posible introducir la tipificación de viviendas y así optimizar mas el tiempo y hacer la construcción mas económica.



Ventajas de la Prefabricación e Industrialización

Ya hemos visto los conceptos de prefabricación e industrialización y mas o menos los alcances que puede tener en el campo de la construcción habitacional. Al buscar la economía como centro alrededor del cual giran los esfuerzos de la ingeniería hemos dado un breve repaso a los conceptos ya mencionados. Sin embargo, como cualquier concepto, tienen sus ventajas y sus desventajas así como ideas que nos harán

ver si el proyecto es viable o no lo es. Es evidente que estas ventajas y desventajas variarán dependiendo de la zona o país del que estemos hablando pues las condiciones cambian. No se aplicarán las mismas medidas en un país en extremo pobre que en un país en vias de desarrollo y alto crecimiento. También y en un modo mas particular, las ventajas de la industrialización dependen de las condiciones de la obra.

Vamos a comentar algunas de las ventajas mas sobresalientes del empleo de los prefabricados.

Se permite una planeación mas racional de los recursos con que se cuenta, ya sea materiales o humanos. Esto es muy importante pues una gran parte del costo de un producto depende de la planeación que se haya tenido para el proceso de producción. No puede haber la menor duda de la afirmación anterior y además podemos comprobar que al planear bien un proceso de producción, evitaremos muchos desperdicios que parecen insignificantes pero a la larga contribuyen en el encarecimiento del producto.

Al introducir la industrialización vamos a aumentar la calidad del producto puesto que es mas sencillo establecer un buen control de calidad en una planta de producción que en la obra. Al mantener un apropiado control de calidad vamos a vigilar todos los pasos de la fabricación de un producto en particular así como sus condiciones al salir de la fábrica. También se logra un mejor acabado de los productos cuando se establece la automatización y la intervención de maquinaria especializada. Además de mantener el control de calidad debe de proporcionarse un almacenamiento apropiado a los productos antes de lanzarse al mercado.

Otra ventaja indiscutible de los métodos industrializados es que se genera un mayor aprovechamiento de las horas de trabajo. La sistematización de las actividades hará que los obreros puedan mantener continuo su ritmo de trabajo. Al mantenerse continuamente con una misma actividad se van a reducir, y casi a evitar, los tiempos muertos y la ineficiencia que se presenta en una obra. Por otro lado, al mantenerse constante la planta de empleados, se va consiguiendo el ir especializándose en el ramo hasta hacer mucho muy altos los rendimientos. Este es uno de los puntos o ventajas esenciales de los prefabricados y como tal se deben de concentrar los esfuerzos en mantener esa propiedad.

Hasta ahora nos hemos referido a las ventajas de la industrialización desde el punto de vista de la fabricación en planta y la terminación del producto; todavía no hemos tratado el tema del montaje del elemento prefabricado. Sin embargo forma una parte importante dentro de las ventajas de estos métodos desde varios puntos de vista. Por ejemplo, al emplear métodos de prefabricación para armar casas vamos a reducir mucho el personal de la obra puesto que ya la mayor parte de la mano de obra necesaria actuó en la planta. Así pues, veremos en la obra solo la gente necesaria para armar las diferentes piezas. Además del ahorro de personal, va a haber un considerable ahorro por concepto de obras falsas y empleo de cimbras. Gran parte de la duración y de los trabajos de la obra se dedica a la preparación de cimbras, refuerzos, en fin, preparaciones para lo que va a ser la estructura final. Es decir, muchas de los recursos que se tienen para una obra, son empleados en trabajos provisionales y obras falsas. En estructuras que al final de la obra serán retiradas y sin un uso

continuo real. Al aplicar elementos prefabricados, se evitan muchas de las estructuras y obras falsas así como la totalidad de las cimbras.

Otra de las ventajas determinantes del empleo de prefabricados es el hecho de que es posible estudiar más los procesos y plantear los problemas mejor, de manera que se aplican soluciones más adecuadas. Al analizar analíticamente los conceptos o problemas que afectan el costo de la construcción, se aplicarán estudios mucho más elaborados así como evaluaciones más cuidadosas que nos permitirán identificar más correctamente las soluciones a los problemas presentados. Para esto pueden contribuir ciencias como la investigación de operaciones, ingeniería industrial, etc.

Una ventaja muy importante de la introducción de los métodos industrializados y elementos prefabricados es la productividad generada por el proceso en serie. Al obtener un círculo de producción estamos generando un aumento en los rendimientos y una mayor calidad en los productos. Esto es, que el costo unitario de los productos se irá reduciendo mientras se vayan haciendo mayores cantidades.

Los elementos prefabricados han demostrado a lo largo del tiempo que representan una verdadera y muy viable opción para la reducción de los costos de la vivienda en un futuro no muy lejano. Sin embargo, también presentan una serie de desventajas que condicionan el empleo de los prefabricados. Es claro que estas desventajas afectan más o menos dependiendo de la magnitud del proyecto o la ubicación del mismo.

Entre las principales desventajas que presentan los prefabricados esta el que requieren de inversiones muy fuertes al principio de la

obra. Como principal atractivo del empleo de elementos prefabricados está en la rapidez de construcción que logra. Es indispensable el tener todos los elementos ya preparados en el sitio de la obra; no es posible el ir planeando las entregas del material a menos que sea una obra de gran tamaño. El hecho de tener que afrontar una inversión del orden del mencionado, hoy por hoy es una gran desventaja, considerando las altas tasas de interés en los préstamos.

Otra desventaja de suma importancia, y que afecta de manera especial a países con pocos recursos es que para la elaboración del prefabricado se requiere de nueva maquinaria y más especializada y en ocasiones hay que deshechar la infraestructura ya plantada. Al principio el país debe de efectuar un reacomodo de su infraestructura, hacer una inversión fuertísima que se irá amortizando con el paso del tiempo. Es por esto que para efectuar una operación de la magnitud de esta, se debe garantizar un mercado muy amplio de vivienda para asegurar que habrá el suficiente producto y valga la pena la inversión.

Al aplicar nuevos métodos de producción e industrialización sería necesario realizar varios cambios. Ya se mencionó el hecho de la introducción de nueva maquinaria y más especializada. También sería necesario un aumento en la mano de obra calificada para la operación, mantenimiento y reparación de la maquinaria así como para la construcción y manejo de los nuevos elementos prefabricados. Actualmente un gran porcentaje de la mano de obra empleada en la construcción corresponde a la categoría de peones, o sea, no requieren de la mas mínima preparación para desempeñar sus labores. Al introducir la prefabricación como una opción sería y a gran escala, habría de reducirse la cantidad de peones y sustituirse por elementos mas especializados y capaces.

Esta condición puede llegar a ser una desventaja muy seria puesto que la medida llegaría a provocar mucho desempleo.

Al trabajar con elementos prefabricados o precolados es necesario garantizar que esté bien construido el elemento. Además, como su fabricación será a lo largo de un ciclo de producción es necesario que, a la vez que personal especializado esté trabajando en los elementos, se esté supervisando por técnicos calificados. Probablemente sea necesario que muchos de los técnicos reciban cursos de capacitación en el extranjero y poco a poco se vayan formando los grupos de trabajo.

Cuando se emplee la prefabricación como una opción viable, uno de los principales puntos sobre los que se centrarán los esfuerzos y la atención será el de las uniones y las juntas. Como los elementos son fabricados por aparte, a la hora de formar la junta será necesario desarrollar elementos de unión adecuados de manera que aseguren la condición exigida en los nudos, ya sea articulación o empotramiento. Esta condición de las juntas especiales puede ser una desventaja seria en el caso de zonas sísmicas puesto que es difícil el lograr una rigidez alta. El problema es de suma importancia para el caso de edificios; para el caso de construcciones pequeñas como casa habitación el problema deja de ser tan importante.

Otra limitante para el empleo de prefabricados está en la necesidad de utilizar sistemas especiales de transporte. Esto obedece a que en la mayoría de las veces, los prefabricados son elementos grandes y requieren de buenas redes de transporte. También es común el empleo de gruas para mover y colocar los elementos precolados en sus posiciones finales. Esto es muy común en prefabricación de edificios donde

por las grandes alturas es difícil manejarse solo con gente o equipo sencillo.

Cabe indicar que las ventajas y desventajas que se han mencionado varían dependiendo del método de prefabricación que estemos usando, del tipo de proyecto, del sitio de la obra, de los recursos con que contamos, de la situación socio-política del país, etc. Es decir, las decisiones que se tomen con respecto al empleo de los elementos prefabricados a gran escala no dependen solo de la estética y la economía, sino de muchos otros factores y situaciones que tienen que analizarse detenidamente.

Opciones para la Prefabricación

Al situarnos en la Europa de postguerra podemos apreciar de las grandes necesidades que sufrían los países afectados por la gran destrucción a consecuencias de la guerra. La inminente necesidad de construir viviendas y edificios de manera eficiente impulsó los esfuerzos de los ingenieros y constructores a idear métodos de construcción sumamente rápidos y versátiles. Fué así como surgieron las primeras ideas de prefabricación. Se obtuvieron diferentes ideas sobre la construcción de vivienda; opriones en función de edificios, conjuntos habitacionales, casas aisladas de madera, grupos pequeños de casas y todos los métodos solucionaban a su manera las necesidades locales en todos los sentidos.

En los países nórdicos comenzaron a predominar los prototipos de vivienda unifamiliar hecha a base de elementos de madera y sencili-

llos de armar. los proyectos consisten en su mayoría en casas de una sola planta, techos de dos aguas y con grandes ventanales ya colocados en los elementos de madera. Se presentan en conjuntos de dos casas por grupo. Son típicas en países como Noruega, Dinamarca, Suecia y Finlandia.

El procedimiento o método que ha predominado más en casi toda Europa ha sido la construcción con bloques o planchas precoladas para edificios. Se dice que en edificios puesto que casi el 80% de la producción se dedica a este ramo.

El empleo de estas planchas se ha generalizado por casi toda Europa pues es un método que se presta para una producción masiva y puede ser muy versátil.

Básicamente consiste en la fabricación en planta de elementos que van a formar los muros y losas de la edificación. Se van a construir dependiendo del lugar que ocupen en el edificio pues se cuelan los muros con los huecos para las ventanas y puertas. En la planta se van a diseñar los elementos, los moldes y el colado. El colado se hará al vapor para acelerar el proceso. Conforme se terminan se van almacenando para luego ser llevados a la obra. Se les dejarán los ganchos para permitir el armado y la construcción de la junta y así permitir que en la obra sea colocado facilmente. Estos bloques son llevados a la obra por medio de camiones que deben cumplir con ciertas características, sobre todo en las condiciones geométricas de manera que no estorbe a los demás vehiculos la transportación hasta la obra. Ya en el lugar de colocación será necesario contar con grúas para su posicionamiento y manejo. Estas planchas son muy usadas en la construcción de grandes edificios y son muy populares

en países como Alemania y Francia. También es un método común en la Unión Soviética, Checoslovaquia y Bulgaria.

La gran desventaja de este método es la necesidad del equipo pesado para su construcción y manejo en la obra. Sin embargo es el tipo de prefabricación más utilizada en Europa.

Otro método de prefabricación, aunque este es originario de los Estados Unidos, viene siendo el uso de paneles de poliuretano con un refuerzo de malla electrosoldada. Estos paneles logran el desarrollo de la casa al irse armando y uniendo entre ellos y al final se les añadirá el concreto por medio de una lanzadora de concreto. Este método logra construcciones muy ligeras y resistentes. Además es mucho más versátil que los demás puesto que es más manejable en la obra. Otra de las ventajas que presenta con respecto a los otros métodos es que es más fácil de tipificar en elementos regulares y así evitar el construir piezas diferentes dependiendo de las características de la vivienda por construir. Además presenta condiciones de aislamiento acústico y de temperatura muy buenas.

También podemos encontrar métodos en los cuales se construye la casa completa en la fábrica y luego se monta en su posición final. Esto implica problemas de transporte muy fuertes puesto que el traslado de la vivienda completa requiere de camiones muy capaces. Por el lado de las ventajas podemos mencionar que aquí podemos obtener las eficiencias más altas de la fabricación en planta.

Otros métodos muy comunes en Europa son aquellos en los cuales se construye en planta el centro de las instalaciones de la casa; esto es, una porción de la vivienda en la cual se encuentran las sal-

das para el baño, la cocina y los centros eléctricos. Todos los demás muros interiores y exteriores son construidos en planta y colocados alrededor del centro. Estos métodos son muy viables en la construcción de edificios de departamentos donde todas las viviendas son tipificadas.

CAPITULO III

PREFABRICACION COMO OPCION PARA MEXICO

Ya hemos visto los conceptos de industrialización y prefabricación así como sus condiciones, ventajas, desventajas y alcances en general. Como este trabajo se enfocará hacia las condiciones de México, ahora se van a analizar más directamente las condiciones de nuestro país así como sus necesidades y posibilidades. Al desarrollar este capítulo, se podrá ver con claridad los destinos de la construcción industrializada en México.

Al establecer las razones por las cuales se vislumbre un futuro determinado para la industrialización se manejarán argumentos en función de la economía, rapidez y versatilidad de los prefabricados, así como sus ventajas estructurales; sin embargo, no serán puntos de discusión las políticas en cuanto a la construcción habitacional se refiere por estar fuera del alcance del constructor. También cabe mencionar que este trabajo busca justificar el empleo de los prefabricados en la construcción de una casa en particular y no de conjuntos de interés social.

a) Ventajas en México

El tema de el empleo de los prefabricados en México ha sido tratado desde principios de los años sesentas. En aquella época comenzaron a plantearse nuevas opciones para la construcción de la vivienda. Esto provocado por la ola de los elementos prefabricados en Europa. La industria de la construcción en México no podía quedarse atrás en la búsqueda de nuevas opciones. Los esfuerzos se enfocaban principalmente en los tipos de interés social, que comenzaba a ponerse de

moda, aunque también se veía por el futuro de la edificación en general. Ya para la segunda mitad del decenio el tema estaba muy de moda y ya varias empresas comenzaban sus esfuerzos en estas ramas.

Sin embargo, a principios de los años setentas las políticas habitacionales cambiaron y dieron un giro importante. Se buscaba la creación de fuentes de trabajo y mantener con empleo al gremio de bajos recursos por lo que se le dió mucho más importancia a la mano de obra; el eficientizar la construcción de casas habitación pasó a segundo término. Poco a poco los esfuerzos en el ramo de los prefabricados fueron decreciendo hasta quedar casi nulificados y las miras en este ramo de la construcción las tenían solo una o dos empresas. En esos momentos, México se atrasaba aún más con respecto a los demás países en cuanto a técnicas de construcción y se concentraba en planificar el desarrollo de la mano de obra. Así pasaron 10 ó 15 años y como la situación económica se había deteriorando se recomenzaron los intentos de solucionar los grandes problemas económicos que afectaban tanto a la industria de la construcción. Uno de los intentos más serios en cuanto a esto se refiere ha sido la tipificación de la vivienda. Por otro lado se volvió a ver a los prefabricados como una real opción y poco a poco han ido surgiendo empresas especializadas en el ramo que van desarrollando nuevos productos.

El mercado mexicano ha estado probando con diversos productos y desarrollando nuevos proyectos aprovechando las distintas ventajas que estos productos ofrecen. Sin embargo se puede observar una cierta preferencia hacia los llamados sistemas abiertos.

Al trabajar con los sistemas de prefabricación nos encontramos con los conceptos de sistemas abiertos y sistemas cerrados. Los siste-

mas cerrados son aquellos en los que la producción se centra en el producto terminado; en este caso estamos hablando de habitaciones ó viviendas completas que solo hace falta armarlas. Los sistemas abiertos tienen como finalidad desarrollar productos que se usarán como elementos de la construcción y su colocación en la vivienda es opcional. Este es el caso de los paneles prefabricados y losas de vigueta y bovedilla.

Ahora la pregunta vendría ¿Por qué se han tomado a los prefabricados como una opción para las condiciones de México y por que los productores mexicanos han escogido los sistemas abiertos como el sistema preferente para el mercado Mexicano? La respuesta en este caso es muy sencilla y no es otra sino que presentan ventajas sobre los sistemas convencionales y actualmente empleados. Aún así hay que tener mucho cuidado y evaluar concienzudamente las ventajas y desventajas que presentan para las condiciones de nuestro país.

Una de las ventajas fundamentales de los elementos prefabricados es que permiten una gran rapidez en la construcción al llegar a la obra con elementos ya colados en fábrica o listos para colar. Se llega a reducir hasta en un 50% el tiempo de construcción puesto que evita cimbras y el lento levantamiento de muros losas y estructuras falsas. Cualquiera de las opciones de prefabricación trae esta ventaja como característica propia. Por ejemplo, podemos encontrar los métodos de los sistemas cerrados en los que se producen en fábrica las viviendas o habitaciones casi completas y solo hay que colocarlas en el sitio de la obra; o también elementos del tipo pesado como muros de concreto donde lo único que hace falta por hacer es armar las casas

o edificios como si fueran cartas de una baraja. Otros de los métodos viables es el empleo de elementos ligeros como paneles de poliestireno a los cuales solo hace falta colocarles el aplanado, que puede ser colocado manualmente o por lanzadora de concreto. Se puede observar claramente que todos estos métodos son capaces de producir viviendas con una rapidez superior a cualquiera de los métodos tradicionales. Al construir con mucha rapidez nos será posible entregar el producto terminado con una mayor anticipación y eso corresponderá a una gran ventaja para el cliente.

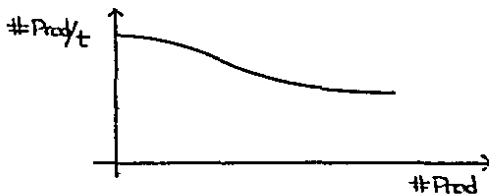
Otra ventaja importante de los elementos prefabricados es la reducción del personal y mano de obra requerida en el sitio de la obra. Como ya vimos en el capítulo I, el llevar a cabo una obra requiere de muchas horas hombre puesto que la mayoría de los trabajos se hacen a mano y poco a poco. Esto puede provocar muchos desperdicios de materiales y sobre todo de tiempo de obreros. Al manejar en el sitio de la obra a muchas cuadrillas de diversos oficios es muy frecuente que muchas cuadrillas estén totalmente paradas porque otras cuadrillas hayan retrasado su trabajo. En muchas ocasiones estos errores se pueden remediar al hacer una correcta planeación y programación de actividades, aunque también es muy común que los retrasos no puedan ser controlados por la planeación ya que se deben a situaciones accidentales y difíciles de controlar. Es por esto que al construir con elementos de producción industrial reducimos en forma contundente el empleo de mano de obra en el sitio y así hacemos mas remota la posibilidad de un retraso provocado por el exceso de personal. Es evidente que la necesidad de la mano de obra no se omite o se elimina

por arte de magia. Lo que sucede es que en lugar de actuar en el sitio de la obra y con un riesgo potencial de ineficiencia vamos a trasladar el empleo de personal a la planta de fabricación. En una planta industrial es mucho mas sencillo el control de las actividades puesto que se dispone de un espacio de operación mucho mayor y es posible distribuir mejor los frentes de trabajo. También es sencillo el control de herramientas, equipos e inventarios. Este concepto es mucho mas importante de lo que aparenta ser. Al tener un estricto y eficiente control de inventarios no se provocarán contratiempos en el surtido de materiales en el sentido que se tendrá totalmente clasificado el material necesario y el personal no sufrirá ningún atraso. Con este concepto se están evitando las necesidades de recibir en obra los pedidos de materiales para ser transformados en obra.

Las condiciones que acabamos de mencionar son muy importantes para la situación actual de México donde más que nunca se requiere de una alta eficiencia en la construcción de vivienda y edificios de servicios tales como hoteles, fábricas, escuelas, etc. Sin embargo vemos como en México es muy común que el obrero no sea eficiente y que busque pretexto para todas sus actitudes. La mayoría de las veces son justificaciones infundadas aunque en muchas otras, los pretextos si tienen algún fundamento. Por ejemplo, la falta del material, lo reducido del espacio, el clima, etc. Todas las situaciones desfavorables pueden ser evitadas al imponer mas facilmente una disciplina en una planta de producción en serie. El trabajo en una fábrica puede facilitar las condiciones desde el punto de vista que se puede provocar condiciones favorables; implantar el comedor dentro de la misma planta, personal especializado en la atención de los obreros, vestidores, etc.

Todas estas son ventajas que podrían implementarse en un sitio o planta de producción de ubicación fija y no en obra.

Tal vez la condición o ventaja mas importante es la gran eficiencia que se logra al producir en planta. Al estar construyendo una obra en particular se van a estar haciendo trabajos que practicamente se requieren solo una vez. Aunque el albañil o el electricista tenga mucha experiencia en los trabajos, las condiciones de la obra cambian de manera importante de tal forma que se pierde mucha eficiencia. Todos las obras son diferentes y al hacer los trabajos las condiciones cambian. No se puede estandarizar o preparar los trabajos con la suficiente anticipación como para que no puedan llegar a retrasarse y provocar tardanzas en la entrega de la obra. En cambio, podemos ver como, al introducir la producción en serie o industrial de elementos de gran tamaño o peso, podemos racionalizar a tal grado los esfuerzos y a estandarizar, que las eficiencias de la fabricación se elevan de manera muy importante. Un ejemplo muy claro es el de una persona a la que se le encomienda apretar los tornillos de unos elementos determinados. Al principio, como no conoce el trabajo, le va a costar tiempo y esfuerzo, pero conforme va avanzando, va aprendiendo su oficio y su eficiencia avanza. Este es el mismo proceso que sigue la industrialización de elementos prefabricados en la construcción. El personal se va especializando hasta que se logran las máximas eficiencias en las diferentes actividades. Es posible reproducir este fenomeno mediante la siguiente gráfica:



Este aumento en la eficiencia es de suma importancia aunque al principio no se vea muy claro. Al inicio de la producción, va a ser difícil el construir elementos con la eficiencia que se requiere puesto que al personal le hace falta la experiencia; pero al transcurrir el tiempo, se va a adquirir la técnica necesaria de manera que al poco tiempo es posible obtener unas eficiencias altísimas.

A la vez, el producir los elementos en una fábrica nos hace posible darle una gran calidad a los productos. Al hablar de una mayor calidad nos referimos a que en una fábrica nos es posible controlar todos y cada uno de los procesos de producción puesto que se sigue un ciclo;. En una planta es muy sencillo cuidar de todos los procesos mediante de personal especializado en controlar y revisar que todo se esté haciendo conforme a las especificaciones. Se tiene mucho cuidado en que los elementos vayan a cumplir con todos los requisitos estructurales. También se revisa minuciosamente la geometría de los elementos y que vayan a ofrecer las facilidades de manejo que de ellos se espera. Este concepto es básico en cualquier opción de prefabricación; ya sean elementos precolados o también elementos ligeros tales como paneles y losas de vigueta y bovedilla.

A la vez que se va logrando una mayor calidad en los productos, también nos es posible el lograr una optimización de materiales y menos desperdicios y una mayor economía en los materiales por usar. Esto es, el mercado de producción de elementos prefabricados permite que, al construir en fábrica, se pueda establecer un estricto control de inventarios de manera que se dosifique perfectamente el material

que se emplee. También el empleo de maquinaria permite que los materiales sean aprovechados a su máximo potencial.

Un detalle muy interesante de la construcción prefabricada es su versatilidad en el diseño. Esto depende del tipo de producto que se pretenda manejar. Los productos prefabricados son empleados generalmente en la construcción de edificios o conjuntos habitacionales que manejan una uniformidad y tipificación a gran escala. Esto no siempre es conveniente y mucho menos en un país como México, donde la manera de pensar del mexicano hace que cada quien desué su casa diferente a la de los demás; todos quieren que su casa tenga un toque de gusto particular y la uniformidad no es un concepto que agrade mucho. Tal vez esta idea no sea del todo convincente, puesto que podemos ver cada vez mas como las casas del tipo de interés social van teniendo mayor "popularidad". La verdad es que con lo deteriorada que está la situación económica en nuestro país, la gente no tiene mas que conformarse con lo que buenamente pueda conseguir. Esto hace que cada vez mas, las casas del tipo INFONAVIT y FOVISSSTE tengan un mayor mercado.

Sin embargo, si enfocamos nuestra visión hacia la población de medianos recursos, podemos observar que construyen su propia casa con su muy particular estilo y gusto. Para este tipo de construcciones el empleo de elementos prefabricados ligeros es una opción ideal. Los paneles ligeros son presentados como una opción muy viable desde el punto de vista que son manejables al máximo y pueden ser recortados y armados con las mas variadas formas. Tienen además de que por ser fabricados en una medida standard, su empleo puede ser proyectado por el cliente tanto como por la empresa distribuidora.

También una conveniencia que tienen los elementos prefabricados para el mercado mexicano, es que a los elementos se les puede dar una variedad muy grande de recubrimientos o acabados. Este concepto está íntimamente ligado con el anterior en cuanto a que se pueden aplicar los elementos prefabricados con el acabado al gusto del cliente y es posible que el cliente desarrolle su vivienda tal como desee. Es claro que originalmente la tendencia de los elementos prefabricados está enfocada a la producción de elementos de concreto para fachadas y exteriores y en los interiores manejar conceptos ya ampliamente comercializados como el tablero. Sin embargo, esta idea ponía a los prefabricados en desventaja pues estaban fuera del mercado de las personas que no querían aparentados de concreto. Ante esta problemática, se han comenzado a desarrollar nuevos productos que permiten ocultar los desperfectos y la apariencia del concreto con placas prefabricadas. Esto le dará una mejor apariencia a la construcción, sin embargo elevará el costo de manera importante.

México es un país en el cual, el mercado de los elementos prefabricados para la construcción de edificios empieza a desarrollarse, es por esto que además de las ventajas que podría presentar para el mercado mexicano y que ya presentamos anteriormente, también cuenta con una serie de inconvenientes que debemos evaluar antes de tomar alguna decisión.

El primer inconveniente que nos encontramos es el de el reducido mercado para los elementos prefabricados. En estas etapas, donde los primeros productos empiezan a desarrollarse, casi se puede considerar que están en etapa experimental y su resultado no es del todo garantizable. A esto se suma la desconfianza de la gente ante un producto poco tradicional que al principio da la impresión de poca solidez o resistencia. Además

de estas opiniones contrarias, la situación económica de México ha restringido la construcción de viviendas. Los esfuerzos que aún quedan en la construcción habitacional son coordinados por el INFONAVIT y al parecer pretende seguir con la política de construir con métodos tradicionales donde no se genere desempleo.

Sin embargo, no debemos de guiarnos por estos indicios. Más bien, debemos de considerar que México es un país en desarrollo donde las necesidades de vivienda son inmensas. Otro inconveniente de importancia en la popularización de los prefabricados es su transporte. Este factor va a influir en menor o mayor medida dependiendo del tipo de prefabricado. Hay métodos que se basan en la fabricación de habitaciones completas y que requieren de transporte pesado. Otros métodos consisten en la fabricación de elementos tales como muros y losas precolados que también requieren de sistemas de transporte especiales. Un grave problema para esta situación es el hecho de que México no cuenta con buenas carreteras, por lo que los camiones o plataformas de transporte se ven obligados a ser ligeros y de pequeñas dimensiones. De otra forma, sería imposible llevar a cabo algún viaje por la mala calidad de los encajados o lo pronunciado de las curvas.

La manera mas eficiente de reducir este problema y adaptarse a las condiciones de México es mediante opciones de elementos prefabricados ligeros. Este tipo de elementos requieren de una capacidad de carga regular y con poco esfuerzo es posible lograr volúmenes de carga importantes.

Quizá la problemática más seria a la que se enfrenta la industrialización de los prefabricados es la falta de infraestructura propia y el necesaria infraestructura existente, por técnica diferente y maquinaria especializada. Esto representaría un sacrificio y un golpe muy duro a la industria

de la construcción puesto que el cambio radical de la infraestructura industrial se llevaría a cabo mediante el cierre de fábricas de productos convencionales lo que provocaría desempleo y gran pérdida de capital. No es posible hacer el cambio de infraestructuras de manera radical pues provocaría un devalance muy inconveniente. La forma apropiada de hacer el cambio es de manera gradual. Esto permitirá la transformación de la industria sin provocar muchas molestias en el medio.

Es evidente que no se pretende cambiar todo el mercado y volcarlo hacia la producción de prefabricados pues esto sería contraproducente y es necesario mantener cierta parte de la industria convencional activa pues siempre sería necesario mantener algunos de los productos utilizados actualmente. Además el mercado de los prefabricados no absorbería todos los tipos de proyectos ni mucho menos todas las obras.

Como ya dijimos, no es posible evaluar completamente la situación solo con la comparación entre las ventajas y desventajas; Tampoco podemos enfocarnos solamente a la evaluación de las características técnicas de las diversas opciones. Es necesario observar las condiciones del mercado para así tener una visión más correcta de las posibles tendencias de los productos por desarrollar.

En alguna parte de este trabajo mencionamos los desarrollos europeos en el tema de los prefabricados. Sería un error justificar su empleo en México considerando solo que tuvieron éxito en Europa. Más bien, en Europa florecieron los elementos prefabricados porque se presentaron condiciones muy particulares.

La primera de estas condiciones particulares es que se había creado una grandísima demanda pues al término de la guerra mundial se encontró con que muchísimas de las construcciones estaban dañadas y era necesario proporcionar vivienda a todas las familias desamparadas. La cantidad de viviendas requeridas era inmensa.

Otra condición que aún impera en Europa es el clima tan poco favorable. En Europa es imposible trabajar al aire libre puesto que las heladas son tremendas. En cambio, al trabajar en plantas de producción es posible instalar sistemas de calefacción que permitan a los obreros operar libremente.

Además de las condiciones que ya hemos mencionado hay otras que vale la pena que se tomen en cuenta; por ejemplo, en Europa se cuenta con el capital suficiente como para establecer grandes operaciones e introducir nuevos métodos que mejoren técnicamente los métodos anteriores. En la época en que se desarrollaron los métodos de prefabricación se contó con el capital suficiente como para arriesgar grandes recursos con la finalidad de una mejoría técnica.

También la escasez de mano de obra hizo que en Europa se buscaran métodos que optimizaran la utilización de gente y así economizaran en este ramo que era tan costoso.

En cambio en México las condiciones que acabamos de mencionar y que le dieron preferencia a los elementos prefabricados en Europa no se dan con facilidad. El clima de nuestro país es muy benévolo y permite que se trabaje fácilmente al aire libre. Tal vez, en las únicas zonas donde no se puede trabajar con tantas ventajas es en las costas, donde el clima es bastante caluroso, húmedo y molesto. También en las zonas desérticas o extremadamente secas.

Tampoco se puede decir que se presente una escasez de mano de obra pues en México el problema que se presenta es el desempleo de las clases bajas y obreros no especializados.

De las condiciones que se presentaron en Europa y que promovieron el desarrollo de los métodos de prefabricación la única que se presenta con la fuerza suficiente es la necesidad urgente de vivienda. Esta es una condición que puede hacer cambiar completamente la mentalidad con respecto a los prefabricados y a los esfuerzos que se están haciendo con este fin. Al ver como los prefabricados aumenten las eficiencias en muy altos grados y se logren viviendas mucho más económicas, hará que los supuestos clientes y dueños de las construcciones se inclinen por estos métodos más económicos.

La necesidad de vivienda en México es urgentísima y deberemos de enfocar todos nuestros esfuerzos en solucionar esta problemática. Actualmente las necesidades hacen que se tengan que construir aproximadamente 1000 viviendas diarias durante 13 años. Esto es una fiel muestra de la urgencia de la construcción.

Como ya dijimos, en México ya se están comenzando los esfuerzos en el área de los prefabricados y actualmente se enfocan casi en su totalidad hacia el ramo de la vivienda unifamiliar. Se ve cada vez más como los prefabricados van abarcando mas área de acción y van superando a los sistemas tradicionales en costo y calidad.

En

En México, los sistemas de prefabricación que se han desarrollado con mayor éxito son los sistemas abiertos; En su mayor parte están influenciados por los sistemas norteamericanos consistentes en paneles

ligeros de poliestireno con un armado de malla al que luego se le colocará el aplanado. Estos sistemas son ideales para lograr la versatilidad en el diseño de la habitación.

Los esfuerzos de las compañías mexicanas cada vez tiene mayores frutos y el mercado de estos productos crece. Además cada vez desarrollan métodos más económicos como la sustitución del poliestireno por tubos de cartón. Sin embargo se han presentado ligeros problemas aunque no de carácter técnico; mas bien son cuestiones de costumbre y tradiciones; la mayoría de los mexicanos no estamos acostumbrados a ver construir una casa con elementos ligeros y se llega a pensar que no tiene la misma solidez que una construcción tradicional donde por construir con elementos pesados se piensa que es mas resistente.

Los elementos que se fabrican son en extremo ligeros y manejables por lo que se obtienen rendimientos de colocación muy altos. Además presentan propiedades estructurales y aislantes que los hacen que cada vez mas sean preferidos por el público en general. Son muy utilizados en la construcción hotelera por sus grandes propiedades acústicas y en muchas ocasiones para elementos de fachadas y cubiertas por su gran aislamiento térmico.

Sin embargo, su atributo de mayor importancia es la economía generada por los grandes ahorros y eficiencias que estos elementos producen. Por datos estadísticos que se han tomado en las distribuidoras de estos productos podemos saber que el tiempo de construcción se puede llegar a reducir hasta a un 25 ó 30% de la construcción tradicional. Además genera ahorros en mano de obra pues esta se reduce hasta en un 60%. La mano de obra que se utiliza en estas opciones no es mano de obra especializada y la herramienta tampoco.

Entre las principales empresas que encontramos en México podemos citar a Panel W, Sistema Multypanel, Sistema Covintec, Desarrollo Nueva Casa, Prefab, etc. Muchos de estos sistemas utilizan patentes norteamericanas aunque también hay muchas que desarrollan conceptos y patentes mexicanas.

Por ejemplo podemos mencionar a Panel W. Esta empresa lleva trabajando en este concepto más de 10 años en el transcurso de los cuales ha hecho una gran diversidad de obras. Con esto se ha demostrado la versatilidad del producto y las grandes propiedades que los productos desarrollados por esta empresa mostraban. Su sistema es una patente americana que consiste en hojas de poliestireno expandido y reforzadas por una especie de retícula de alambre que le da a la hoja la capacidad de resistir los esfuerzos transversales y cortantes. Esta retícula trabaja en un solo sentido; para el otro sentido es necesario agregarle un refuerzo adicional con varillas de 3/8". Este refuerzo adicional dependerá de el esfuerzo al que se someterá el elemento. Además ha desarrollado piezas especiales para asegurar la correcta unión entre elementos. Estos paneles son muy fáciles de colocar y llegan a rendir hasta 35 m²/jor. Ya que están colocados será necesario colocarle el recubrimiento que puede ser colocado manualmente o con lanzadora de mortero. Para poder aplicar la lanzadora de mortero es necesario que la cantidad de obra sea muy grande pues es un método muy costoso.

Otro sistema que está teniendo mucho impulso es el sistema Multypanel, que viene siendo muy similar a el sistema anterior aunque la idea se desarrolló en México. Consiste en una hoja de poliuretano envuelta en malla electrosoldada. Además para proporcionar mayor rigidez a la hoja se le refuerza con canaletas de lámina galvanizada

que se va a formar un marco rígido. Estos elementos también son utilizados tanto para muros como para losas. El sistema es un poco más económico que el anterior aunque la calidad es menor.

Existen otras empresas que dentro del ramo de los prefabricados han encontrado soluciones diferentes. Por ejemplo, el sistema Dencasa consiste en la fabricación de tabletas de poliuretano rígido que funcionarán como moldes sobre los cuales se ha de colar el concreto. Se forman piezas relativamente pequeñas las cuales son fáciles de colocar. El acero de refuerzo será colocado antes de colar y consistirá en armados sencillos. Para las losas será necesario colar una capa de compresión. Este sistema, aunque parece sencillo, llega a lograr rendimientos altísimos y a tal grado que llega a construir una casa sencilla en un tiempo récord de 3 días a partir de los trabajos de cimentación.

Otros sistemas empleados en México se basan en la prefabricación de elementos completos de madera y que son armables fácilmente. Estos métodos son muy usados en la construcción de casetas provisionales o también definitivas aunque en climas muy benévolos.

Aún se siguen viendo como los sistemas predominantes en México son los abiertos y en función de elementos que se colarán ya colocados en su sitio definitivo.

Además se puede ver como las opciones desarrolladas de elementos prefabricados aventajan a las convencionales en cuanto a sus propiedades físicas y se resistencia por lo que no sería raro que pronto sustituyan a los métodos convencionales.

Futuro de los Elementos Prefabricados

El mercado de los elementos prefabricados ha ido aumentando conforme se han ido descubriendo las propiedades y ventajas que estos traen con respecto a los elementos tradicionales. Además las empresas que se dedican a los prefabricados han ido creciendo pues se alcanza a ver que cada vez más las preferencias con respecto a estos métodos crece de manera significativa. Se ve como la mayor parte del mercado corresponde a construcciones de interés social y conjuntos habitacionales, donde es posible obtener los mayores rendimientos y economía.

Además, el desarrollar nuevos materiales y construir con nuevos métodos hace factible el encontrar nuevas soluciones que posiblemente vayan a llegar a solucionar los problemas actuales. No cabe duda que si queremos mejorar la economía de la construcción, no podemos continuar con los métodos empleados actualmente.

Por como se ven los mercados actuales y el crecimiento de las empresas que se dedican a la construcción de elementos prefabricados es posible afirmar que el futuro de los elementos prefabricados para el mercado mexicano es brillante. Se puede considerar que la tendencia de el mercado mexicano va enfocado hacia la mejora económica y funcional que proporciona la introducción de los prefabricados a la construcción de vivienda.

CAPITULO IV

JUSTIFICACION ECONOMICA

Introducción.-

En muchas ocasiones, para justificar un planteamiento, no basta con la exposición verbal de las características y ventajas, sino que hay que exponer con datos científicos y técnicos completos. Este es el caso de nuestro estudio. Como ingenieros no podemos limitar nuestro trabajo con sólo suposiciones y planteamientos teóricos. Debamos respaldar nuestros planteamientos con datos a nivel técnico y costos.

En capítulos anteriores hemos desarrollado todas las ventajas y desventajas que presentan los elementos prefabricados y procuramos compararlos con las ventajas y desventajas de los métodos convencionales. Al desarrollar nuestro estudio observamos como el mercado de los prefabricados ha avanzado tanto que están superando en muchas formas a los sistemas convencionales. Vimos como este fenómeno tuvo su origen en Europa y mencionamos como y cuales fueron las razones que dieron lugar al desarrollo de esta tendencia en estos países.

Ya vimos también las condiciones que rigen el mercado mexicano. Estas condiciones nos marcarán las tendencias que estos productos van a seguir conforme se vayan cumpliendo y acentuando las condiciones mencionadas. Dentro de estas condiciones las de mayor importancia e interés son la gran demanda de vivienda a nivel nacional y la escasez de recursos con los que se cuenta. De aquí no hay duda de que la solución óptima es la economización de la vivienda. Y es por esto que se esté buscando por muchas opciones.

El gobierno actual está tomando medidas urgentes para solucionar la gran demanda que existe. De hecho, este año de 1987 se ha programado el mayor presupuesto destinado a la construcción de vivienda en lo que va de la presente administración.

Se puede notar claramente la gran importancia del problema y como no ha sido pasado por alto por las mentes de los dirigentes. Si bien, no se han dedicado los esfuerzos suficientes, esto no ha sido por falta de visión del problema sino por la falta de recursos debida a la gran crisis económica que estamos sufriendo.

Acabamos de mencionar como es que los esfuerzos de los productores han de centrarse en la producción de mejores sistemas de construcción. Viene entonces la gran competencia entre los sistemas de producción y los sistemas nuevos vienen a desplazar a los sistemas viejos. Todos comienzan a mejorar su calidad y a mostrar sus ventajas. Aquí está surgiendo una competencia desenfrenada donde todos están tratando de ganarse el mercado con sus productos. Y surge todo tipo de propaganda y medios de promoción, donde todos exponen las ventajas de sus métodos.

Sin embargo, no cabe duda de que la mejor promoción que se le puede hacer a un producto, desde el punto de vista ingenieril, es el abatimiento de costos sin perder de vista la calidad del producto. Este es un punto muy importante y hay que remarcarlo puesto que es muy sencillo abatir los costos al bajar la calidad del producto. Ya hemos mencionado este punto y lo consideramos ilícito pues puede llegar a tal punto que corra peligro la seguridad de la construcción así como la de sus ocupantes. Lo que debe buscarse es una mejoría técnica así como una mejoría económica. Sobre todo en el

campo de la vivienda donde muchísima gente se está quedando sin una vivienda digna por la sencilla razón de que no les alcanza el dinero como para conseguir una buena casa. Esta situación es crítica en México donde un gran porcentaje de la población vive en casas de madera, lámina de cartón, adobe, etc. Son casas que no ofrecen ninguna seguridad y que limitan al hombre.

Al introducir al mercado una opción o producto nuevo, es lógico que deberá ofrecer algunas ventajas con respecto a los productos anteriores; de no ser así, no tendría razón de ser pues no se habría mejorado o avanzado. Esto lo vemos en todos los niveles y no solo en la industria de la construcción. Todos los productos que se lanzan al mercado, llegan con un "slogan" que dirá algo como lo siguiente: "Evítese las molestias de...ahora use....i" donde por regla invariable se establece una comparación y el producto recién desarrollado le lleva ventaja a los anteriores.

En el caso de la construcción, las mejoras pueden llegar de muchos aspectos distintos. Por ejemplo, el producto mas económico. O aquel que nos va a reflejar una mayor rapidez de construcción. También un argumento muy usado es el de un incremento en la resistencia y durabilidad, etc.

No siempre el producto mas barato es el mas conveniente, así como tampoco el mas caro es el mejor. Siempre será necesario establecer los parámetros de decisiones y conveniencias. La decisión dependerá principalmente de las finalidades de la obra en particular.

Conforme el hombre avanza en el conocimiento de las cosas y los materiales, le es posible fabricar cosas mejores. Esto es una ley natural que afecta todas las ramas del quehacer humano y por

lo tanto la construcción no se queda sin estos avances. En la actualidad, la construcción ha estado avanzando muy rápido y cada vez aparecen nuevas aplicaciones de los materiales desarrollados. En el caso de la vivienda se puede ver como los esfuerzos están enfocados hacia la facilitación de la producción. Además de buscar como finalidad principal la rapidez de la construcción y la economía, los esfuerzos de los productores mexicanos van hacia una mejora en la calidad de los productos.

Ya hemos mencionado que en México la mayoría de los sistemas mencionados son del tipo abierto. Gran parte de los esfuerzos del mercado mexicano corresponde a los sistemas que utilizan paneles de poliuretano con estructura de alambre y recubiertos de un aplanado de mezcla. Estos sistemas son producidos con una gran cantidad de variantes dependiendo de la fábrica. Las diferencias principales son de importancia aunque el concepto es el mismo, la diferencia mas notable es en el relleno del panel. En algunas ocasiones es poliestireno rígido y en otras ocasiones es poliuretano. La diferencia en estos materiales estriba mas que nada en sus propiedades físicas de aislamiento acústico y resistencia a altas temperaturas. También encontramos diferencias en el armado de los paneles pues algunos utilizan dos capas de malla y canaletas, en cambio otros sistemas utilizan una especie de armadura tridimensional. Esto se reflejará en la diferente resistencia que tendrán cada uno de los métodos.

Sin embargo, como podemos ver, el concepto es el mismo y se puede decir que solo son variantes del modelo original. Este es el modelo que vamos a analizar mas a fondo para poder estudiar su conveniencia en cuanto a economía.

Ya hemos mencionado como es que para poder establecer una comparación válida debemos de establecer una igualdad de circunstancias o en su caso, valuar bien las diferencias. Un ejemplo muy sencillo de entender es el caso de un automóvil de último modelo con todo tipo de instalaciones con un automóvil usado y austero y querer comparar precios para ver cual es más económico. Esto suena a un absurdo pero es muy frecuente encontrar este tipo de comparaciones.

En el caso de los paneles prefabricados es necesario mencionar y tomar en cuenta de que además de la economía que le llega a producir a la obra, se pueden obtener grandes ventajas a nivel técnico que en muchas ocasiones es difícil cuantificar en pesos y centavos. Además no sería posible considerar como satisfactorios los avances del hombre en cuanto a la construcción se refiere si solo se enfocan a la mejoría económica.

Desarrollo de propiedades técnicas.-

Conforme se ha ido avanzando en el tiempo, el hombre ha ido descubriendo y desarrollando muchos tipos de técnicas. Muchas de estas técnicas se enfocan hacia el manejo de los materiales y procesos de producción. Especialmente en este siglo donde se han dado los mayores avances en la tecnología.

Cuando oímos hablar de tecnología, automáticamente pensamos en computadoras o naves espaciales y la verdad es que la tecnología es mucho más común que lo que nos imaginamos. Las aplicaciones de la tecnología van a actuar en casi todas las ramas de la actividad humana y cada vez se encuentran más aplicaciones. Las ventajas que nos trae la aplicación práctica de la tecnología hacen que el hombre

viva cada vez mas cómodamente. Encontramos aplicaciones en cualquier lugar que encontremos. En la calle, en la escuela, en la industria.

Sin embargo, los avances de la tecnología también crean espejismos acerca de las reales necesidades del hombre. Al tener todo tan fácil de alcanzar, las necesidades primarias o básicas se consideran como resueltas y los esfuerzos se enfocan hacia otras necesidades que originalmente no son realmente básicas sino que casi se puede decir que se crearon para darle utilidad a la tecnología. Las bases para estos el desarrollo de estos conceptos son correctas pues como ya dijimos, el avance del hombre no puede verse reflejado solo en la economía de la producción sino también en los bienes que le produzca. Sin embargo, lo que tratamos de decir es que en cierta forma las características que ahora buscamos para nuestros productos no son estrictamente necesarias sino que se crearon por la implantación de la tecnología. Un poco como el niño que le pide a su mamá algún juguete muy caro o complicado solo porque sus amiguitos lo tienen, siendo que antes era feliz con juguetes sencillos. Esto es justificable puesto que le ha producido muchísimos bienes a la humanidad. Sin este tipo de ambiciones, es probable que no se hubiera llegado a los avances que se tienen actualmente. El campo que nos interesa, que es el de la vivienda, también ha gozado de las ventajas de la tecnología pues muchísimos de los logros actuales se deben a este ramo. Sin embargo, como ya mencionamos en alguna parte de este trabajo, todavía hace falta aprovechar mucho este tipo de conocimientos. La construcción de vivienda es considerada por muchos autores como de tipo artesanal pues sus métodos son primitivos. En la actualidad se está procurando aprovechar las ventajas de la tecnología y apli-

carlas a la construcción de vivienda. Sin lugar a dudas estas medidas nos producirán grandes beneficios en todos los sentidos pues está mas que comprobado que la introducción de la industria a la producción de bienes nos va a producir grandes eficiencias y perfeccionamientos.

Además de los argumentos que ya explicamos anteriormente, también hay que tomar en cuenta que si ya se cuenta con la tecnología adecuada o con los medios para obtenerla, es necesario buscar otras metas que nos vayan a producir mayores beneficios y conservando los costos.

Lo mas probable es que antiguamente no se pensara en proporcionar una gran versatilidad a los elementos, ni una distribución de los espacios óptima, ni tampoco en mantener una temperatura constante en el interior. Sin embargo, como ahora contamos con muchísimos instrumentos con los cuales podemos tomar en cuenta muchos mas detalles que anteriormente.

La aplicación de los elementos prefabricados nos permitirá una mayor aplicación de la tecnología de materiales a la construcción de casas. De esta forma veremos como las comodidades suben considerablemente. Hemos mencionado ya como es que al implantar la fabricación de elementos en planta se obtiene un control de calidad mucho mayor al que se puede lograr al elaborar los productos en obra. Al producir en planta y observar un control de calidad muy estricto nos es posible dedicar nuestra atención a las propiedades de la vivienda que mas nos interesan y además hacer estudios sobre los mismos productos para evaluar el funcionamiento de las propiedades por desarrollar.

Las características mas importantes por desarrollar son aquellas que le van a dar a la vivienda una gran comodidad y que tiendan a

hacer de la casa un lugar agradable. Podemos mencionar como primera característica el aislamiento acústico entre habitaciones. Los paneles prefabricados tienen esta propiedad por la discontinuidad que se forma entre las capas de mortero. Otra característica que se puede considerar como importante es el gran aislamiento térmico que proporcionan los paneles prefabricados. El empleo de paneles hará que al construir se cuente con una gran versatilidad en el diseño; tal vez sea menor que al emplear tabique o block, pero será la suficiente como para que se puedan aplicar una gran cantidad de diseños. Otra de las características que ya hemos mencionado aunque no con la profundidad suficiente es el hecho de la más alta resistencia estructural que se logra con los prefabricados. Además con los paneles prefabricados se logra una gran ligereza lo que repercutirá en una cierta economía en la cimentación.

Para exponer correctamente las características que intervienen en el carácter económico del diseño de una obra vamos a desarrollar una por una de las ventajas procurando ahondar lo suficiente en el tema como para que se logre ver la importancia de cada una de ellas.

El primero de los factores que vamos a analizar es el del aislamiento térmico. Originalmente, cuando se proyecta una casa, el diseño arquitectónico debe de contemplar el tipo de clima de la zona donde se localice el proyecto. Sobre esta información, se proyectará la orientación de la casa, la distribución de las áreas, las puertas y ventanas, etc. El diseño se hará de manera que la vivienda mantenga una temperatura constante y agradable. Además de que el diseño arquitectónico procure establecer una temperatura constante, se podrá

trabajar con materiales que permitan un mayor control. Para esto hay muchos materiales y técnicas aunque generalmente si se quiere hacer un trabajo más especializado y detallado será necesario trabajos mas especializados y bastante costosos. Hay diversos materiales para estos fines como lo son la fibra de vidrio, lana mineral, placas de yeso, poliuretano, etc. El material que se va a utilizar depende del espesor con que se pueda contar.

Cada uno de los materiales tendrá una capacidad diferente de aislamiento térmico y esta capacidad será controlada por el espesor de la capa de aislante que escojamos. Para esto hay que saber varios conceptos básicos para la transmisión del calor.

Conducción.- Conducción térmica es la transferencia de calor en un cuerpo de una parte a otra de menor temperatura, transmitiéndose el calor de molécula en molécula.

Radiación.- La radiación térmica es la transferencia de calor de un cuerpo a otro de menor temperatura por medio de ondas electromagnéticas que atraviesan un medio separador. La radiación térmica atraviesa el vacío a la velocidad de la luz, atraviesa medios homogéneos en línea recta genera calor cuando choca con un cuerpo que la absorbe y se refleja tal como lo hace la luz.

Convección.- Convección térmica es la transferencia de calor de una parte de un fluido a otra de menor temperatura mediante la mezcla de partículas fluidas. Los problemas prácticos de convección(dentro del área de la construcción) tratan de la transferencia de calor entre el aire(fluido) y una superficie sólida(muro, techo, piso, etc.). Este es el caso que nos interesa.

También es manejado el factor "K" que es el factor de conductividad térmica y es la medida de flujo de calor que se transfiere a través de un material homogéneo de una pulgada de espesor, por hora, por pie cuadrado, por grado Fahrenheit. Ejemplos de la conductividad térmica de varios materiales son los siguientes:

"K" de espuma rígida de Poliuretano	0.13	BTU/(hr)(ft')(°F/in)
"K" de fibra de vidrio	0.25	"
"K" del poliestireno expandido	0.28	"
"K" del concreto	12.00	"

Estos valores representan la capacidad de aislamiento de los diversos materiales. Si queremos verlo de una manera mas práctica podemos hacer la siguiente gráfica:

TABLA COMPARATIVA DE LOS AISLAMIENTOS TERMICOS MAS COMUNES

MATERIAL	FACTOR K*	ESPESOR REQUERIDO								
		0	1"	2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"
Poliuretano Rígido	0.13									
Fibra de Vidrio	0.25									
Poliestireno Expandido	0.28									
Lana Mineral	0.32									
Perlita Expandida	0.35									
Yeso celular	1.00									

* A menor factor K, mayor propiedad aislante del material, basado en el fenómeno de transmisión de calor.

Otra de las ventajas que ya hemos mencionado es la mayor capacidad estructural con respecto a los elementos de construcción tradicional. El panel prefabricado que estamos manejando está por una estructura tridimensional de alambre de acero, provista de un espumado sintético colocado al centro de la estructura, dejando un espacio libre ambos lados de aproximadamente 13 mms. entre el espumado sintético y la malla.

Una vez instalado en la obra, se le aplica mortero cemento arena de río en proporción 1:4 por las dos caras, hasta alcanzar el espesor deseado.

El alambre de acero de los paneles se fabrica con un esfuerzo de fluencia de 4200kg/cm^2 y el mortero que se usa deberá tener una resistencia mínima de 100kg/cm^2 . El aplanado se hará del grosor necesario de manera que se obtengan espesores de muro de aproximadamente 10 cms. aunque también pueden lograrse espesores de hasta 7.5 cms. Las resistencias que se llegan a obtener con estos muros considerando una excentricidad máxima de $h/6$, sin carga lateral y para un muro de 2.00 mts. será de 14,450 kg/ml para un muro de 10 cms de espesor. Los muros llevarán como refuerzo adicional varillas del #3 espaciadas a cada 50 cms. alternadas en cada cara. También es necesario que para que se logre una unión firme de los muros con la losa, se dejen anclas en forma de "U" del #3 a cada 50 cms.

Los paneles prefabricados también son utilizados en losas de entrepiso y azotea aunque su constitución es un poco diferente a los muros. Los paneles llevarán un refuerzo adicional con varillas del # 2.5 y su separación dependerá de los esfuerzos a los que se vayan a someter las losas. Las losas construidas con paneles prefabri-

cados pueden llegar a soportar esfuerzos cortantes hasta de 1,040kg/m y momentos hasta de 770 kg-m/m en el caso de losas de 10 cms. Para losas de 12.5 cm el momento máximo puede ser hasta 900kg-m/m y el cortante máximo será de 1400 kg/ml.

Al construir losas con paneles prefabricados será necesario que las capas de recubrimiento sean un poco mas gruesas que en el caso de los muros. Principalmente la capa superior que será del orden de 5.5 cms de espesor. El recubrimiento inferior será del orden de 1.5 cms. a partir del acero de refuerzo.

Al construir con paneles prefabricados se van a obtener elementos muy ligeros, por lo que la cimentación puede llegar a ser muy sencilla. Podemos tener cimentaciones en base a losas corridas, zapatas aisladas y con suelo-cemento. Escogeremos la cimentación dependiendo del tamaño del edificio.

La cimentación mas económica y la más común en vivienda de interés es la cimentación de losa corrida. Esta cimentación consta de una losa de concreto cuyo espesor dependerá del peso de la estructura y su refuerzo consiste en una capa de malla electrosoldada. Esta medida nos ahorrará mucho acero de refuerzo.

Por desgracia, las características o ventajas que hemos presentado no son muy apreciadas por la mayoría de la gente y no se llegan a dar cuenta de lo que estas condiciones implican. Sin embargo, las ventajas ya están desarrolladas y es cada vez mas fácil el poder contar con las comodidades de la tecnología.

Como ya dijimos en alguna otra ocasión, el lenguaje actual para mostrar las conveniencias de un sistema en especial es hablar en pesos y centavos. En las condiciones actuales es probable que podamos promover por muchos medios las características técnicas de nuestros

productos y no se preste mucho interés por el sistema; en cambio, si se habla de un ahorro importante, es seguro que se va a crear mucho interés por nuestro producto. Además, esto es lógico pues para la época de crisis que estamos viviendo, hemos aprendido a apreciar cualquier ahorro que se nos presente. De hecho, para tener una opción real de mercado, es necesario ofrecer economía.

Sin embargo, también ya mencionamos que dada nuestra condición de ingenieros, debemos de buscar la economía sin sacrificar la calidad y seguridad del producto. No sería una buena solución el abaratar los productos a costa de la seguridad del cliente. Ya expusimos algunas de las razones por las cuales consideramos que la mejoría de la calidad ya la tenemos. Ahora lo que debemos estudiar es la posibilidad de obtener una economía significativa del producto. Para esto será necesario que evaluemos a detalle las condiciones de las soluciones que estamos proponiendo y luego hacer un análisis comparativo con las condiciones similares de las soluciones convencionales. Debemos tener mucho cuidado en encontrar todos los puntos de comparación para poder hacer una evaluación correcta.

Proposición de un prototipo.-

Para poder establecer una comparación correcta entre la construcción con paneles prefabricados y los métodos tradicionales, es necesario considerar hasta el último detalle y evaluar los costos con respecto a un prototipo definido.

El establecer un prototipo no es difícil. Podríamos conseguir cualquier proyecto y sobre esos planos comenzar los análisis y presupuestos. Sin embargo, vamos a procurar amoldar nuestro trabajo a las necesidades de México.

La construcción de vivienda en México tiene muchas variantes. La mayoría de las viviendas que se construyen actualmente, son viviendas del tipo de interés social. Son proyectos de diversas dependencias como el FOVISSSTE, INFONAVIT, Renovación Habitacional, etc. La mayoría de estos proyectos están enfocados hacia la dotación de vivienda para las personas de medianos recursos. Los proyectos se hacen de un tamaño determinado en función de un promedio de personas por familia. Hay varios prototipos y la distribución de ellos dependerá de el sector de la sociedad hacia el cual esté enfocado, del tamaño de la familia, del clima, de la zona y del tamaño que se disponga. En este trabajo vamos a escoger algún prototipo del INFONAVIT con el fin de establecer las comparaciones.

El INFONAVIT maneja varios tipos de proyectos. Podemos encontrar viviendas unifamiliares, multifamiliares, Duplex y Triplex. Para los propósitos de este trabajo vamos a manejar un prototipo denominado "Morelos" por ser el que consideramos que se asemeja más a las necesidades promedio en México.

El prototipo "Morelos" es una vivienda de 2 niveles con tres recámaras y posibilidades de ampliación a una cuarta recámara; sala, comedor, cocina, un baño y patio de servicios. El área construida es de 87.63 m² con una densidad de muros del 12 % y está diseñado para un clima templado o mediterráneo.

Identificación de Incidencias.-

En el primer capítulo hicimos el desarrollo de una obra con el fin de identificar cuales son las variables de mayor importancia y que mas repercuten en el costo y desarrollo de una obra. Empezamos por la cimentación, que es un factor muy importante para cualquier obra. Para el caso de una vivienda de interés social la cimentación está ya estandarizada; esto es, las cargas que genera una obra de interés social son tan similares entre ellas que es posible diseñar una cimentación general o que presente muy leves diferencias entre los diferentes prototipos. Por esta razón no tomamos en cuenta a la cimentación como punto de interés pues tal vez no cambie mucho aunque es posible reducirla al ser reducido su peso.

También nos es posible apreciar como en una obra de vivienda los conceptos que más intervienen son los relacionados con los trabajos de albañilería. Sin embargo mas que eso estan los conceptos de la superestructura. El acero de refuerzo es un insumo que interviene grandemente en el costo de las partidas referentes a la superestructura y cimentación. Claro que su participación dependerá del tipo de edificación que estamos manejando.

Otra partida interviene de gran forma es la referente a las instalaciones. Principalmente la instalaciones hidrosanitarias; de igual manera influyen las instalaciones eléctricas y las especiales. Los altos costos de las instalaciones se deben principalmente a que los materiales de este tipo de trabajos es muy costoso y especializado y la mano de obra interviene poco.

Para poder mencionar con certeza algunas de las principales incidencias en la edificación vamos a recurrir a los datos de instituciones nacionalmente reconocidas como Renovación Habitacional Popular y el INFONAVIT.

Analizando el presupuesto para la construcción de un prototipo en particular, en este caso el Prototipo 1-B-1 de Renovación pudimos observar los siguientes coeficientes de participación:

Cimentación	8.24%
Columnas, castillos y dadas	9.95%
Muros	14.51%
Trabes y losas	12.26%
Recubrimientos	6.58%
Detalles de Albañilería	1.54%
Instalación Hidrosanitaria	15.11%
Instalación Eléctrica	7.10%
Cancelería	8.17%

83.46%

Estas incidencias corresponden a un prototipo de dos niveles y con un área aproximada de 41 m² por vivienda.

También encontramos porcentajes de incidencias en obras específicas del INFONAVIT. Ahora vamos a observar los coeficientes de participación de las diferentes partidas pero para una edificación de mayor tamaño. Vamos analizar el prototipo M20-5N-2R que es un edificio de 5 niveles con 4 viviendas por nivel.

En este prototipo pudimos obtener las siguientes incidencias según un presupuesto del INFONAVIT:

Cimentación	14.21%
Estructura	39.74%
Acabados	13.36%
Instalaciones	21.84%
Complementos	10.83%
	<hr/>
	99.98%

Se puede ver como las incidencias, aunque cambian un poco, se mantienen mas o menos dentro de los mismos parámetros.

Ahora, ya que vimos un poco de las incidencias de las diferentes partidas vamos a constituir un presupuesto comparativo del mismo prototipo para de esta manera poder establecer las diferencias económicas entre los sistemas constructivos tradicionales y el sistema de Paneles prefabricados.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Presupuesto para Sistemas Tradicionales.-

Tomando en consideración que uno de los argumentos que mas llaman la atención al público en general es la economización de los productos vamos a presentar un par de presupuestos donde se hagan patentes las ventajas o desventajas de los sistemas prefabricados con respecto a sistemas convencionales de edificación. Para esto hemos escogido un mismo prototipo de edificación que a nuestro parecer representa en gran medida los gustos y necesidades de gran número de mexicanos y que bien puede servirnos de muestra.

Para armar el presupuesto contamos con los precios unitarios proporcionados por el tabulador del INFONAVIT. Este tabulador corresponde al mes de marzo de 1987 y la comparación de presupuestos la estamos haciendo para las condiciones de junio de 1987 por lo que será necesario aplicar los índices que el mismo INFONAVIT proporciona.

Los factores de incremento en la edificación proporcionados por esta institución son los siguientes:

Enero	4,367,0742	
Febrero	4,566,2870	
Marzo	4,789,0214	
Abril	5,268,9771*	Los índices marcados con un asterísco(*) corresponden a un pronóstico.
Mayo	5,427,0464*	
Junio	5,729,8322*	
Julio	5,901,7272*	

DE estos índices tomamos los de marzo y junio y así obtenemos un incremento del 19.64% sobre los precios del tabulador.

De acuerdo a los precios del tabulador afectados por el factor de incremento y a las cubicaciones podemos obtener el siguiente presupuesto global:

I.- CIMENTACION

1.1.-Limpia, trazo y nivelación.	m ²	546.59	53.1	29,023.79
1.2.-Excavación a mano en cepa.	m ³	1,110.31	9.72	10,792.18
1.3.-Plantilla de concreto simple.	m ²	1,968.11	47.83	94,134.89
1.4.-Acero de Refuerzo en cimentación.	kg	515.91	958.00	494,243.32
1.5.-Concreto en cimentación.	m ³	41,706.98	9.72	405,391.87

II.- COLUMNAS, CASTILLOS Y DALAS

2.1.-Cimbra en castillos	m ²	3,050.76	40.56	123,740.45
2.2.-Acero en castillos	kg	517.44	359.50	186,020.76
2.3.-Concreto en castillos.	m ³	56,957.01	2.54	144,670.82

III.- MUROS

3.1.-Muro de Block	m ²	9,836.02	165.77	1'630,517.60
--------------------	----------------	----------	--------	--------------

IV.- TRABES Y LOSAS

4.1.-Cimbra en trabes	m ²	3,245.73	36.70	119,118.24
4.2.-Acero en trabes	kg	517.28	546.50	282,691.15
4.3.-Cimbra en losas.	m ²	3,245.73	95.60	310,291.80
4.4.-Acero en losas	kg	517.28	1071.40	554,213.80
4.5.-Concreto en trabes	m ³	47,096.70	11.40	536,902.36

V.- RECUBRIMIENTOS

5.1.-Aplannado de mezcla	m ²	1998.67	351.50	702,533.02
--------------------------	----------------	---------	--------	------------

VI.- PISOS

6.1.-Acabado en pisos	m ²	3,127.64	95.70	299,314.73
-----------------------	----------------	----------	-------	------------

5'923,601.50

El presupuesto que acabamos de presentar está incompleto. Aún le falta considerar los costos de instalaciones, pinuras, cancelerías, acabados finales, etc. Para esto vamos a plantear un cierto porcentaje que tomaremos de los datos de incidencias anteriores.

Vamos a considerar que lo que falta incide en un 35% del costo total. Esta cantidad será por lo tanto de \$3'189,631.60

Finalmente el total del presupuesto es de \$9'113,233.10 ; esta cantidad nos dará un costo aproximado por metro cuadrado de \$103,998.

Presupuesto para Paneles Prefabricados.-

Ahora, para establecer la correcta comparación de la economía de los diversos sistemas vamos a desarrollar el presupuesto de el sistema de prefabricación consistente en paneles prefabricados. Para esto vamos a tomar algunos precios del tabulador del INFONAVIT y otros los vamos a desarrollar.

El primer análisis que vamos a hacer es el del costo de la cimentación. La ligereza de los elementos prefabricados va a permitir que podamos diseñar el armado de la cimentación en base a malla electrosoldada en dos capas.

El costo de la malla electrosoldada en el catálogo del INFONAVIT es de \$796.12/m² por lo que el costo del armado de la cimentación será de \$1592.24/m². Además está el armado de las cadenas que viene siendo de \$4556.14/m². En total el precio del refuerzo será de la suma de los dos. Es de \$6148.38/m².

Ahora analizaremos el costo del muro de Panel W.

I.- Materiales

$$\text{Panel W } \$9484.18/\text{m}^2$$

$$\text{Mortero } f'c=100\text{kg/cm}^2 \quad 34860 \times .075 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 3137.00$$

II.- Mano de Obra

$$\text{Colocación Panel W } \frac{\$ 8,660 / \text{jor}}{35 \text{ m}^2/\text{jor}} = \$247.43/\text{m}^2$$

$$\text{Colocación mortero } \frac{\$8,660 / \text{jor}}{11 \text{ m}^2/\text{jor}} = \$787.27/\text{m}^2$$

Costo Directo \$ 13,655.88/m²

El siguiente costo que analizaremos es el de la losa.

I.- Material

$$\text{Panel W } \$9,484.18/\text{m}^2$$

$$\text{Mortero } \$34,860.00/\text{m}^2 \times 0.085\text{m}^2/\text{m}^2 = \$2,963.10/\text{m}^2$$

II.- Mano de Obra

$$\text{PANEL W } \frac{\$8,660/\text{jor}}{35 \text{ m}^2/\text{jor}} = \$247.43 / \text{m}^2$$

Costo Directo \$ 12,694.71/m²

La gran ventaja de este sistema constructivo es que los paneles son autosoportantes y la edificación no va a requerir de estructuras como columnas y traveses sino que todo será cargado por los muros y la unión monolítica de muro-losa. Además se ahorra casi un 90% de la cimbra pues solo se requiere de apuntalamientos y el desgaste es prácticamente nulo. Ahora vamos a armar el presupuesto.

I.- CIMENTACION

1.1.-Limpia, trazo y nivelación.	m ²	546.59	53.10	29,023.79
1.2.-Excavación a mano en cepa.	m ³	1,110.31	9.72	10,792.18
1.3.-Plantilla de concreto simple.	m ²	1,968.11	47.83	94,134.89
1.4.-Malla en cimentación.	m ²	6148.38	47.83	294,077.02
1.5.-Concreto en cimentación.	m ³	41,706.98	9.72	405,391.87

II.- MUROS

2.1.-Muros de Panel W	m ²	13,655.88	165.77	2'263,735.20
-----------------------	----------------	-----------	--------	--------------

III.- LOSAS

3.1.-Losa de Panel W	m ²	12,694.71	95.66	1'214,276.00
----------------------	----------------	-----------	-------	--------------

IV.- PISOS

4.1.- Acabado en pisos	m ²	3,127.64	95.70	299,314.73
------------------------	----------------	----------	-------	------------

\$4'610,745.70

Si además a esto se le agrega la misma cantidad de lo correspondiente a instalaciones y demás conceptos obtendremos un presupuesto global de \$7'800,377.30

El monto anterior repercutirá en un costo aproximado por metro cuadrado de \$89,014.92 /m² de construcción. el porcentaje de economía será del 85.6%.

CONCLUSIONES

Después del análisis que se ha hecho sobre las ventajas y desventajas de los elementos prefabricados y viendo la situación concreta de México, podemos establecer una serie de conclusiones sobre el tema. Las conclusiones que vamos a obtener serán en torno a la posible conveniencia del empleo de los sistemas de prefabricación o en su caso, la negación de toda posibilidad.

Parece claro que ya analizamos las características más importantes de los prefabricados y ya hemos observado que propiedades presenta para las condiciones de nuestro país. Originalmente tomamos como modelo las opciones europeas y analizamos un poco las soluciones que se han tomado en Europa. Sin embargo, consideramos como un error el tomar como modelos válidos en México a las opciones europeas. Esto es por la sencilla razón de que las condiciones en Europa no son parecidas a las condiciones mexicanas. La mentalidad europea cuando se iniciaron los esfuerzos por la prefabricación, estaba enfocada plenamente a las necesidades de la Europa de postguerra. En la actualidad, cuando en México se ve venir un cambio, provocado por la crisis económica y por las crecientes necesidades, sobre todo a nivel habitacional, no podemos aplicar la misma mentalidad y soluciones del modelo europeo. Probablemente las necesidades sean las mismas, pero no las condiciones. De aquí podemos sacar las primeras conclusiones de nuestro trabajo, y es que no podemos obtener las mismas soluciones que en Europa puesto que las condiciones en nuestro país son diferentes. Sería un error garrafal el tomar íntegramente

las soluciones aplicadas en los países europeos, sin antes haber hecho un análisis y saber si se tiene o no aplicación en México.

Cuando hicimos el análisis de las necesidades de México, mencionamos la impresionante cifra de viviendas necesarias para abastecer completamente el mercado de vivienda. Es en realidad una cantidad de obra muy importante y más que una razón para concentrar la atención de la industria de la construcción actual. Sin embargo, una condición hace especialmente interesante este problema es la falta de recursos con la que cuenta México. Una posición muy sencilla es la de considerar que no se puede sino esperar a que se cuente con los recursos necesarios y por lo pronto conformarse con la baja producción actual. Nuestro deber como ingenieros es precisamente buscar el mejor modo de satisfacer las necesidades del medio donde se vive y ya vimos que la opción anterior no es la mejor solución. Más bien, la solución ideal que podemos dar como ingenieros es una economización racional de la vivienda para que así hagamos rendir al máximo los pocos recursos con los que se cuenta. Dentro de los estudios y justificaciones que dimos se encontraron la racionalización de la mano de obra y los materiales generado por la industrialización y la prefabricación. Se encontró que los prefabricados son una real opción para la economización de la construcción de vivienda por lo que podemos llegar a la conclusión de que la prefabricación en la industria de la construcción si llega a ser una opción totalmente conveniente.

Al hacer nuestro análisis nos encontramos con que realmente las condiciones mexicanas son muy diferentes a las europeas. En primer lugar, México no cuenta con los recursos económicos suficientes como para volcar su industria hacia la prefabricación. En segundo lugar, la mentalidad del mexicano es completamente diferente a la del europeo. En México no estamos adaptados a los cambios bruscos de costumbres y mentalidades. Todas las transformaciones son hechas de manera gradual y de tal forma que el mexicano poco a poco vaya asimilando los cambios que han sufrido las condiciones donde vive. Es por esto que el México de nuestros tiempos no puede soportar un cambio radical en sus métodos de construcción. El cambio es necesario pero deberá ser gradual. La tradición juega un papel muy importante en el actuar del mexicano así como en sus gustos y preferencias. De aquí sacamos otra conclusión. El desarrollo de la prefabricación en México será llevado a cabo paulatinamente y por medio de la implantación de métodos que sigan más o menos los principios válidos actualmente tales como la construcción por elementos, el desarrollo de una obra en el sitio, etc. Esto significa que la tendencia de la prefabricación será el empleo de sistemas abiertos tales como paneles y planchas de concreto. No puede introducirse directamente la prefabricación de la vivienda completa porque chocaría con la mentalidad, tradiciones y necesidades del pueblo mexicano.

BIBLIOGRAFIA

1.-Prefabricación, VI y VZ.

Díaz Gómez, Raúl

IMCYC, 1973

2.-Prefabricación, VI y VZ.

Meyer Bahe, Walter

Ed. Blume, Barcelona, 1969.

3.-Manual de la construcción prefabricada.

Soncz, Tibor.

Ed. Blume, Madrid, 1968.