

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
GUATEMALA, CENTRO AMERICA

P R E F A B R I C A D O S

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

PROPIEDAD DE LA UNIV. DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

BRUNO MERTINS L.

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1975

D.L
08
T(420)

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO:	ING. HUGO QUAN MA
VOCAL PRIMERO:	ING. JULIO CAMPOS B.
VOCAL SEGUNDO:	ING. ROBERTO BARRIOS M.
VOCAL TERCERO:	ING. LEONEL AGUILAR
VOCAL CUARTO:	BR. ROBERTO URDIALES
VOCAL QUINTO:	BR. EDGAR CIFUENTES
SECRETARIO:	ING. MANUEL ANGEL CASTILLO G.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	ING. HUGO QUAN MA
EXAMINADOR:	ING. LEONEL PINOT LEIVA
EXAMINADOR:	ING. LUIS PINEDA DEL CID
EXAMINADOR:	ING. EMILIO BELTRANENA MATHEU
SECRETARIO:	ING. JOSE LUIS TERRON

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por la Ley Universitaria, presento a vuestra consideración previo a optar el Título de Ingeniero Civil, mi trabajo de Tesis titulado:

PREFABRICADOS

Tema que me fue asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

María L. vda. de Mertins
Hans Albert Kurt Mertins (Q. E. P. D.)

A MIS HERMANOS

Juan y Carmen Mertins
Anna Lizette Mertins
Otto Enrique Mertins

A MIS ABUELOS

Victoria G. vda. de Luna
Guillermo Luna (Q. E. P. D.)

A MIS TIOS, EN ESPECIAL

María Hammer vda. de Mertins

A MIS AMIGOS, EN ESPECIAL

Sr. Miguel A. Noguera, Sra. y Fam.
Dr. María Villanueva, Sra. y Fam.
Br. Carlos L. Tello

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Jorge Ramos, sin cuya valiosa guía no hubiera sido posible realizar el presente trabajo.

A la Srta. Ana Leticia Sosa Tárano, por su colaboración y ayuda desinteresada en la elaboración de este trabajo.

A las personas que en una u otra forma me prestaron su colaboración.

EL AUTOR

CONTENIDO

INTRODUCCION

CAPITULO I

LA PROBLEMATICA HABITACIONAL DE GUATEMALA

CAPITULO II

SELECCION ENTRE LAS DOS ALTERNATIVAS POSIBLES PARA DISMINUIR EL PROBLEMA DE VIVIENDA DEL PUNTO DE VISTA DE LA CONSTRUCCION

- 2.1 Sistemas Actuales
- 2.2 Sistemas Industriales
 - 2.1.1 Construcción tradicional racionalizada
 - 2.1.2 Sistemas propiamente industrializados

CAPITULO III

¿QUE ES LA PREFABRICACION?

- 3.1 Definición de la Prefabricación
- 3.2 Historia de la Prefabricación
- 3.3 Características Fundamentales de la Prefabricación

CAPITULO IV

CLASIFICACION DE LA PREFABRICACION

- 4.1 Según los Elementos Producidos
 - 4.1.1 Prefabricación cerrada
 - 4.1.2 Prefabricación abierta
- 4.2 Forma de Producción
 - 4.2.1 Prefabricación en factoría fija
 - 4.2.2 Prefabricación en factoría semifija

TESIS DE REFERENCIA
NO
SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

CAPITULO V

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA PREFABRICACION

- 5.1 Técnicas
 - 5.1.1 Ventajas
 - 5.1.2 Inconvenientes
- 5.2 Sociales
 - 5.2.1 Ventajas
 - 5.2.2 Inconvenientes
- 5.3 Económicas
 - 5.3.1 Ventajas
 - 5.3.2 Inconvenientes

CAPITULO VI

SISTEMAS DE PREFABRICACION

- 6.1 Introducción
- 6.2 Clasificación de Sistemas
- 6.3 Evaluación de Sistemas
- 6.4 Elección de Sistemas

CAPITULO VII

SISTEMAS CON ELEMENTOS DE HORMIGON

- 7.1 Introducción
- 7.2 Sistemas con Elementos Tridimensionales
 - 7.2.1 Tipos de elementos tridimensionales
 - 7.2.2 Características generales de los sistemas a base de elementos tridimensionales
- 7.3 Sistemas con Elementos de Páneles
 - 7.3.1 Sistemas de páneles medios
 - 7.3.2 Sistemas a base de grandes páneles

- 7.3.2.1 Páneles de muros exteriores
- 7.3.2.2 Páneles de muros y tabiques interiores
- 7.3.2.3 Losas de forjado
- 7.3.2.4 Elementos auxiliares

7.3.3 Descripción de algunos sistemas a base de grandes páneles

7.4 Sistemas con Elementos de Esqueleto

7.4.1 Descripción de algunos sistemas a base de elementos de esqueleto.

CAPITULO VIII

OTROS SISTEMAS CON ELEMENTOS DE ORIGEN INDUSTRIAL

- 8.1 Introducción
- 8.2 Sistemas con Materiales Sintéticos
- 8.3 Sistemas con Materiales Metálicos
- 8.4 Sistemas con Madera

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

En el año 2,000 habrán 7,000 millones de habitantes en la tierra, se necesitarán:

- 1,200 millones de viviendas nuevas
- 15 millones de nuevas unidades de escuelas de enseñanza media
- 40 millones de nuevas unidades hospitalarias

Por lo tanto existe cierto fatalismo en la solución del problema de la vivienda, ya que con los métodos actuales de construcción (artesanales) no podemos solucionar es te problema.

Es por eso que este trabajo tiene dos finalidades:

1. Hacer participe del gran problema de la vivienda al lector.
2. Dar una solución posible: La Prefabricación.

CAPITULO I

LA PROBLEMATICA HABITACIONAL DE GUATEMALA

1. El problema habitacional es uno de los efectos de las deficiencias estructurales de los sistemas socio-económicos de los países en donde grandes sectores de población no pueden suplir por cuenta propia las necesidades de vivienda, dependiendo del paternalismo estatal.
2. Por evolución demográfica en el año 2,000 habrá una necesidad habitacional de 1.5 millones de unidades, sin agregar el déficit por deficiencias cualitativas, reposición y demanda objetiva-hacinamiento.
3. El déficit latente a 1974 es de 479,356 unidades de las cuales 259,427 corresponden a las áreas urbanas y 219,929 a las rurales.
4. Del déficit latente, el mayor porcentaje (70%) corresponde a deficiencias cualitativas.

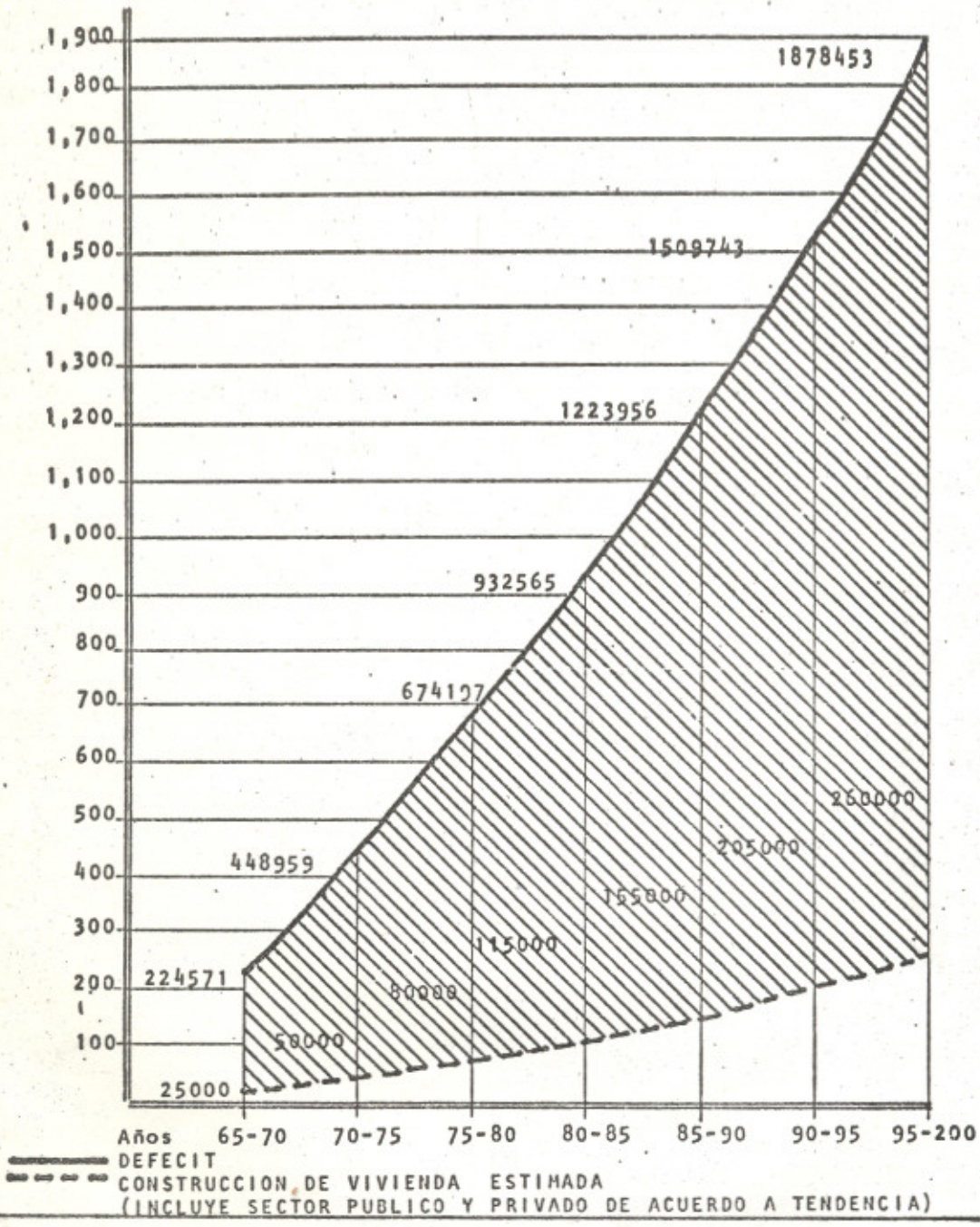
DEFICIT HABITACIONAL

República (1965-2000)

QUINQUENIO	URBANO	RURAL	TOTAL
1965-70*	89,546	135,025	224,571*
1970-75	181,647	267,312	448,959
1975-80	320,691	353,506	674,197
1980-85	486,813	445,752	932,565
1985-90	679,140	544,816	1,223,956
1990-95	889,027	620,716	1,509,743
1995-2000	1,143,298	735,155	1,878,453

*Ex déficit latente a 1966 está diluido en un periodo de 20 años.

Fuente: BANVI, "Política de Vivienda"



BANCO NACIONAL DE LA VIVIENDA
DEFICIT HABITACIONAL AL AÑO 2000
(INCLUYE EL DEFICIT LATENTE A 1966 DILUIDO EN UN PERIODO DE 20 AÑOS)

5. La máxima demanda de vivienda es para soluciones de tres dormitorios para familias de 5 ó 6 personas. La falta de este tipo de soluciones, tanto en lo urbano como en lo rural producen el mayor hacinamiento.
6. Para el quinquenio 1976-80 la demanda de vivienda en la ciudad, se dará - en un 56% para soluciones de costo inferior a los 6,000. Pero en el año - 2000 debido al mejoramiento del ingreso familiar, este grupo será el 18.1%.
7. La población marginal metropolitana (menos de Q1,000 de ingreso anual en 1980) era de 77,218 pobladores, los cuales requerirán aproximadamente de 14,299 soluciones habitacionales.
8. De continuar la oferta de vivienda en la ciudad según la tendencia histórica, que para los últimos cinco años dé un promedio de 3,100 unidades anuales, con inversión de 24 millones de quetzales, se tendrá un déficit acumulado de 437,588 unidades al año 2,000, presentándose la mayor demanda de vivienda entre los precios de Q.4,000 a Q.11,500.

DEMANDA HABITACIONAL EN 8 CIUDADES

(Quinquenio 1975-1980)

Ciudades	Crecimiento Poblacional	Demanda Potencial Vivienda	Demanda Efectiva de Vivienda
Guatemala	315.000	58300	50.000
Escuintla	21.900	4100	3.100
Quezaltenango	12.500	2300	1.770
Mazatenango	7.000	1300	1.000
Coatepeque	8.500	1600	1.230
Puerto Barrios	4.600	850	650
Jalapa	3.100	570	440
Verapaces-Petén	3.500	650	500

Fuente: Proyecciones de la Secretaría de Planificación Económica.
Tamaño Familiar 5.4

Crecimiento poblacional/tamaño familiar = número de familias o sea demanda potencial.

Demanda efectiva: Familias con capacidad de pago para adquirir vivienda de Q.2,000.00 o más; enganche 10%, plazo 20 años, intereses 10%.

DEFICIT DE VIVIENDAS POR QUINQUENIO EN EL AREA METROPOLITANA

AÑO	1966-70	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-2000
Requeridas	44,574	57,355	66,055	85,370	92,660	113,826	139,947
Construcción de Viviendas	17,142	16,159	19,000	21,500	25,00	27,500	30,000
Demanda insatisfecha o déficit	27,432	41,196	47,055	63,870	67,660	86,326	109,947
⊕ Déficit Acumulado	27,432	68,628	115,683	179,553	247,213	333,539	443,486

No se incluye el arrastre a 1966.

La construcción de vivienda fue proyectada según tendencia histórica.

Fuente: BANVI "Política de Vivienda"

VIVIENDAS REQUERIDAS EN EL AREA METROPOLITANA EN FUNCION DE SU VALOR
Y DE ACUERDO AL CRECIMIENTO DEMOGRAFICO Y POR REPOSICION

	%	1966-70	%	1971-75	%	1976-80	%	1981-85	%	1986-90	%	1991-95	%
Total requeridas		44,574		57,355		66,055		85,370		92,660		113,826	
Valor de la Viv. en Quezaltenango													
Menos de 1,000	18	8,023	18	10,323	5.7	3,765	5.6	4,781	5.5	5,096	5.3	6,033	5.1
1,000 - 1,999	18.5	8,246	18.5	10,611	7.6	5,020	4.8	4,098	2.9	2,687	0.9	1,024	0.9
2,000 - 2,999	16.5	7,355	16.5	9,464	11.4	7,530	7.6	6,488	5.7	5,282	2.8	3,187	1.9
3,000 - 3,999	12.5	5,572	12.5	7,169	14.3	9,446	9.5	8,111	7.6	7,042	4.8	5,464	3.8
4,000 - 5,999	13.8	6,151	13.8	7,915	19.3	12,749	22.0	18,781	20.5	18,995	19.7	22,424	10.5
6,000 - 7,999	3.8	1,694	3.8	2,179	13.3	8,785	15.2	12,976	16.1	14,918	17.0	19,350	12.3
8,000 - 11,499	3.9	1,738	3.9	2,237	12.3	8,125	15.1	12,891	15.2	14,084	15.2	17,302	22.7
11,500 - 14,999	2.2	981	2.2	1,262	7.1	4,690	8.5	7,256	9.5	8,803	12.4	14,114	16.2
15,000 - 18,999	2.1	936	2.1	1,204	3.8	2,510	5.1	4,354	6.6	6,116	8.6	9,789	9.5
19,000 - 22,999	8.7*	3,878*	8.7	4,990	1.6	1,057	1.9	1,622	3.3	3,058	4.3	4,895	5.7
23,000 - 27,000					1.2	793	1.4	1,195	2.4	2,224	2.8	3,187	3.8
más de 27,000					2.4	1,585	3.3	2,817	4.7	4,355	6.2	7,057	7.6

Fuente: Los períodos 1966-70 y 1970-75 corresponden al estudio "Apreciaciones sobre el posible Mercado de Vivienda en la Ciudad de Guatemala".

(FHA). Los períodos restantes son estimaciones del equipo de planeamiento del CEURI.

Nota: El estudio del FHA aplicó los mismos porcentajes a los 2 quinquenios; sin embargo, la tendencia observada en los otros es hacia un mejoramiento progresivo en el nivel de ingreso.

CAPITULO II

SELECCION ENTRE LAS DOS ALTERNATIVAS POSIBLES PARA DISMINUIR EL PROBLEMA DE VIVIENDA DEL PUNTO DE VISTA DE LA CONSTRUCCION

2.1 Sistemas Actuales: (Artesanales)

En Guatemala a causa de la industrialización y al auge de la construcción, se ha hecho muy notoria la escasez de mano de obra calificada. El sistema artesanal de construcción tiene el inconveniente de ser cíclica, por lo que los trabajadores sienten en ella poco respaldo, respecto al trabajar en una fábrica de producción constante.

Aparte de la mano de obra, el problema eterno de la construcción es el difícil control de los materiales que se emplean por diversos motivos: Deshonestidad de los proveedores, cantidades variables en el mismo tipo de mezclas, robos, etc.

Estas razones hacen que la construcción tradicional haya elevado sus costos a niveles que ya la hacen prohibitiva para el nivel medio, el cual como hemos visto ha sido olvidado en nuestro medio.

2.2 Sistemas Industriales:

Racionalización de la construcción tradicional versus métodos de construcción.

Incluso en los países más desarrollados subsiste la pugna entre la construcción tradicional racionalizada y los métodos modernos a base de la prefabricación y la mecanización.

Pero últimamente se ha llegado a comprobar económicamente que la prefabricación es mucho más económica en las zonas urbanas y desarrolladas, con mano de obra capacitada y profesionales adiestrados en técnicas industriales, en cambio en la zona rural la solución más eficaz para la reparación, renovación o mantenimiento y construcción de viviendas y estructuras especiales* es la construcción tradicional racionalizada.

*Estructuras especiales: Todas aquellas que son diferentes a las existentes y que dependen físicamente del uso a que se les va a dar y lugar donde van a prestar sus servicios. Ejemplo: Túneles, presas, puentes.

2.2.1 Construcción tradicional racionalizada:

Bastante usada en los países desarrollados basados en nuevas técnicas como encofrados deslizantes, lift slab y similares y encofrados túnel.

Además usan nuevos sistemas para la administración y programación (CPM, PERT, RAMPS).

Las características generales y comunes de los procedimientos de racionalización de la construcción son:

- a) Aumento importante de la productividad.
- b) Trabajo in situ en idénticas condiciones que la construcción tradicional aunque con mejor organización y medios auxiliares.
- c) Amplio radio de acción ya que el transporte de los equipos es fácil y poco costoso.
- d) Supresión de la madera en encofrados, cimbras, así como la de los operarios encargados de estas misiones.
- e) Ritmo de construcción alto como consecuencia de la posibilidad de acelerar el curado del concreto.

Los procedimientos racionalizados han supuesto para la prefabricación: Por una parte un competidor efectivo, por otra, un cliente importante de fachadas prefabricadas.

2.2.2 Sistemas propiamente industrializados:

Actualmente en el mundo hay un déficit de viviendas, hospitales, escuelas, etc.

El único camino que nos queda es la industrialización, como ha sido la solución en medios de transporte (carros, aviones,).

En los próximos capítulos estudiaremos la prefabricación que es un sistema industrializado.

CAPITULO III

¿QUE ES LA PREFABRICACION?

3.1 Definición de la Prefabricación

— Prefabricated Homes Manufacturers Institute and U.S. Department of Commerce. (Washington, 1947)

"Una vivienda prefabricada es aquella que tiene muros, divisiones, pisos, techos y tejados, compuestos de secciones o paneles de diferente tamaño que hayan sido fabricados en una factoría con anterioridad a su erección sobre los cimientos del edificio, en contraste con la vivienda construída convencionalmente, pieza a pieza, in situ".

— Unión Sindical de la Prefabricación de Francia (1947)

"Construcción prefabricada es aquella cuyas partes constitutivas son en su mayoría ejecutadas en serie y en taller, con la precisión de los métodos industriales modernos para formar un sistema constructivo coherente y satisfactorio según sea su destino, con condiciones normales de resistencia, aspecto, habitabilidad, confort y duración con un mínimo de entretenimiento.

Esta construcción debe poder, en razón de una fase de montaje preciso y de tallado, ser ejecutada por mano de obra no especializada, rápidamente, sin esperas, retoques ni modificaciones, por medio de operaciones simples de montaje, presentación y unión, reduciendo a un mínimo el trabajo de acabados".

3.2 Historia de la Prefabricación

Después del diluvio universal, por el año 3,000 A. C. como consecuencia de la revolución neolítica hubo la aparición de las culturas urbanas, los pueblos nómadas sufrieron una transformación económica porque se convirtieron en pueblos agrícolas y con ellos una economía de producción, gracias a la práctica de la ganadería y la labranza.

Esto los llevó a una aglomeración de gentes, los obligó a fabricar viviendas subterráneas y de madera, con esto tiene origen la arquitectura en madera.

En Mesopotamia y Egipto debido a la escasez de madera y piedra tuvieron

que construir con adobe y más tarde con ladrillo.

Los métodos utilizados en esa época para construir muros sólidos de barro y arcilla fueron:

3.2.1 Muros sin encofrado:

Se hacía comprimiendo masas de barro con paja húmeda, en la parte inferior se ponía una piedra de 0.12 metros de altura y 0.60 metros de espesor, después se le iban colocando capas de 0.30 metros de altura y se apisonaba, después la capa exterior se alquitranaba y en calaba (este método es actualmente usado en Inglaterra).

3.2.2 Muros con encofrado perdido que sirve de armadura:

El encofrado se hacía de madera y mimbre y en el interior se comprimía una mezcla que debía ser de un 30% de arcilla y el resto de arena.

3.2.3 Muros con elementos modelados a mano:

Los elementos se modelaban al pie de la obra y después se dejaban secar al aire y para pegarlos se usaba mortero de barro.

3.2.4 Muros formados con bloques moldeados:

En Mesopotamia usaron paralelepípedos rectangulares que fueron formados vertiendo la masa de barro en moldes de dimensiones standard, que solían ser de 0.40 x 0.20 x 0.05, llamados tradicionalmente adobes.

3.2.5 Muros formados con ladrillos:

Este es el paso más importante ya que el ladrillo se convierte en producto industrial dejando de realizarse al pie de la obra y pasando a factorías fijas.

En Khafaje (III Milenio) se han encontrado hornos circulares de dos cámaras de quemado. También en Sumeria (Ur.) entre los años 2,800 y 2,300 A. de J. C.

En Egipto y hasta la época de dominación romana, por falta de made
ra los ladrillos se cocían al sol.

En Grecia el ladrillo cocido casi no se usó. Pero Roma fue el que le
dio máximo auge al ladrillo, ya que también usaron ladrillos aplanti
llados en formas triangulares y de sector para construir columnas.

Lo importante en este período histórico es que podemos definir al la-
drillo como un elemento prefabricado, frente al adobe como elemen
to premoldeado, y al muro encofrado como construcción in situ.

En la Grecia clásica del Siglo V (Siglo de Pericles) nos enseñan la
modulación. Cálculo anticipado de los elementos. Perfección de
montaje y producción de elementos en serie, o sea que desde ese
tiempo ya habían resuelto la problemática de la construcción. En
nuestros días según el escritor Vittorio Chialia dice: "La historia de
la prefabricación de los griegos está escrita en las mismas ruinas de
sus templos".

En Roma por otra parte, la idea del dominio militar los obligó a cons-
truir fortalezas, murallas, acueductos, carreteras, puentes, etc.

Esto los condujo a ser prácticos, por lo que tomaron un proceso proto
industrial. Así hicieron una producción a gran escala de tuberías,
acueductos, poleas, émbolos de bombas, linternas, ateadores, etc.

En el campo de la construcción emplearon el ladrillo pegándolo con
cemento (mezcla de agua, arena, cemento). Muchos de los elemen-
tos estructurales y arquitectónicos fueron prefabricados. Ejemplo: Co
lumnas, capiteles, frisos, etc., para después ser ensamblados en el lu
gar.

En la Edad Media se intensificó el uso de prefabricados. Hubo gran-
des figuras que escribieron tratados de arquitectura; pero sobresalió
uno, el genial Leonardo Da Vinci que se tituló así mismo Ingeniero.
Fue el más completo creador del Renacimiento.

Pintor, músico, escultor, escritor, matemático, arquitecto, ingeniero
e inventor.

En el proyecto que realizó en 1516 por encargo de Francisco I de
Francia, para la construcción de nuevas ciudades en la región de
Loire. Aparte de la ordenación urbana propuesta, de un gran valor
histórico-urbanístico, proyectó una vivienda prefabricada, donde so
lamente el cimiento se construiría in situ y las demás piezas serían

hechas en una factoría, para después ser transportadas, montadas y ensambladas.

En el Siglo XVIII vino la revolución industrial por la introducción del trabajo organizado y mecánico, el hecho más influyente en la mitad de este siglo fue que comenzó a existir el Ingeniero Civil moderno que basaba sus diseños en el cálculo científico.

Lo curioso es apreciar cómo la idea de industrializar la construcción nace con la revolución industrial, para luego no saber incorporarse a ella y perder así la gran oportunidad que desde entonces se intenta reivindicar.

Durante el Siglo XIX y primera mitad del XX, las estructuras tipo balloon frame se generalizan con la conquista del oeste. Esta se usó hasta 1872 con el incendio que destruyó Chicago. Y así con la invención del ascensor que permitía construir edificios mucho más altos y las duras prescripciones contra incendios produjo la aplicación de nuevas técnicas, como fueron el acero y hierro fundido.

Algunas obras famosas de hierro fundido fueron:

- a) El puente sobre el Rfo Severn, proyectado y realizado por John Wilkinson y Abraham Darvy. salvaron el río por medio de un arco compuesto de cinco nervios de hierro fundido de 30:15 metros de luz y 13.5 metros de flecha.
- b) El Teatro Francés en París, obra de Víctor Louis.
- c) La Librería Londinense "Templo de las Musas"
- d) Biblioteca de Santa Genoveva en París, realizada entre 1843 y 1850, totalmente construida en hierro fundido y hierro forjado, de cuatro plantas.
- e) Primer rascacielos sede de la "Home Insurance Company" de diez plantas, obra de Le Baron Jenney. Años 1883 y 1885.

La poca resistencia a tensión y fuego del hierro fundido lo hace sustituible por el hierro laminado, el cual es más resistente.

Un ejemplo representativo fue el Cristal Palace de Londres (1851) que cubría una superficie de 62,000 m² y fue construido en seis meses, obra de Joseph Paxton.

Desde los romanos el hormigón no vuelve a ser utilizado como material de construcción hasta 1774, año en que John Smeaton construye el faro Eddystone en Inglaterra.

Procuradores como John Brodie (inglés) y los americanos Edison y Atterbury intentan técnicas y procedimientos de prefabricación basadas únicamente en su propia iniciativa. No fueron aprovechadas como hubiera sido deseable.

Alemania después de la primera guerra mundial, creó en 1925 un departamento de la vivienda bajo la dirección de Ernst May, su plan urbanístico fue:

1. Regular la utilización del suelo.
2. Acometer la construcción de 5,000 viviendas en cinco años.
3. Confección de los programas de inversión a corto y largo plazo.
4. Estudio de la normalización de los elementos para su producción en grandes series.
5. Tipificación de los proyectos.

Esta planificación hizo de Frankfurt un modelo de ciudad, que no pudo proseguir, porque vino la II Guerra Mundial.

En 1941 Gropius, Konrad Wachsmann desarrollan el Packaged House System para la General Panel Corporation. Hicieron una fábrica con una producción máxima de 10,000 casas, pero quebró. Por una mala administración de ventas y falta de apoyo del Gobierno.

Sin duda la Unión Soviética es el primer país que se propuso realmente resolver el problema de la vivienda.

Los soviéticos han usado sistemas de grandes paneles de concreto. De 1933 a 1942 afrontaron la construcción de 200 grandes ciudades nuevas.

Después de la II Guerra Mundial los acontecimientos se aprietan en el tiempo.

Cada año nacen nuevos sistemas cerrados, nuevos métodos y procesos de fabricación.

Quizás sea este el período histórico en el que comienza la verdadera historia de la prefabricación.

3.3 Características Fundamentales de la Prefabricación

3.3.1 Industrialización

Sin la industrialización no puede existir la prefabricación. En nuestros días todo es industrializado, es usado diariamente para producir carros, trajes y los electrodomésticos que empleamos.

O sea que todo es de tipo industrial, ya que es una respuesta masiva a unas necesidades masivas.

Por lo tanto pueda ser que la prefabricación no sea el mejor camino, pero es el que tenemos al alcance de las manos.

Además con la industrialización podemos hacer que la prefabricación aproveche mejor los materiales, seguridad en el puesto de trabajo, rigurosos controles de calidad, etc.

3.3.2 Planificación

La prefabricación es la respuesta a la gran necesidad de viviendas, escuelas y hospitales y construcciones en general, exige una planificación racional, dotada de un profundo sentido social que impulse, dirija, coordine y controle la actividad de construir, desde el planeamiento territorial a la obra concreta.

3.3.3 Proyecto con Nueva Mentalidad

Hoy en día solamente la gente privilegiada puede elegir e imponer sus gustos y privilegios. Pero esto no tiene sentido en una sociedad de grandiosas y urgentísimas necesidades. Además el prefabismo necesita como condición básica la intervención de un grupo de profesionales, para el diseño del habitat.

3.3.4 Opcionabilidad

Con los prefabricados se puede elegir la forma más favorable para -

producir los elementos, o sea que pueden haber varias opciones y es cogeremos la que mejor se nos acomode al proyecto.

3.3.5 Investigación

Si no hay investigación no hay progreso y esto es aplicable a la - construcción, la cual está atrasadísima ya que ha habido poca investigación en comparación con otras áreas, como por ejemplo: armamento. O sea que es necesaria mucha investigación a nivel mundial para que la construcción progrese.

CAPITULO IV

CLASIFICACION DE LA PREFABRICACION

4.1 Según los Elementos Producidos:

4.1.1 Prefabricación cerrada

Es la acción de producir en la fábrica los elementos concebidos en conjunto para constituir las partes fundamentales de una obra, dejando prácticamente acabada la misma cuando dichos elementos se unen adecuadamente in situ.

O sea que todos los elementos fueron prefabricados con la idea preconcebida de construir la obra al unir entre sí los elementos.

4.1.2 Prefabricación abierta

Es la acción de producir en una fábrica elementos capaces de constituir una parte de una obra.

O sea que un sistema abierto de prefabricación sería aquel cuyas partes fundamentales se montaron mediante el empleo de elementos prefabricados de varias procedencias.

En la prefabricación abierta, por sus características específicas, deben ser tratadas en forma separada, las modalidades siguientes:

- a) Prefabricación por catálogo: Es cuando todos los elementos producidos en una fábrica se ajustan a características especificadas en un catálogo.
- b) Prefabricación de subsistemas: Es un tipo de prefabricación abierta que produce elementos complejos de un alto grado de acabado. Ejemplo: Ventilación, Cocina, Transporte Vertical, etc.
- c) Prefabricación por encargo o a medida: Es la acción de producir elementos de acuerdo con las características geométri-

cas, dimensiones de acabado, de textura, etc., dictadas por el cliente.

4.2 Forma de Producción:

4.2.1 Prefabricación en factoría fija:

Las características de este proceso tienen por origen el hecho de estar realizadas en una fábrica fija, por lo que la Gerencia debe actuar con una mentalidad industrial, además las características de este tipo de producción de elementos prefabricados engloba todas las clasificaciones establecidas en el apartado anterior.

4.2.2 Prefabricación en factoría semifija:

La característica de ésta es la provisionalidad, o sea que su período de funcionamiento es suficientemente corto. (Por lo general inferior a tres años).

En suma, la estrategia de funcionamiento está mediatizada al plazo de ejecución fijado por la demanda.

Estas fábricas pueden producir desde elementos simples hasta grandes sistemas complejos de prefabricación.

CAPITULO V

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA PREFABRICACION (TECNICAS, SOCIALES, ECONOMICAS)

5.1 Técnicas

5.1.1 Ventajas

1. Facilita la labor del proyectista en especial en la resolución de detalles.

Nos libera de mayor trabajo y tiempo, ésto incide en mayores ganancias ya que podremos dedicarnos a más proyectos.

2. Mejor calidad de los elementos producidos mecánicamente - en comparación con los manuales.

En este punto no hay ninguna duda ya que los elementos mecánicamente (producidos) son más homogéneos y simétricos - que los (producidos) manualmente.

3. Optimización de las secciones resistentes: En las fábricas un mejor control de calidad. Permite lograr las resistencias diseñadas para el concreto.

4. Es más fácil realizar el control de calidad.

En las industrias es mucho más fácil tener un control de calidad, ya que hay una mejor administración y una repetición sistemática, lo que facilita la adopción de controles.

5. Se usan menos juntas de dilatación que en la construcción - tradicional.

Esto quedó claro en las recomendaciones internacionales del comité europeo del hormigón (Punto R-12).

6. Se pueden evitar interrupciones en el hormigonado:

En las fábricas se repiten más sistemáticamente los pasos de fabricación y además, si se tienen suficientes inventarios se logra no interrumpir el proceso.

7. Se puede recuperar gran porcentaje de partes de construcción en desmontajes.

Esto es más importante cuando se ha planificado obras temporales.

8. Desaparecen casi totalmente los andamios y formateado.

→ Esto incide en la baja de costos, ya que la madera últimamente ha sufrido una gran alza de precios y se ha pronosticado gran escasez en el futuro debido a las nuevas leyes propuestas por el INAFOR.

5.1.2 Inconvenientes

1. Construcción no monolítica, peligrosa, especialmente en las zonas sísmicas.

La mayoría de ingenieros achacan el mal comportamiento de las construcciones prefabricadas ante los fenómenos sísmicos, pero también es mejor el comportamiento de los edificios tradicionales.

Ante esto se podría hacer la siguiente pregunta:

¿No sería más lógico argumentar una falta de conocimiento de las acciones reales que ocasiona el sismo?

Pero no cabe duda de que una vez cuantificadas estas acciones se solucionarían técnicamente, para la realización de edificios prefabricados y edificios tradicionales.

2. Problemas en la resolución de las juntas:

Con el avance tecnológico de nuestros días y la experiencia adquirida en estas construcciones se han solucionado estos problemas.

3. Hay que sobredimensionar ciertos elementos pensando en posibles posiciones o acciones desfavorables durante el transporte.

porte o montaje.

Esto es muy cierto e inevitable.

4. Hay que respetar las dimensiones de los gálibos de transportes.

Esta es otra condicionante más de la prefabricación, porque tenemos que adaptarnos a los medios de transporte disponibles, capacidad de medios de elevación, anchos de carreteras y ferrocarril.

5.2 Sociales

5.2.1 Ventajas

1. Disminuye el número de accidentes laborales.

En el proceso industrial, transporte y montaje de los elementos prefabricados hay condiciones de trabajo mucho más seguras que en la construcción tradicional.

2. Proporciona seguridad de empleo:

En las obras tradicionales al ser terminadas despiden a los trabajadores pero no en una fábrica de elementos prefabricados, ya que la fabricación es continua.

3. Trabajo protegido contra las inclemencias climáticas.

Disminuye el tiempo de trabajo en el campo por lo que el trabajador no sufre las inclemencias del tiempo (sol, lluvia y frío).

4. Es el medio más a nuestro alcance para satisfacer el déficit mundial de construcciones:

Está comprobado que se puede aliviar el déficit habitacional gracias a la industrialización de la construcción y nos lo han demostrado países como Suecia, Dinamarca, Holanda, Rusia, etc.

5. Libera al hombre de los trabajos rudos y penosos.

El obrero controlará determinados mandos eléctricos o electrónicos y estará sentado en una fábrica, pero hoy tiene que agacharse miles de veces al día para hacer un muro de mampostería.

5.2.2 Inconvenientes

1. Aumento de desempleo.

Este es el punto más discutido en toda la historia de la prefabricación y que carece de sentido, ya que no fue comprobado, es más, se ha contradicho por el aumento de mano de obra en Bélgica (11.23%), Rusia (27%) y Francia (5%) cuando se introdujeron sistemas de prefabricación.

O sea que en vez de disminuir la mano de obra aumentó.

2. Inconvenientes propios del trabajo en cadena.

Es cierto, pero en comparación del proceso artesanal me parece una gran mejora, digna de ser considerada.

3. Especialización en exceso.

Cada individuo se especializará en una fase del proceso productivo, pero con la experiencia adquirida, los elementos saldrán cada vez más perfectos.

5.3 Económicas

5.3.1 Ventajas

1. Produce economías, disminuyendo costos.

Con una buena planificación y administración del proceso industrial, sí se pueden bajar costos.

2. Produce economías de tiempo.

Es un hecho probado que conforme aumenta la mecanización del proceso productivo aparece una mayor productividad lo que es lo mismo, disminuye el tiempo necesario para la -

ejecución del producto, o sea desde el punto de la Ingeniería Económica, ésta complementa el inciso (pasado) de por- que llegamos a la conclusión que los prefabricados son más económicos.

3. Es una valiosa arma en la planificación nacional.

La prefabricación nos da posibilidades de ajustar y concretar.

- a) Necesidad de materiales, personal, medios de elevación y transporte
- b) Tiempos de fabricación, montaje y acabado
- c) Costos parciales, unitarios, de obra acabada.

5.3.2 Inconvenientes:

1. Inversión inicial es grandísima para la prefabricación.

Es cierto, como toda industria, para dar una idea, se necesitarían de 250,000 a 850,000 quetzales de inversión para producir cuatro viviendas por día y de 1,500,000 a 2.000,000 quetzales de inversión para producir 15 viviendas por día. (Viviendas de un área de 60m²).

2. Necesario un gran volumen de demanda.

En sistemas cerrados es cierto porque no pueden competir con la tradicional en:

- a) Construcciones en número de viviendas menor al mínimo pedido para hacer rentable la aplicación del sistema.
 - b) Viviendas unifamiliares muy lejanas entre sí.
 - c) Con arquitectura muy espectacular.
3. El transporte de los elementos prefabricados es más costoso que el de las materias primas componentes.

Las materias primas: Cemento, acero, arena, se adaptan al volumen del recinto del transporte mucho mejor que los ele-

mentos prefabricados: Paneles, vigas, por lo tanto no se usa toda la capacidad de carga de los transportes y esto incide en aumento de costos.

91

CAPITULO VI

SISTEMAS DE PREFABRICACION

CAPITULO VI

SISTEMAS DE PREFABRICACION

6.1 Introducción

Los sistemas de construcción han proliferado de una manera tan alarmante, que se hace imprescindible clasificarlos.

Un ejemplo sería Francia, en donde existían 131 sistemas a finales de 1962, 141 en 1963, 197 en 1964 y en la actualidad se cree que hay más de 300 sistemas.

6.2 Clasificación de Sistemas

En la tabla 6.1 se han recopilado las clasificaciones más usuales, según distintos y variados criterios (Tomada de Prefabricación, Teoría y Práctica, Seminario de Prefabricación J.A. Fernández Ordóñez).

Para aclaración de lo dicho daré un ejemplo: Clasificando el camus*:

- Industrializado
- Cerrado
- Cruzado
- De viviendas en altura
- A base de grandes paneles
- Pesado
- De concreto armado
- Fabricado en factoría fija

NOTA: Ver tabla: 6.1

6.3 Evaluación de Sistemas

NOTA: Ver tabla: 6.1

La pregunta de la mayoría de profesionales es: ¿Cómo proceder en la evaluación de sistemas? El Problema no está resuelto, aunque si hay algunas

* Camus: Sistema de grandes paneles, originario de Francia (1948), se han construido más de 180,000 viviendas, pedidos rentables, mínimo 500 viviendas.

tentativas realizadas.

91

La primer interrogante es: Evaluación de elementos o características funcionales (Performances).

En las evaluaciones le han dado mayor razón al de características funcionales, especialmente en sistemas cerrados.

En cambio en los sistemas abiertos el problema se hace más difícil, ya que el rendimiento de la construcción no puede obtenerse como adición de los rendimientos de los elementos componentes. Por ello, tanto la National Building Agency (basada en la evaluación del rendimiento de cada elemento funcional) como el C.S.T.B. (Basada en órganos) y la Operación Breakthrough se han decidido por la evaluación de los componentes funcionales del sistema.

Ahora serán funciones de la construcción: Resistencia al fuego, asilamiento acústico y térmico, resistencia estructural, lo que da origen a unos elementos u órganos que asumen dichas funciones.

Ejemplos: Estructura resistente, muros exteriores, etc.

Una vez definidos estos elementos funcionales, el siguiente paso será el definir cuáles son las exigencias que se valorarán en cada caso.

La primera fase de la evaluación finaliza cuando se establece la doble relación de elementos funcionales y de exigencias.

La segunda fase es cuantificar, definir y precisar con toda claridad las exigencias que han de cumplir estos elementos funcionales, por lo que hay que elaborar un código.

No cabe duda que en el futuro la tarea de evaluación será mucho más fácil, ya que los sistemas tendrán certificaciones expedidas por organismos competentes, por lo que no se tendrán que repetir ensayos, sino que con simples cálculos basados en las mediciones de magnitudes físicas se podrán obtener algunos valores necesarios.

6.4 Elección de Sistemas

Entre la evaluación y la elección hay una gran diferencia conceptual.

La evaluación está basada en criterios puramente técnicos.

En cambio la elección está ligada al medio ambiente que circunda al sistema con circunstancias propias y ajenas. Parámetros no técnicos, como son

51

los económicos, laborales, estéticos, etc.

La elección de un determinado sistema de entre varios posibles es influida por razones económico-políticas, las cuales coinciden con las ventajas y - desventajas sociales y económicas de la prefabricación. En otro nivel de importancia están:

- Que el sistema emplee la mayor cantidad de productos naturales o fabricados en el país.
- Que el nivel tecnológico del sistema esté acorde con el del país.
- Que la mano de obra necesite un período de adiestramiento pequeño.
- Que el tipo de construcción sea acorde a las posibilidades del sistema.
- Que la ubicación de la obra sea:
 - a) Accesible para los distintos medios de transporte
 - b) Que los transportes y carreteras permitan las dimensiones máximas de los elementos
 - c) Que los medios de montaje disponibles sean suficientes para el sistema.

CAPITULO VII

SISTEMAS CON ELEMENTOS DE HORMIGON

7.1 Introducción

De la extensa gama de posibles clasificaciones de los sistemas (Capítulo VI), he adoptado la división según las formas y dimensiones de los elementos, en lugar de hacerlo por la más clásica de: Cerrados y abiertos.

He dividido los sistemas en elementos tridimensionales (Células), superficiales (Páneos grandes y medianos) y lineales (Esqueleto).

7.2 Sistemas con Elementos Tridimensionales

Se ha descubierto que la construcción a base de elementos tridimensionales puede presentar economías hasta de un 30% respecto a otros sistemas de grandes páneos.

Para Guatemala hay dos grandes frenos que retardan la puesta en práctica - de este sistema: La fuerte inversión inicial y cierto miedo a que la demanda rechace el producto.

7.2.1 Tipos de elementos tridimensionales

- a) Elementos realizados por unión: Se obtienen en fábrica, ensamblando dos o más páneos de grandes dimensiones.
- b) Elementos tridimensionales monolíticos: Se obtienen en fábrica, hormigonando simultáneamente todas las caras sobre un molde.

Es importante notar que el valor de K en estos elementos es alta. O sea que las ventajas estructurales son: Estado Tensional, Capacidad de Deformación y Posibilidad de Sustentación.

7.2.2 Características generales de los sistemas a base de elementos tri di-

mensionales

- a) Número de elementos: Esta es una de las mejores ventajas porque consta de un pequeño número de elementos, por lo que la productividad crece, ya que los tiempos de fabricación y montaje disminuyen.
- b) Distribución de planta: Aquí es donde reciben el mayor número de críticas, porque disminuye la libertad de diseño.
- c) Fabricación: Necesita grandes gastos de inversión inicial. Otro gran inconveniente: Requiere grandes bodegas para almacenamiento.
- d) Transporte: La incidencia de los costos de transporte sobre este sistema es bastante importante, aunque los costos son menores que la de los sistemas a base de paneles.
- e) Montaje: Esta es una de las mejores ventajas porque el tiempo de montaje se reduce a un mínimo.

7.2.3 Descripción de algunos sistemas a base de elementos tridimensionales

Sistema Bouwliet (1967), Holandés, se trata de un sistema de grado de industrialización no muy elevado, ya que prácticamente se limita a resolver la estructura portante mediante células de poca profundidad que se adosan entre sí mediante postensado para realizar estancias de mayores dimensiones.

Sistema Dano-Modules, Inc. (U.S.A.). El sistema presenta detalles de interés, pero no se ha liberado de muchas operaciones a pie de obra: Armado de pilares, hormigonado, postensado de las células, etc., es bastante rígido.

Sistema Galperin, Zechnowitzer y Lewchanjan (Rusia). Está basado en el empleo de paneles altamente estandarizado producidos por procedimientos masivos tipo Koslov o similares.

Sistema Sigma (Francia). Evita al máximo el trabajo in situ, basado en un tipo de fabricación que no difiere mucho de los paneles.

7.3 Sistemas con Elementos de Páneles

7.3.1 Sistema de páneles medios:

Son los que sirven para divisiones, rellenos, etc.

Estos no cumplen ningún trabajo estructural, solamente de decoración y de limitación de espacio.

7.3.2 Sistemas a base de grandes páneles:

Para estudiar estos sistemas los dividimos en:

7.3.2.1 Páneles de muros exteriores.

Son los que cumplen las siguientes funciones: Estructurales, aislamiento y de acabado.

Para cumplir las funciones estructurales se usa concreto, armaduras (mallas electrosoldadas), etc.

Para las de aislamiento se usan poli-uretano expandido, hormigón celular, cámaras de aire, etc. Para los efectos estéticos, empapelado, relieves, pintura, etc.

7.3.2.2 Páneles de muros y tabiques interiores.

En estos se minimizan varias funciones de los páneles exteriores, ejemplo: Protección frente a la lluvia, viento, etc.

Dividiremos los páneles interiores en:

- a) Muros interiores portantes: Construidos a base de concreto armado, para resistir cargas verticales y horizontales.
- b) Tabiques interiores no portantes: Construidos a base de concreto liviano y placas de yeso, etc.

7.3.2.3 Losas de Forjado:

Estas pueden clasificarse para su estudio según su forma de trabajo, condicionada por su forma de apoyo y según la composición de su sección.

- a) Por su forma de apoyo: Se pueden distinguir elementos que apoyan a todo lo largo del perímetro, sobre tres lados del perímetro y también los que se apoyan sobre dos lados y sobre cuatro vértices, casos de sistemas de estructura portante lineal y losas de forjado, la armadura es cruzada según las dos direcciones de apoyo.
- b) Por la composición de su sección: Como estamos hablando de elementos grandes (forjados mayores de 10 m^2), suelen ser de sección maciza de hormigón de espesor comprendido entre 10 cms. y 16 cms., cuyo peso por metro cuadrado suele oscilar entre 220 y 350 y el peso de la armadura de 6 a 8 Kg/m^2 , muchas veces se usan losas aligeradas a bases de encofrados -perdidos.

Al proyectar un tipo de losa forjada hay que tomar -en consideración la acústica, es decir, el grado de -aislamiento frente al impacto y a los ruidos de circulación.

7.3.2.4 Elementos auxiliares.

Los sistemas cerrados de grandes paneles de concreto completan las construcciones con piezas estandarizadas, como por ejemplo:

Bloques técnicos, elementos de balcón, conductos de humo elementos de escalera.

- a) Elementos de escalera: Las dimensiones están intimamente relacionadas con la arquitectura del edificio, su ancho suele estar comprendido entre 2.40 y 4.00 m.

Generalmente se realizan las escaleras en concreto -armado prefabricadas.

- b) Elementos de balcón: Estos elementos están más condicionados a la estética que desde el estructural, aunque la resolución de los balcones también está condicionada a los problemas climatológicos.
- c) Conductos de humo: Son elementos especiales prefabricados con algunas características diferentes en la dosificación del concreto, ya que deben resistir temperaturas hasta de 258°C.

7.3.3 Descripción de algunos sistemas a base de grandes paneles

Sistema Anglian Lon-Rise (1966), Inglés. El sistema es de gran aplicación en las viviendas tipo duplex, pudiendo suministrar una extensa gama de acabados diversos.

Sistema Barets, Francés. Sistema cruzado de paneles, su mejor aportación es el aligeramiento de los paneles de fachada mediante bloques huecos de hormigón.

Sistema Bison Wall Frame, Inglés. Sistema de paneles portantes. Es un sistema muy flexible con gran cantidad de posibilidades de acabados.

Sistema Camus (1948). El sistema es especialmente indicado para la construcción en zonas con altos índices sísmicos. Habiendo resistido sismos de grado 7.5 durante un largo período.

El sistema ha sido el primero que se admite en Japón para grandes paneles.

Sistema Deutsche Tafel-Bautechnik (Alemania), muy parecido al sistema Barets, parece estar pensado para un tipo de prefabricación a pie de obra y por ello presenta una gran masa de soluciones de elementos: Forjado, fachadas.

Con los sistemas de grandes paneles se han efectuado más o menos - 2,000,000 de viviendas.

Los radios de acción de las fábricas de grandes paneles son muy variables, desde un radio medio de los 80 Kms. a 1,500 Kms. de radio de acción por ferrocarril de la URSS.

La mayor parte de los sistemas mantienen el elemento más pesado en

tre los 5 y 8 Mp., correspondientes al panel de unos 18 cms. de espesor y 15 m² de superficie media.

7.4 Sistemas con Elementos de Esqueleto

Este sistema desde el punto de vista grado de industrialización, parece un - paso atrás, mayor número de elementos, mayor número de horas in situ, mayor número de juntas.

Económicamente tampoco resulta mejor.

7.4.1 Descripción de algunos sistemas a bases de elementos de esqueleto

Sistema GBO (1955), Inglés. Estructura lineal prefabricada. El sistema no pretende, ni se encamina a resolver el problema de la vivienda.

En cambio tiene una extraordinaria perfección artística y técnica.

Sistema Structurapia (1957) Italiano. Es un sistema abierto a base de elementos lineales, con los que se acaba únicamente el esqueleto resistente.

CAPITULO VIII

OTROS SISTEMAS CON ELEMENTOS DE ORIGEN INDUSTRIAL

8.1 Introducción

En estos sistemas toda posible clasificación aparece como imprecisa y problemática.

Las variables a manejar se multiplican de forma extraordinaria: Las formas, acabados, materiales, dimensiones, etc., dando origen a miles de soluciones diversas.

Por lo que no podemos hablar de sistemas cerrados, ya que este tipo de elementos son especialmente adecuados para un tipo de prefabricación abierta.

8.2 Sistemas con Materiales Sintéticos

8.2.1 Casa Francesa todo plástico.

Este sistema fue presentado por Francia en 1956, los materiales empleados fueron resina de polyester armada de tejido de vidrio y el plexiglas.

8.2.2 Vivienda del futuro (Monsanto)

Este sistema fue presentado por U.S.A. Está hecha de plástico, con cuatro columnas metálicas cubiertas por un techo, con cuatro alas en voladizo que se consiguen a base de elementos de canto moldeados en plástico.

8.2.3 Tendencia de los Materiales Sintéticos

Los materiales sintéticos actualmente están en fase experimental y cuando mejoren algunas características actuales: Resistencia al fuego, precio, bajo módulo de elasticidad, entonces sí podrán competir en el mercado, también es importante resaltar que hay una tenden-

cia a la utilización de las células espaciales plásticas como elementos auto-portantes totalmente acabados.

8.3 Sistemas con Materiales Metálicos

8.3.1 El metal como material de construcción

Las características físicas y estéticas de los metales como materia prima, se pueden variar dentro de unos límites muy amplios debido a una serie de procesos de transformación, extrusión, doblado, plegado, cortado y que auxiliado por medio de uniones (atornillado, soldadura, remachado, etc) y tratados mediante diversos acabados: Anonizado, galvanizado, esmaltado, nos llevan a un producto de características completamente distintas de las del material de partida.

Pero esto trae consigo una serie de inconvenientes especialmente desde el punto de vista económico, ya que requiere una fuerte inversión para el equipo de fabricación necesario.

Otros inconvenientes de los metales son: Su peligroso comportamiento ante los incendios, la necesidad de un adecuado aislamiento acústico y térmico.

Estos materiales han tenido un gran uso en las construcciones escolares.

Además por su naturaleza intrínseca son sistemas abiertos, ya que poseen una gran adaptabilidad, entre elementos de distintas procedencias, y una gran flexibilidad para acoplarse a distintos usos.

8.3.2 Sistema G.E.A.I.

Este es el sistema que más aportación ha dado a la industrialización profunda de la arquitectura por el camino de los componentes de origen industrial.

Este sistema está basado en:

- a) Principios de Partida: El sistema no es sólo innovador desde el punto de vista de materiales, fabricación, transporte y montaje, sino que persigue una búsqueda de plantas libres, "Los tabiques móviles, fachadas modificables, el edificio es

un utensilio que debe poder adaptarse a cada situación, a ca da necesidad".

- b) **Esqueleto resistente:** Realizadas a base de perfiles normales-en acero, corten dejándolo visto, aprovechando su peculiar-coloración después de la oxidación.
- c) **Forjados:** Son los elementos más característicos del sistema. Se componen de elementos de doble capa de 2.40 x 2.60 m, formados por mallas redondas de 10 mm., que se entrecruzan y se sueldan a otros rectos que atraviesan el forjado longitudinalmente.
- d) **Fachadas:** Las fachadas presentan el 2/3 de la superficie ca pacitada, para ser traslúcida.

Las partes abiertas presentan un doble sistema de abertura:

- Chasis deslizante sobre raíces.
- Póstigós deslizantes de aluminio ondulado.

- e) **Instalaciones:** Son de lo más moderno. Conducciones eléctricas alojadas en la parte alta de los espacios de separación - entre viviendas.

Calefacción por aire caliente renovando a razón de dos veces y media el volumen de la habitación por hora.

8.4 Sistemas con Madera

8.4.1 Sistema Baloon Frame

La construcción tipo Baloon tiene una estructura de listones cortados a máquina, formando un entramado y una cubierta también de madera. (Listones delgados).

Como medio de unión de los miembros estructurales y de cubierta, se usan clavos.

8.4.2 Sistemas precortados

Estos son los más modernos, están basados en el Baloon Frame.

Solamente que tienen algunas variantes.

En vez de entramado, usan arcos, vigas, costaneras de madera laminada, curada contra termitas y humedad, además protegidas contra el fuego, por medio de sustancias químicas.

Para cubierta usan madera laminada en capas (plywood, tablex).

Curada también con sustancias químicas y como elementos de unión, se está usando actualmente pegamentos, grapas y clavos.

Estos sistemas han tenido un gran auge en los Estados Unidos porque actualmente hay varias fábricas que venden todos los elementos precortados, para solamente armar en el campo, siguiendo las instrucciones y planos que adjuntan con cada sistema.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A través del desarrollo del presente trabajo de Tesis se ha podido llegar a las conclusiones y recomendaciones siguientes:

1. Para Guatemala los sistemas basados en grandes paneles de concreto liviano son los más aconsejables.

NOTA: Ver reseña de sistemas en las gráficas adjuntas.

2. Construir un tipo de fábrica de producción basada en una producción móvil, es decir, pensada para ser trasladada de emplazamiento con gran facilidad y poder así abastecer los mercados de vivienda en Centro América.
3. Formar una comisión con los organismos de vivienda centroamericanos, que estudien la factibilidad de pagar los gastos de inversión entre los cinco países para el establecimiento de una fábrica, para la construcción de viviendas a nivel centroamericano.
4. Que en el plan de estudio de Ingeniería Civil se incluya un curso de prefabricación (para modernizar y agilizar la mentalidad del futuro profesional).

TABLA 6.1

CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE CONSTRUCCION INDUSTRIALIZADA SEGUN ...

INDICE DE INDUSTRIALIZACION*	ELEMENTOS EMPLEADOS	PESO DE LOS ELEMENTOS*	DISPOSICION DE LOS ELEMENTOS PORTANTES*	FINALIDAD DE LA OBRA	DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS*	MATERIAL DOMINANTE	LUGAR DE REALIZACION DE LOS ELEMENTOS
<p>POCO INDUSTRIALIZADO: Cuando el índice de industrialización (1.9) es inferior a 0,20.</p> <p>INDUSTRIALIZADO: Cuando el índice está comprendido entre 0,20 y 0,60.</p> <p>ALTAMENTE INDUSTRIALIZADO: Cuando el índice es superior a 0,60.</p>	<p>CERRADO: (1.5.1.1)</p> <p>ABIERTO: (1.5.1.2)</p> <p>DE CATALOGO: (1.5.1.2.1)</p>	<p>LIGERO: Cuando los elementos no sobrepasan los 0,5 Mp.</p> <p>PESADO: Los elementos tienen un peso máximo comprendido entre 0,5 y 8 Mp.</p> <p>SUPERPESADO: El peso máximo de los elementos es superior a 8 Mp.</p>	<p>LONGITUDINAL: Los elementos portantes principales están situados en planos paralelos al eje longitudinal de la construcción.</p> <p>TRANSVERSAL: Los elementos principales portantes están situados en planos paralelos al eje transversal de la construcción.</p> <p>CRUZADO: Los elementos principales portantes están situados en planos longitudinales y transversales.</p>	<p>VIVIENDAS: Unifamiliares, en altura ...</p> <p>ESCUELAS, HOSPITALES, OFICINAS ...</p> <p>NAVES: Industriales, agrícolas ...</p> <p>OTROS FINES: Aparcamientos, silos, puentes ...</p>	<p>CELULAS: Habitación, vivienda, bloque técnico.</p> <p>GRANDES PANELES: Cuando un solo elemento resuelve un paño de pared o forjado de habitación de dimensiones normales.</p> <p>PANELES MEDIOS: Una de las dimensiones es igual a la distancia suelo-techo o a la luz del forjado normalmente empleados en vivienda.</p> <p>ELEMENTOS LINEALES: Las dimensiones de la sección transversal son pequeñas en comparación con la longitudinal. Pudiendo establecerse la subdivisión:</p> <p>simples: pilares, jácenas ...</p> <p>compuestos: pórticos, semipórticos ...</p> <p>mixtos: combinación de los anteriores.</p>	<p>HORMIGON: Armado, pretensado, ligero ...</p> <p>ACERO ALUMINIO MADERA PLASTICO OTROS MATERIALES.</p> <p>MIXTOS: Hormigón-cerámica, hormigón-acero, acero-cristal, etc.</p>	<p>PREMOLDEO: (Véase 1.6).</p> <p>FACTORIA SEMIPERMANENTE DE PREFABRICACION: (1.5.2.2)</p> <p>FACTORIA FIJA DE PREFABRICACION: (1.5.2.1)</p> <p>FACTORIA INDUSTRIAL CONVENCIONAL.</p> <p>MIXTO: Combinación de los anteriores.</p>

* Aplicable especialmente a los sistemas de edificación.

NOMBRE DEL SISTEMA	Fertigbau Bochum.	Hebel.
PAIS DE ORIGEN	Alemania.	Alemania.
PAISES DONDE EXISTEN CONCESIONARIOS	Alemania.	Alemania.
UNIDADES ACABADAS		500 viviendas hasta 1968.
SISTEMA CONSTRUCTIVO	Mediante grandes paneles portantes de colocación transversal.	Mediante grandes paneles.
FABRICACION	Fábrica permanente.	Fábrica permanente.
PEDIDOS RENTABLES	60 U.V.	Una casa, siempre que esté dentro del radio de acción de una fábrica.
TIPOS DE CONSTRUCCIONES	Bloques de hasta 18 pisos.	Viviendas unifamiliares y viviendas en hilera de 2 y 3 plantas.
SISTEMA ESTRUCTURAL	Las placas de forjado empotradas por 2 ó 4 bordes se unen mediante armaduras de zunchado perimetral relleno de hormigón y machihembrado de los bordes, dando lugar a una placa única. Empotramiento entre paredes y forjados mediante armadura de rigidización y el relleno de hormigón.	Los paneles-pared se realizan mediante armaduras perimetrales y zunchados formando una estructura única, los paneles divisorios transversales hacen de arriostramiento.
MODULACION	Altura: 2,75 m por piso. Adaptación medidas usuales.	0,625 m x altura de piso 2,7 m (máx. 3 m).
MEDIDAS Y PESO MAXIMOS	Peso máx.: 5 Mp. Forjados: hasta 15 m ² . Paneles interiores: altura piso x máx. 4,5 ancho. Paneles fachada: altura piso x máx. 4,5 m ancho.	Paneles forjado: 0,625 m x máx. 6 m. Paredes interiores: altura de piso x 0,625 m. Paneles fachada: altura de piso x máx. 5 m.
TIPO DE FABRICACION	Paneles de paredes externas se realizan sobre mesas. Fabricación en cadena de los paneles de pared interior y de forjados sobre planchas.	Fabricación en serie. Los paneles de 0,625 m se fabrican con moldes de acero. Los elementos de hormigón gaseado se cortan con maquinaria especial.
TRANSPORTE	Camiones y remolques de plataforma baja.	Camiones y remolques de plataforma baja.
RADIO ECONOMICO DE LA FABRICA	50 km.	Hasta 150 km.
MAQUINARIA NECESARIA EN OBRA Y HERRAMIENTAS AUXILIARES PARA EL MONTAJE	Grúas giratorias de torre y de puente. Hormigonera para relleno de juntas. Para apuntalar las paredes tornapuntas. Gatos hidráulicos para nivelar posteriormente los elementos.	Grúas giratorias de torre, grúas móviles, hormigoneras de 50 l para cimentaciones y el relleno de juntas. Tornapuntas para la sujeción de paredes.
TRABAJO NECESARIO HORAS/U.V.		3.000 horas por casa (114 m ² de media).
MUROS INTERIORES	Grandes paneles de hormigón de piedra pómez de 8 cm de espesor los tabiques divisorios y de 16 a 26 cm los portantes.	Los muros de carga son de hormigón gaseado de 15 ± 20 cm. Los paramentos están listos para ser empapelados. Los no portantes se realizan a base de hormigón gaseado de 10 cm. Los separadores de viviendas se adosan a los portantes.
MUROS EXTERIORES	Fachadas y hastiales: a base de grandes paneles sandwich a base de capa mortero de cemento: 1-2,5 cm. Hormigón de piedra pómez B-160 ap. 24 cm o también muros cortina de construcción ligera.	Fachadas y hastiales: recubrimiento de la superficie de fibra de vidrio adherida exteriormente, con una capa de dispersión. Hormigón gaseado GSB 35 de 20 cm (es superficie para los grados aislamiento térmico).
FORJADOS	Sobre habitaciones, cocinas y baños: pavimentos a elección sobre solera flotante, sobre placas de hormigón armado de 14 a 18 cm de espesor según las luces.	Sobre habitaciones, cocinas y baños: hormigón gaseado con armadura GSB 50 de 17,5 cm de espesor con la cara inferior pintada, sobre él la cubierta a cuatro aguas con esqueleto de madera.
ESCALERAS	Descansillos y tramos de hormigón armado B-300, separados mediante juntas de las paredes de la caja de escalera.	Todas las escaleras se realizan con elementos prefabricados de hormigón.
INSTALACIONES	Eléctricas: tubos y cajas en los elementos. Los tubos de aguas van en la pared de instalaciones. Sanitarias y desagües: las columnas se encuentran agrupadas en bloques instalaciones. Calefacción: agua caliente.	Eléctricas: conductores generales en una caja de instalaciones. Conductores distribución horizontal sobre el forjado. Sanitarias y desagües: columnas y bajantes en cajas instalaciones. Calefacción: agua caliente.
OBSERVACIONES GENERALES		Este sistema no pretende elaborar una tipología de casas prefabricadas, sino que el arquitecto aplique los elementos de tamaño total libremente, teniendo en cuenta los conocimientos y características dadas por el producto.
JUICIO CRITICO		Se trata de un sistema abierto de construcción de viviendas unifamiliares en base a las características del hormigón gaseado.

NOMBRE DEL SISTEMA	Kiro (1965).	Lenz-Seibert.	46
PAIS DE ORIGEN	Alemania.	Alemania.	
PAISES DONDE EXISTEN CONCESIONARIOS	Alemania. Kiro (1965)	Alemania, Austria. Lenz-Seibert	
UNIDADES ACABADAS	648 U.V. hasta 1968. Alemania.	Unas 5.000 U.V. hasta 1968. Alemania.	79
SISTEMA CONSTRUCTIVO	Mediante grandes paneles. Alemania.	Mediante grandes paneles de hormigón ligero y pesado. Alemania, Austria.	
FABRICACION	Fábrica permanente. 648 U.V. hasta 1968	Fábrica permanente o semipermanente, de 250 + 500 U.V./año de capacidad. Unas 5.000 U.V. hasta 1968	
PEDIDOS RENTABLES	De 100 U.V. en adelante. Mediante grandes paneles	50 U.V. Mediante grandes paneles de hormigón ligero y pesado.	
TIPOS DE CONSTRUCCIONES	Se han realizado edificios de 3, 4 y 8 pisos. Se han realizado ya 29 tipos diferentes de viviendas. Escuelas. De 100 U.V. en adelante.	Fábrica permanente o semipermanente, de 250 + 500 U.V./año de capacidad. Desde viviendas unifamiliares hasta torres. 50 U.V.	
SISTEMA ESTRUCTURAL	Sistema resistente transversal. Tanto los forjados como los muros transversales que forman la estructura son de hormigón prefabricado.	Sistema portante cruzado y losas de forjado del tamaño de las piezas que se ampotan en todos los bordes con zunchado perimetral. Unifamiliares hasta torres.	
MODULACION	1,25 m para frente de los edificios. Sistema resistente transversal	Ninguna.	
MEDIDAS Y PESO MAXIMOS	Peso entre 0,5 a 2,5 Mp. Paneles forjados: 0,625 x 2,5 a 3,75 m. Muros carga interior: 2,8 x 0,625 y 1,25 m. Paneles fachada: 1,375 x múltiplo 1,25 m.	Paneles forjados: aproximadamente 4 x 6,5 m. Paredes interiores: altura piso x máx. 6,5 m. Paneles fachada: altura piso x máx. 6 m.	
TIPO DE FABRICACION	Fabricación en serie sobre mesas y baterías.	Fabricación en serie, sobre mesas.	
TRANSPORTE	Camiones.	Remolques de plataforma baja u otros camiones especiales.	
RADIO ECONOMICO DE LA FABRICA	190 km.	Hasta 100 km.	
MAQUINARIA NECESARIA EN OBRA Y HERRAMIENTAS AUXILIARES PARA EL MONTAJE	Grúas giratorias de torre semipesadas forma 28/35 - 45/55. Andamiaje variable para montar los muros interiores. Sistema de conducción del mortero para el relleno juntas.	Hormigoneras para las cimentaciones y relleno de juntas. Grúas giratorias de torre con un momento de suspensión mín. de 90 Mp; m.	
TRABAJO NECESARIO HORAS/U.V.	18,89 horas/m ² de superficie trabajo total.	Hasta 100 km.	
MUROS INTERIORES	Grandes paneles de hormigón de piedra pómez B-120 de 20 cm de espesor los de carga y de 10 cm los divisorios.	Grandes paneles de hormigón ligero de 28 cm de espesor para los muros portantes, con paramentos vistos o enfoscados. Para los no portantes son de 14 cm de espesor.	
MUROS EXTERIORES	Fachadas paneles sandwich formados por hormigón B-300 de 9 cm. Hormigón de perlita de 8 cm. Impermeabilización contra el vapor, pómez B-120 de 20 cm. Hastiales paneles sandwich: hormigón B-300 de 10 cm. Lana mineral de 2 cm.	Paneles multicapas de grandes dimensiones formadas por superficie exterior con distintos tratamientos. Hormigón ligero B-50 o B-80, capa de 24,5 cm. Enfoscado 1,5 cm. En otros casos se emplea hormigón armado ligero, tipo B-150 en capas de 28 cm de espesor, 14 cm de espesor.	
FORJADOS	Prefabricados a base de hormigón. Impermeabilización contra el vapor. Hastiales paneles sandwich: hormigón B-300 de 10 cm. Lana mineral de 2 cm.	Sobre habitaciones, cocinas y baños: pavimentos a elección. Solera flotante de 3,5 cm. Aislante de 2 cm. Hormigón armado pesado B-225 o B-300 de 14 cm. Enfoscado 1 cm.	
ESCALERAS	Tramos y descansillos son prefabricados revestidos piedra artificial, de hormigón armado B-300.	Tramos de escalera prefabricados de hormigón armado B-300.	
INSTALACIONES	Eléctricas: los tubos en los paneles de puente. Las rozas se incluyen en los elementos de pared, y en ellas se colocan los conductores. Sanitarias y desagües pared prefabricada que contiene todas las instalaciones. Calefacción: radiadores delante ventanas. Las columnas en los elementos de pared.	Eléctricas: paneles pared y paneles forjado contienen la red de tubos, con las cajas correspondientes. Sanitarias y desagües: incluyendo todas las tuberías en los elementos prefabricados o se colocan posteriormente. Calefacción: por agua caliente de tubería única o doble o de vapor.	
OBSERVACIONES GENERALES	Los edificios se proyectan a partir de un catálogo de elementos según el <i>Baukastenprinzip</i> . El arquitecto dirige y coordina la obra.	El hormigón ligero empleado con densidad de 1400 kg/m ³ , presenta varias resistencias a compresión que oscilan entre 50 y 160 kg/cm. El coeficiente de aislamiento térmico de los paneles oscila entre 0,60 y 0,66 m ² h ² /kcal.	
JUICIO CRITICO			

NOMBRE DEL SISTEMA	Schokbeton H 1 (1966).	Thermocrete (1959).	50
PAIS DE ORIGEN	Holanda.	Alemania.	
PAISES DONDE EXISTEN CONCESIONARIOS	Holanda.	Alemania, Austria, España.	
UNIDADES ACABADAS	Unas 1.464 U.V. hasta 1968.	Capacidad de producción de 150 m ² /día.	
SISTEMA CONSTRUCTIVO	Sistema a base de grandes paneles de hormigón, completado con albañilería.	Grandes paneles de hormigón ligero.	
FABRICACION	Fábrica permanente y en obra.	Fabricación a pie de obra.	
PEDIDOS RENTABLES	Mínimo: 200 U.V. anuales.	Mínimo de 150 viviendas para industrializar un nuevo tipo.	
TIPOS DE CONSTRUCCIONES	Casas en hilera de 2 pisos hasta 11. Chalet de 120 m ² , con sótano y cubierta plana.	Torres de viviendas de hasta 16 pisos.	
SISTEMA ESTRUCTURAL	Sistema resistente transversal a base de paneles portantes y placas de forjado, a base de hormigón prefabricado.	Paneles de grandes dimensiones, portantes, fabricados a base de hormigón ligero pretensado.	
MODULACION	Altura piso 2,72 m.	No existe.	
MEDIDAS Y PESO MAXIMOS	4 Mp. de peso máx. Forjados: 0,73-1,54 x 2,84, máximo 5 m. Paredes interiores: altura piso x máx. 5 m. Fachadas: altura piso x máx. 5 m.		
TIPO DE FABRICACION	Fabricación en serie, las paredes y forjados se preparan sobre mesas.		
TRANSPORTE	Camiones y remolques de plataforma.		
RADIO ECONOMICO DE LA FABRICA	Hasta 300 km.		
MAQUINARIA NECESARIA EN OBRA Y HERRAMIENTAS AUXILIARES PARA EL MONTAJE	Hormigoneras de 100 l para relleno de juntas y grúas sobre camiones. Tornapuntas para el apuntalado de las paredes.	Grúas torre. Tornapuntas para la colocación de los paneles.	
TRABAJO NECESARIO HORAS/U.V.	Para el montaje ap. 12 horas/U.V.		
MUROS INTERIORES	A base de grandes paneles de hormigón de piedra pómez de 10 cm de espesor para los elementos autoportantes y de 16 cm para los portantes, enlucidos en obra por ambas caras.		
MUROS EXTERIORES	Prefabricados a base de hormigón de piedra pómez de 10 cm de espesor que llegan a la obra con toda la carpintería incluida, se completan con paramentos de ladrillo dejando entre ambos una cámara de aire de 4 cm.	Realizados en hormigón ligero, una sola capa de 27 cm de espesor, con armaduras de enlace salientes que se unen mediante mortero de hormigón ligero.	
FORJADOS	Prefabricados a base de losas de hormigón armado aligeradas o bien hormigonados <i>in situ</i> con un espesor de 14 cm.		
ESCALERAS	Escaleras de viviendas y sótano: escaleras de madera con escalones de haya. Escalera de desván: escalera abatible de madera.		
INSTALACIONES	Eléctricas: los paneles forjados y paneles pared contienen toda la red de tubos y caja prevista. Sanitarias y desagües: las tuberías se colocan convencionalmente en rozas. Calefacción: se instalan calefacciones de agua caliente de tubería doble con calderas de carbón, aceite o gas.		
OBSERVACIONES GENERALES			
JUICIO CRITICO	El sistema no presenta un alto grado de industrialización ya que se complementan los trabajos tradicionales con los elementos prefabricados. La misma empresa y con idéntico nombre que el sistema ha puesto a punto un procedimiento de fabricación especialmente adecuado para la realización de piezas especiales de encargo.		

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

BIBLIOGRAFIA

1. "Política de Vivienda"
BANVI, Guatemala 1975
2. Informe Final del: I Seminario de la Productividad de la Industria de la -
Construcción de Viviendas para Centroamérica y México.
3. Prefabricación Teoría y Práctica
Seminario de Prefabricación, J.A. Fernández Ordóñez
Editores Técnicos Asociados, S. A.
Barcelona, España 1974
4. Prof. B. Lewick, Conferencia Pronunciada en el Instituto Eduardo Torroja -
(Madrid)
"Tendencias Actuales de la Industrialización de la Construcción". (Junio
1971)
5. Irving Skeat. "Plastics in Building"
New York, 1966
6. Congreso de Europrefab. Lucerna, 1972
7. Proyecciones de la Secretaría de Planificación Económica
Guatemala, 1975
8. Apreciaciones sobre el posible mercado de viviendas en la Ciudad de Gua-
temala
Guatemala

Bruno Mertins
BRUNO MERTINS

Vo. Bo.

Jorge Ramos
ING. JORGE RAMOS
ASESOR

Vo. Bo.

Manuel Angel Castillo
ING. MANUEL ANGEL CASTILLO
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

IMPRIMASE

Hugo Juan
ING. HUGO JUAN MA
DECANO