

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY  
CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY.

PROPUESTA DE TECNOLOGIA CONSTRUCTIVA  
HIBRIDA PARA VIVIENDA FLEXIBLE, BASADA EN  
"RACIONALIZACION DE PROCESOS"

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA Y  
EN ADMINISTRACION DE LA CONSTRUCCION

POR

ARQ. FERNANDO VELDERRAIN IBARRA

MONTERREY, NUEVO LEON DICIEMBRE DEL 2004

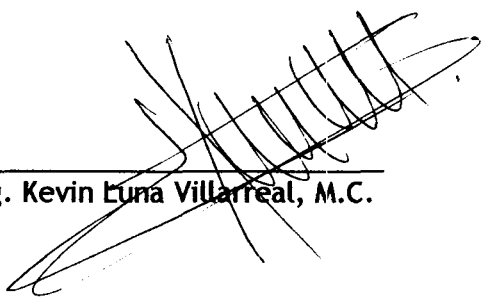
# INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

## CAMPUS MONTERREY DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA

Los miembros del comité de tesis recomendamos que el presente proyecto de tesis presentado por el Arq. Fernando Velderrain Ibarra, sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de:

### MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA Y EN ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN.


Comité de Tesis:



Ing. Kevin Luna Villarreal, M.C.




Salvador García Rodríguez, Ph.D.  
Sinodal



Celia Arredondo Zambrano, Ph.D.  
Sinodal

Aprobado:



Dr. Federico Viramontes Brown  
Director del Programa de Graduados en Ingeniería  
Diciembre, 2004

## INDICE

<b>INDICE DE TABLAS Y FIGURAS</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I.- ANTECEDENTES</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO</b>	<b>13</b>
<b>VIVIENDA FLEXIBLE</b>	<b>14</b>
<b>LEAN CONSTRUCTION: CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS</b>	<b>28</b>
<b>CONSTRUCTABILIDAD: PRINCIPIOS BÁSICOS</b>	<b>34</b>
<b>TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS</b>	<b>42</b>
<b>DESARROLLO DE LA VIVIENDA EN MÉXICO</b>	<b>70</b>
<b>CAPÍTULO III.- CASO DE ESTUDIO</b>	<b>82</b>
<b>CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES</b>	<b>96</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>100</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>103</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>106</b>

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

El primer número de la nomenclatura corresponde al capítulo en el que se encuentran.

Imagen 3.1.- Funciones de la vivienda compactadas	26
Imagen 3.2.- Modulación de vivienda en habitáculos independientes	26
Imagen 3.3.- Diseña tu propia casa	27
Imagen 3.4.- Un módulo para cada función de vivienda	27
Tabla 8.1.- Medidas de terreno que cumplen con rango de área superficial	84
Tabla 8.2.- Medidas de terreno que cumplen con proporción fondo / frente	85
Tabla 8.3.- Terrenos que cumplen con ambos requisitos (área y proporción)	85
Tabla 8.4.- Medidas más comunes de losetas para piso	86
Tabla 8.5.- Medidas más comunes de paneles	86
Tabla 8.6.- Compatibilidad de dimensiones de materiales constructivos	87
Tabla 8.7.- Dimensiones combinadas que generan áreas utilizables	88
Tabla 8.8.- Comparativa de sistemas constructivos en peso (W) y tiempo (t)	89
Tabla 8.9.- Ejemplo de conceptos variables en sistemas constructivos	91
Tabla 8.10.- Uniformato de sistemas constructivos	92
Gráfico 8.1.- Impacto en costo total por ensambles constructivos (pareto)	93

## RESUMEN

## RESUMEN

La industria de la construcción es un claro indicador del estado económico de un país, representa 4.7% del PIB en nuestro país (8.7% en el mes de Septiembre de 2004), la producción de vivienda representa la mitad de esa cantidad. (INEGI, 2004)

De acuerdo a datos oficiales, para las próximas dos décadas habrá que construir anualmente 825 mil viviendas, incluida la construcción no formal, para poder abatir tanto el déficit (4.8 millones) como la demanda actuales. Hoy en día se construyen hasta 642,000 casas incluida construcción no formal (industria constructora sólo 45.5%). Para edificar 825 mil casas por año habría que construir 2,260 casas al día.

Existen estudios en los que se aplican principios de calidad a vivienda, otros hacen comparativas técnico-económicas de tecnologías constructivas, también hay investigaciones que atacan el problema de la constructabilidad aplicada a etapas de planeación y diseño con el fin de aumentar la eficiencia de los recursos utilizados en la etapa posterior.

Hasta hoy no existe un intento documentado y fundamentado para unir los resultados de estas líneas de investigación; éste es el objetivo de esta tesis, ayudar a solucionar el problema de déficit de vivienda al producirla en mayor cantidad con la misma capacidad instalada.

Este proyecto de investigación propone una solución constructiva que puede ayudar a disminuir el déficit de vivienda en México de una forma económica y rápida, (ahorros de hasta un 23% en tiempo-costo) mediante el desarrollo de una propuesta de diseño-construcción basada en la creación de un híbrido de distintos sistemas constructivos.

## **INTRODUCCIÓN**

## INTRODUCCIÓN

En los primeros capítulos se encuentra información acerca de la situación actual de la vivienda en nuestro país en donde se observa el rezago que existe a escala nacional en este aspecto, además se explica la importancia de enfrentar estos problemas y se plantea una forma de atacarlos. Los objetivos son: encontrar una forma de diseñar orientada a la optimización de recursos y generar un sistema constructivo híbrido que reduzca el tiempo y el costo de construcción, dándole además propiedades positivas a la vivienda como lo es aislamiento termo-acústico y flexibilidad o capacidad para transformarse.

Ésta investigación se enfoca hacia el desarrollo de un sistema constructivo híbrido, en el cual se aplican los principios de calidad “Lean Construction” y “Constructabilidad”, existe la información por separado de cada uno de estos temas, suficiente para plantear las bases del problema que se enfrenta. También existe gran cantidad de sistemas constructivos, tanto experimentales como ya probados por la industria mundial; sin embargo se descartan algunos de estos sistemas existentes en el ámbito internacional debido a la poca información disponible en nuestro país, por lo que esta investigación se enfocará en los sistemas constructivos más difundidos en México, como lo son el sistema tradicional, el sistema de concreto celular y el sistema basado en paneles de yeso, así como un sistema estructural hecho a base de perfiles de acero.

El desarrollo de esta investigación abarca el tema de costos por medio de una comparativa técnico-económica de los sistemas constructivos antes mencionados, mas estos resultados no se han medido en una construcción real para fines de esta investigación debido a la falta de recursos como tiempo y costo.

Se describen los sistemas constructivos principales utilizados para la construcción de vivienda y se presenta en el capítulo III un caso de estudio en el



que se realiza un análisis de costos y propiedades generales comparando el sistema tradicional con lo que es el híbrido propuesto resultado de la fusión de dos o más de los sistemas antes mencionados. Esta comparativa se aplica en un diseño generado a partir de los principios de Constructabilidad y “Lean Construction”. Diseño obtenido mediante una herramienta de proyección diseñada específicamente para racionalizar y estandarizar las dimensiones dadas a los espacios en el prototipo de vivienda.

Al final se mencionan las conclusiones y se enumeran las distintas fuentes de información utilizadas en esta investigación.

# **CAPITULO I ANTECEDENTES**

## **CAPITULO I**

### **ANTECEDENTES**

#### **INVESTIGACIONES PREVIAS.**

De acuerdo a investigaciones bibliográficas realizadas en el Tecnológico de Monterrey, existen estudios en los que se han enfrentado problemas como aplicación de principios de calidad a vivienda como Lean Construction (Lobato, Tesis 1999), y otros que hacen comparativas técnico-económicas de tecnologías actuales empleadas en construcción de viviendas (Santillán, Tesis 2002) así como también investigaciones que atacan el problema de la constructabilidad aplicada a etapas de planeación y diseño con la finalidad de disminuir el desperdicio de recursos en etapas de construcción (Arballo, Tesis 2001). Sin embargo hasta la fecha no existe un intento documentado para unir estos tres frentes de investigación para sumar sus propiedades y así maximizar resultados; que es uno de los objetivos de esta investigación. Se pretende lograr una mezcla de ideologías, conceptos y técnicas para atacar de forma multidimensional el problema de déficit de vivienda que existe en nuestro país.

#### **DÉFICIT DE VIVIENDA: NUESTRO PRESENTE**

Actualmente (Año 2004) existe en nuestro país un déficit de vivienda de 4.8 millones de unidades, existen 22.5 millones de casas actualmente, y según pronósticos del INEGI, en los próximos 30 años, habrá que duplicar esta cantidad, sin embargo el esfuerzo más grande deberá hacerse en los próximos 10 años; además de acuerdo a una investigación de INEGI 1930-2000 actualmente 48% de las viviendas cuentan con solo un cuarto, y 23.1% con 2 o 3, esto quiere decir que es muy grande la necesidad de viviendas que cuenten con más de un cuarto.

Por otra parte 400,000 de los  $\frac{3}{4}$  de millón de casas que el gobierno federal tiene planteadas construir anualmente (en 2006) deben ser sumamente baratas (su costo no debe rebasar los 150,000 pesos) (INFONAVIT 2004), lo que deja 350,000 viviendas que pueden ser de nivel medio o residencial. Nicho en el que

se enfoca esta investigación. Por ejemplo, Banca Serfín, presentó su producto hipotecario *Su Casa Serfín*, con el que pretende atacar el olvidado segmento de vivienda media y residencial, con montos que van desde 500,000 hasta poco más de un millón de pesos, con plazos hasta de 15 años.

Además el 97% de la construcción de vivienda en nuestro país según la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, se realiza con tecnología tradicional, lo que ocasiona que su construcción sea lenta y tome varios meses, incluso años por cada vivienda de tamaño medio, esto cuando su construcción no es en serie.

Entonces en nuestro país es necesaria la construcción de 750,000 unidades de vivienda, sin embargo la capacidad de producción de la industria de la construcción mexicana es de solo 450,000 viviendas por año (CMIC, 2003), tienen planes de construir 700,000 casas anualmente para el 2006 esto deja cada año alrededor de 80,000 nuevas familias sin casa. Si consideramos que en los próximos 20 años, la población urbana crecerá un 43% y seremos 122 millones de mexicanos; se hace evidente la necesidad de atacar con prontitud el problema del aumento poblacional medido en necesidades habitacionales.

Según los datos oficiales, para las próximas dos décadas habrá que construir anualmente 825 mil viviendas, incluida la construcción no formal, para poder abatir tanto el déficit como la demanda.

## RACIONALIZACIÓN DE VIVIENDA

Es importante lo que diversos autores como Oberlender (2003) y Suárez Salazar (1998) manifiestan acerca de las etapas de diseño y planeación; pues según sus investigaciones son las que representan un mayor impacto en el resultado final de un proyecto. Y los cambios que puedan presentarse en dichas etapas son los de menor costo y mayor impacto si los comparamos con cambios al

proyecto en etapas posteriores como lo son las etapas de: construcción, procuración y operación.

Además el Instituto de Tecnología Pública (Public Technology Institute, 1996) afirma que el diseño es el corazón de la prevención de desperdicios; y la American Society of Civil Engineers que el 25% de los desperdicios que se generan en la construcción se deben a errores del proceso de diseño, aunado a que la vivienda en México es generalmente diseñada de forma tradicional, (lo que significa que el diseño se basa solamente en su funcionalidad o estética); surge otro problema que se traduce en la necesidad de incluir conceptos de calidad en las etapas de diseño y planeación, como lo es la constructabilidad.

El crecimiento demográfico en nuestro país, la importancia de reducir pérdidas y la necesidad de optimizar recursos tan valiosos como lo son el tiempo, materiales y mano de obra; plantean la necesidad de generar un *sistema constructivo* híbrido; esto es, un sistema que resulta de una mezcla de las mejores características de los sistemas disponibles en el país.

Este sistema está orientado hacia *vivienda de nivel medio*, con la característica de ser *vivienda flexible*, esto es que sea dinámica y pueda cambiar, que su desarrollo sea en etapas, pero que cada una de sus etapas pueda ser la etapa final. Su diseño está orientado para funcionar mejor en el norte de México, y está basado en los principios de “*Lean Construction*” y *Constructabilidad*, esto con objeto de aumentar la funcionalidad de la vivienda como resultado de una etapa de diseño bien pensada. Para de esta forma optimizar recursos en su etapa de construcción. Todo esto bajo una estética vanguardista de tendencia *minimalista*. Que es un estilo arquitectónico basado en obtener la máxima expresión con el mínimo de elementos, hecho que curiosamente se ajusta perfectamente a la finalidad de esta investigación.

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY**

**“PROPUESTA DE TECNOLOGÍA CONSTRUCTIVA HÍBRIDA PARA VIVIENDA  
FLEXIBLE, BASADA EN RACIONALIZACIÓN DE PROCESOS”.**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO  
ACADÉMICO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA Y  
EN ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN.**

POR:

ARQ. FERNANDO VELDERRAIN IBARRA

MONTERREY, N.L.

DICIEMBRE 2004

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **VIVIENDA FLEXIBLE**

##### **ANTECEDENTES**

La necesidad de cambio es un fenómeno difícil de asimilar para la arquitectura, donde la permanencia es la razón de ser y la durabilidad su objetivo principal. Sin embargo el estilo de vida actual requiere una arquitectura evolutiva y transformable.

Esa característica evolutiva ofrece ventajas para todos; para el promotor, puesto que la construcción con el elemento básico de la vivienda puede resultar muy económica; para el usuario, porque al ser menor el precio de adquisición queda abierta la posibilidad de realizar mejoras posteriores sin tirar lo adquirido, o de efectuar adecuaciones sin obras incómodas. Lo que le permite tener una vivienda progresiva y flexible. ([www.obrasweb.com](http://www.obrasweb.com)) A continuación se exponen algunos intentos por alcanzar este “modelo perfecto” de vivienda.

La flexibilidad implica cambio, adaptación y movimiento, elementos que son características primordiales de la vida.

De hecho, las tiendas o cabañas transportables, montadas con elementos encontrados in situ o con piezas trasladadas de anteriores asentamientos, son tan antiguas como las primeras viviendas permanentes. Del mismo modo, las primeras civilizaciones avanzadas de carácter sedentario contaban con interiores flexibles. La cultura faraónica egipcia, por ejemplo, utilizaba elementos de mobiliario que podían plegarse o desmontarse.

A lo largo de la historia, la necesidad de lograr que el hábitat doméstico fuera cada vez más adaptable (a sus habitantes, a las actividades de éstos o al



medio) ha dado como fruto una impresionante diversidad de innovaciones. Muchas de las estrategias de la arquitectura y el diseño modernos responden a ese mismo objetivo. Desde Frank Lloyd Wright con sus casas de la pradera, Gerrit Rietveld, Mies van der Rohe en su infinita búsqueda de la función, Charles y Ray Eames, Jean Prouvé, Joe Colombo o Achille Castiglioni hasta Ron Arad, Rem Koolhaas o Shigeru Ban con su casa cortina; han sido muchos los grandes diseñadores que han tratado el tema de la vivienda flexible. En este contexto el Movimiento Moderno se vio principalmente influenciado por los habitáculos tradicionales japoneses, caracterizados por sus puertas correderas realizadas con papel traslúcido que permiten una fluida transición entre los espacios, y entre la vivienda y la naturaleza, y por un reducido mobiliario que es retirado después de su uso. (Apuntes de curso: Teorías de la Arquitectura, ITESM, 2002)

La primera función de la vivienda podría ser la de proteger y resguardar, del mismo modo que la propia casa y su mobiliario son objetos que nosotros protegemos y conservamos. La característica más sobresaliente de la vivienda es, quizás, el sentimiento implícito de seguridad, de «llegada al hogar» y de permanencia en él. Sin embargo, del mismo modo que un nómada establece un breve asentamiento entre una migración y otra, toda persona sedentaria se acaba trasladando también a otro lugar en algún momento. De hecho, hasta la vivienda más estable precisa de ciertos elementos móviles, y los ejemplos más evidentes son las puertas y las ventanas.

Hace ya tiempo que existen sistemas para favorecer la flexibilidad de determinados elementos interiores de la vivienda, como puede ser la calefacción, la luz, las camas, los espacios para trabajar, los utensilios o la cocina. No obstante, da la impresión de que el mundo actual, con su creciente movilidad y su red de comunicaciones planetaria, plantea nuevas necesidades en la búsqueda de una organización flexible del espacio doméstico y sus funciones. Así pues, se llega incluso a tomar en consideración algunas ideas absolutamente novedosas, como la posibilidad de llevar siempre encima una «casa» portátil o de adaptar completamente el hogar a los deseos de cada persona.

Con el fin de presentar un amplio espectro de posibilidades relacionadas con la flexibilidad de la vivienda, la exposición Construmat 2001 reúne unos ciento cuarenta objetos de uso doméstico procedentes de diferentes culturas y más de trescientas imágenes de ejemplos adicionales, todo ello ordenado en diferentes ámbitos de acuerdo con sus funciones y utilidades: «montar y desmontar», «plegar y desplegar», «adaptar», «combinar», «transportar» y «vestir y llevar consigo».

No obstante, sigue abierta la cuestión sobre la conveniencia o la utilidad real de las propuestas que favorecen una vida flexible, pues hay en ellas tantas respuestas como personas y situaciones.

## CARACTERÍSTICAS DE VIVIENDA FLEXIBLE

Estas 6 características de flexibilidad y adaptabilidad, pueden ser combinadas entre sí, ofreciendo una amplia gama de soluciones.

### 1.- Montar y desmontar

La posibilidad de que algunos muebles e incluso edificios enteros sean desmontables suele ser resultado de la producción seriada de sus piezas individuales y responde a la necesidad de transportarlas y almacenarlas en el mínimo espacio posible. También las tiendas, que representan el tipo de vivienda más habitual de las culturas nómadas de todo el mundo, se construyen atendiendo principalmente a las exigencias del traslado frecuente y de la facilidad de montaje y desmontaje. Los muebles apilables o los espacios y las estructuras modulares a los que pueden añadirse o quitarse funciones siguen el mismo principio. Siempre que es posible crear nuevas configuraciones a partir de elementos individuales, el proceso de montaje y desmontaje ofrece asimismo un potencial creativo adicional.

## 2.- Plegar y desplegar

El plegado, al igual que ocurre con el desmontaje, tiene como principal objetivo el ahorro de espacio. En el proceso de desplegado, sin embargo, las formas sencillas se transforman en volúmenes grandes y complejos con un esfuerzo relativamente pequeño. Los objetos que, a partir de un único plano, pueden desplegarse para dar lugar a estructuras tridimensionales, o bien aquellos que pueden separarse, abrirse con bisagras, desenrollarse o inflarse, son también ejemplos de formas que se expanden en el espacio. Los objetos incluidos en la exposición no sólo muestran distintos mecanismos de plegado, sino que también representan avances importantes en la historia de las formas de vida flexible, con ejemplos que van desde la Antigüedad y la Edad Media hasta la Bauhaus y la vanguardia francesa, desde el aerodinamismo de los años treinta y el diseño de posguerra italiano hasta el desarrollo sin restricciones, a partir de los años sesenta, de los conceptos juveniles de vivienda y de las nuevas tecnologías.

## 3.- Adaptar

La selección de objetos y ejemplos arquitectónicos de este ámbito se basa en su capacidad de cambiar de forma, posición o ubicación para adaptarse a nuestras necesidades físicas y espaciales. El amplio abanico va desde habitaciones con paredes correderas o un sistema de contenedores vivienda que pueden acoplarse para adecuarse a distintas funciones domésticas, hasta muebles para sentarse o estirarse creados con formas totalmente ergonómicas. Los biombos (utilizados como particiones configurables que equivalen a tabiques) se encuentran también en esta categoría. Por último, entre nuestros requisitos espaciales cabe destacar también una iluminación adaptable, que se pueda regular con una progresión continua, y que sea móvil y ajustable.

#### 4.- Combinar

Entre los objetos que demuestran ser multi-funcionales encontramos ejemplos tradicionales como cestas o cajas sencillas, que cuentan con una gran variedad de aplicaciones en las diferentes culturas, pero también otros más recientes como la silla escalera y el sofá cama. Entre los elementos de mobiliario más primitivos de la humanidad se encuentran los tejidos, cuya multifuncionalidad se puede apreciar en la actualidad principalmente en las sociedades menos prósperas, donde una misma tela puede servir de abrigo, manta, alfombra, cortina, cojín o bolsa. En este ámbito podemos comprobar cómo a menudo los objetos más sencillos ofrecen la mayor versatilidad de uso. No obstante, también encontramos combinaciones funcionales en objetos de mayor tamaño y complejidad, como aquellos que funden arquitectura y mobiliario en una única unidad.

#### 5.- Transportar

Además de los objetos de interior que cuentan con asas o ruedas para permitir su movilidad, en este grupo se incluyen objetos que cuentan con autopropulsión o que se combinan con otros medios de transporte. La silla giratoria sobre ruedas de Thomas Warren, basada en una patente de asientos de vagones del ferrocarril estadounidense, y el sillón plegable de Raymond Loewy, diseñado para un compartimiento de tren, representan el amplio espectro de equipamientos con características domésticas ideados inicialmente para los vehículos de transporte. De hecho, prácticamente todos los tipos de vehículo (desde el coche de caballos hasta el avión) se han utilizado también como vivienda. Incluso las cocinas, la calefacción y la iluminación, que normalmente consideramos instalaciones permanentes, cuentan con versiones móviles desde hace mucho tiempo.

## 6.- Vestir y llevar consigo

Ya sea en forma de ropa, de habitáculos o de automóviles, los seres humanos estamos rodeados continuamente de fundas protectoras flexibles y móviles. Junto con toda una serie de accesorios y con la amplia infraestructura pública de las ciudades y las redes de transporte, esos objetos nos permiten llevar con nosotros las comodidades «habituales» en nuestras vidas. Las maletas, los pantalones de explorador repletos de bolsillos y las mochilas, los dispositivos para regular la temperatura de nuestra segunda piel y los aparatos destinados a la información, la orientación, la comunicación y el entretenimiento son también indicadores de cómo se entremezclan cada vez más el ocio y el trabajo, así como las esferas privada y pública.

### EJEMPLOS DE VIVIENDA FLEXIBLE.

#### PROYECTO: CASA BARCELONA

Actualmente se requiere una arquitectura adaptable a la necesidad de cambio, por lo que cinco arquitectos de reconocimiento internacional crearon cinco proyectos y cinco empresas expositoras crearon el proyecto Casa Barcelona, mismo que se presentó en el marco de Construmat 2001. Ben van Berkel (City Hall and Theater, 1996-2000, Holanda); Toyo Ito (1986, Japón); Lluís Clotet e Ignacio Paricio (Viviendas en la Villa Olímpica de Barcelona, 1992, España); Dominique Perrault (Mobiliario para la Biblioteca Nacional de Francia, 1996, Francia) y, David Chipperfield (Edificio Joseph, 1997, Gran Bretaña) son los arquitectos encargados del proyecto y tendrán la difícil tarea de crear edificios residenciales con usos cambiantes, como anteriormente se hiciera con edificios para oficinas.

A través de cinco proyectos se pretende lograr viviendas adecuadas a la forma de vida de los usuarios de hoy; como lo son: la ventana perfectible; el

tabique móvil; el pavimento (piso) registrable; la cocina modular y los muebles sanitarios.

El objetivo del proyecto es la inclusión de tres características de las que carece el concepto de la vivienda actual: diversidad, capacidad de cambio y perfectibilidad.

- La ventana perfectible, que tendrá marcos de doble carpintería, protecciones solares, sistemas de capacitación y control climático.
- El tabique desmontable, con transparencia modificable y protección acústica.
- El pavimento registrable para la vivienda y los tendidos de instalaciones eléctricas. Materiales de pavimento y problemas de limpieza, accesibilidad y localización de las tomas.
- La cocina modular, crecedera y de montaje seco. Incorporación de lavado y secado.
- El baño e instalaciones de fontanería. Diseño de un sistema de fontanería visto y fácil de instalar y modificar, con sanitarios que puedan cambiarse como electrodomésticos.

Estas son las características de la vivienda progresiva, con la cual busca adaptarse a las necesidades de una sociedad cambiante y diversa para un futuro próximo.

El coordinador general del proyecto Casa Barcelona señala que "se trataba de impulsar la salida al mercado de unos productos que hiciesen técnicamente posible y económicamente razonable, la superación de barreras constructivas que contribuyen a la permanencia de esa esclerosis programática. Teníamos que conseguir que el arquitecto, el constructor y el usuario dispusiesen de sistemas constructivos que dotasen a la vivienda de esa capacidad de atender a la *diversidad, facilitar el cambio y hacer posible la perfectibilidad. Sólo así*

podremos empezar a convencer a los promotores que vale la pena [esta propuesta de vivienda] que ya exige un amplio segmento del mercado, el que pregunta por los lofts y se interesa más por los metros cuadrados que por el número de dormitorios”.

- La ventana perfectible

Arquitecto: Ben van Berkel, Holanda.

Industrial: Technal Ibérica.

La ventana, diluida en una fachada cada vez más transparente, tiene la gran responsabilidad de efectuar la mayor parte de los intercambios energéticos con el exterior. Sin embargo, la ventana actual ha reducido su capacidad de filtro desde su modelo de principios de siglo. Tiene menos posibilidades de regulación de los aportes solares, menos formas de proteger de los excesos de luz o de la falta de privacidad. Sin embargo, tiene que cumplir cada vez con más precisión esos papeles y otros nuevos como la ventilación controlada, la incorporación de los sistemas de aire acondicionado y, probablemente, la captación energética fotovoltaica. Las elementales carpinterías actuales no permiten ningún tipo de evolución para adecuarse a estas nuevas exigencias.

El objetivo del proyecto ha sido el diseño de una carpintería que en su presentación elemental es de costo muy bajo, pero que tiene implícita en su diseño una amplia gama de posibilidades evolutivas que le permiten hacer frente al control de la aportación solar y de la ventilación de la vivienda, al control de la cantidad de luz que la atraviesa, del flujo térmico, a la localización de los aparatos de climatización y de las células fotovoltaicas de captación energética.

Para esto se ha diseñado un kit de piezas basadas en la carpintería de aluminio con el que es posible construir de manera aditiva desde una ventana sencilla hasta un conjunto de filtros que hagan frente a todos los factores presentes en la compleja relación que se establece entre el espacio interior y el

exterior en una vivienda. Una ventana que puede insertarse tanto dentro de un muro cortina como en una fachada pesada, habiéndose conseguido un conjunto de productos compatibles y combinables. Esto quiere decir que, sobre un elemento base, podrán añadirse gradualmente piezas para incrementar la eficacia del conjunto.

El tabique móvil

Arquitecto: Toyo Ito, Japón

Industrial: ME, Catalana de Perfiles de Aluminio, con el soporte de Construmat.

Las formas de mampostería -tanto las basadas en panel de yeso como en cerámica- no responden a la evolución de las exigencias. Asimismo, no ofrecen el confort acústico necesario, ni son un buen soporte para las instalaciones, ni pueden eliminarse cuando no son necesarias, ni trasladarse cuando cambian las necesidades.

A fin de satisfacer las exigencias de intimidad acústica y visual del usuario contemporáneo y permitir una amplia comunicación, además de desaparecer -en caso de ser necesario, por plegamiento o corrimiento, etcétera-, se ha diseñado un tabique móvil.

Se puede replegar para comunicar los espacios que separa y permite diversos grados de comunicación entre los locales vecinos. Eso supone que incluye elementos que permiten el paso (puertas), y elementos que permiten la visión (ventanas), aunque limiten la relación acústica.

Es fácilmente manipulable; esto es, que sin mayores esfuerzos permite pasar de una situación de cierre visual a otra de comunicación visual y protección acústica o incluso de total comunicación; es transportable, ya que puede ubicarse en lugares diversos para conformar diferentes estancias a la manera de las mamparas de las oficinas. Será también un producto económico, debido a que



alguna de sus formas más elementales deberá poder instalarse en una vivienda sencilla. El planteamiento modular y perfectible supone que los ocupantes pueden mejorar la calidad y complejidad de los módulos instalados sin renunciar a una primera instalación en la vivienda económicamente más competitiva.

Cabe mencionar que este elemento sufrió un retraso en su desarrollo debido a que la empresa patrocinadora original se retiró a finales del año pasado, por lo que su presentación fue todavía a nivel conceptual, aunque es el que mayor expectación genera por sus características promisorias.

- El pavimento (piso) registrable

Arquitecto: Ignacio Paricio y Lluís Clotet, España.

Industrial: Simon-Cimabox.

El pavimento es tributario de todos los comentarios anteriores. Para que un espacio de la vivienda pueda albergar cualquier actividad es necesario que energía, información e incluso el agua -y posibilidad de evacuación- lleguen hasta ese punto. El suelo es el vehículo ideal para el tendido de todas esas instalaciones. Lo que se ha convertido ya en un estándar para los edificios de oficinas no debe tardar en serlo también para los de vivienda.

Las modificaciones de los tendidos de instalaciones se están haciendo tan frecuentes en las viviendas que los muros no pueden ser sus únicos soportes, tanto por el costo de las modificaciones como por las dificultades en el cambio de cualquier distribución que, a su vez implica la participación de diferentes especialistas, y por la imposibilidad de resolver el aporte eléctrico al centro de un local.

El suelo registrable para el tendido libre de instalaciones en la vivienda cumple las siguientes exigencias: poder recibir cualquier tipo de pavimento de los habitualmente usados en la vivienda; ser registrable para poder acceder con

facilidad a los tendidos; tener capacidad y altura variable para poder pasar por ellos desde simples tendidos eléctricos hasta tubos de plomería e incluso evacuaciones de condensados y otros. Por otro lado, las conexiones eléctricas surgen del piso sin exigir ninguna caja o torreta que se convierta en un obstáculo para la colocación de los muebles.

- La cocina modular

Arquitecto: Dominique Perrault, Francia.

Industrial: Fagor.

La cocina es un espacio multiforme y multifuncional en la vivienda de hoy. Dicha área puede servir o no para comer o para tener una mesa central para trabajos colectivos. Su concepción debe abarcar múltiples soluciones físicas que permitan su evolución con la edad de los ocupantes y con los cambios de su organización social.

El objetivo de este proyecto ha sido la concepción de unos muebles que puedan convertir en "cocina" cualquier lugar en el que se coloquen el fregadero, con o sin lavavajillas; la cocina donde se calientan o cocinan los alimentos, con o sin horno de microondas, y los diversos tipos de muebles donde se almacenan los trastos, vajillas y demás enseres.

El diseño de todas esas piezas ha tenido en cuenta la alimentación eléctrica y de plomería -también modular-, de manera que cualquier aparato podría ser soporte de cualquier otro que se encuentre yuxtapuesto. La solución aportada incluye un "ecorífico", un nuevo electrodoméstico que dará a las cocinas un trozo de huerto, un invernadero temperado adosado a un refrigerador, lo que permitirá que la producción de energía de este último regule la temperatura del primero.

- Los muebles sanitarios

Arquitecto: David Chipperfield, Gran Bretaña.

Industrial: Ideal Standard.

El baño se concibe como una célula oscura en el interior de la vivienda en la que se agrupan todas las piezas que tienen que ver con la plomería y las más diversas formas de la higiene. La moda de los azulejos ha condenado al empotramiento a todas las instalaciones de manera que cualquier sustitución, reparación o innovación exige la participación de tres o cuatro oficios.

El objetivo del proyecto ha sido el facilitar las reparaciones, sustituciones y mejoras sin implicar oficios tan distantes como el albañil, el yesero o el pintor. La evolución de las necesidades de los ocupantes implica cambios en las exigencias de piezas sanitarias o de cuartos de baño convencionales que deben poder añadirse a la vivienda con la misma facilidad con la que se cambia la televisión, el equipo de sonido e incluso la lavadora.

Todas estas exigencias han sugerido la necesidad de unos aparatos sanitarios autónomos con una plomería simple y evidentemente no empotrada. El aporte del agua fría y caliente y la evacuación de aguas residuales se ha previsto a través del ya mencionado suelo registrable.

#### TURN ON: URBAN SUSHI PROJECT

Con el continuo avance de la industria automotriz, la ciencia-ficción se ha convertido cada vez más en una realidad, al usar tecnología de punta, enfrentarse a la producción en masa por medio de la prefabricación, las empresas han alcanzado un alto nivel de sofisticación, que hasta hace poco era impensable para el diseño de vivienda.



Imagen 3.1.- Funciones de la vivienda compactadas, concepto Sushi.

La vivienda sigue contando con los mismos parámetros que hace mil años, seguimos viviendo en pisos planos, rodeados de esquinas angulosas y siempre restringidos a configuraciones rígidas de espacios habitables.

En este caso la empresa Alles Wird Gut, presenta su modelo de vida experimental, el turn on urban sushi. Al combinar elementos de la industria automotriz y de vivienda.

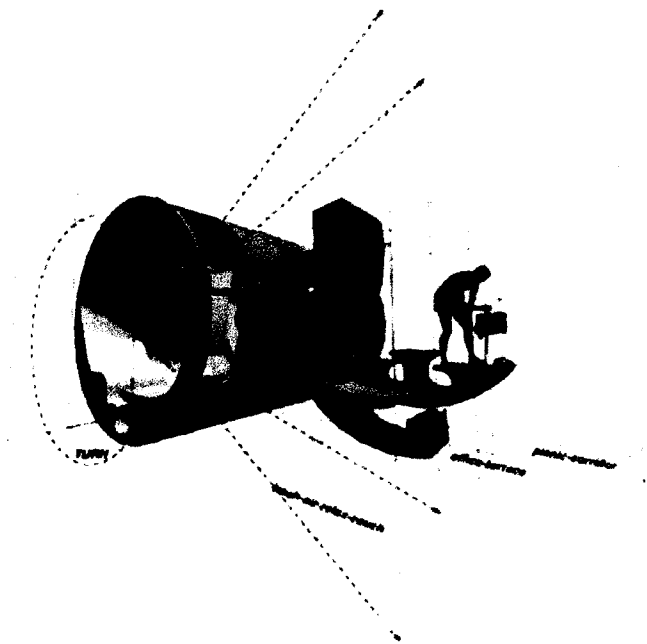


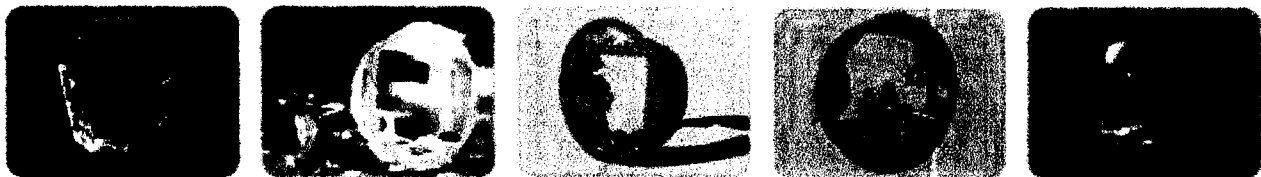
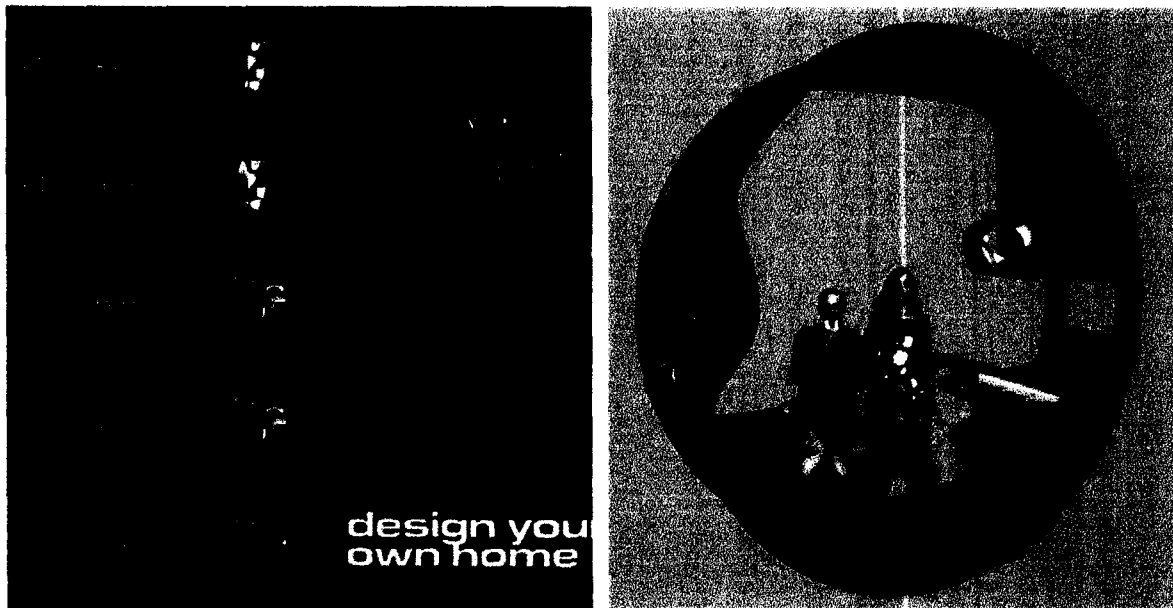
Imagen 3.2.- Modulación de vivienda en habitáculos independientes.

## Espacio habitable reducido al mínimo

Una serie de módulos revolventes, como un tipo de rueda gigante para ratones, contienen todo un programa de vivienda. No hay distinciones entre paredes, pesos y techos, solo espacios transitorios, todo en uno todo al mismo tiempo.

Mientras cocinas, el sillón se convierte en techo, el comedor en una pared. Con todo alrededor es la forma más sencilla de reubicar el mobiliario, el espacio interior cambia constantemente con las infinitas posibilidades de ubicación de cada anillo.

Una flexibilidad maximizada, y una experiencia espacial en un área mínima. Cualquier cosa es posible; ya sea dormir, trabajar, relajarse, etc.



Imágenes 3.3 y 3.4.- Diseña tu propia casa. Y: un módulo para cada función.

## **“LEAN CONSTRUCTION” (CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS)**

### **ANTECEDENTES**

En la industria de la construcción ha surgido una filosofía de producción llamada “Lean Construction” (construcción sin pérdidas). Esta nueva tendencia de producción tiene sus orígenes en la industria manufacturera, y es denominada “Lean Production”.

“Lean Production” se origina en los años setenta; en esa época los sistemas europeos de producción en masa se vieron afectados por el crecimiento de los salarios y la reducción constante de las horas de trabajo semanales. Los fabricantes de automóviles europeos llevaron a cabo también unos cuantos experimentos marginales con participación del trabajo, tales como el de la planta de Kalmar de Volvo que volvió a introducir las técnicas artesanas otorgando a grupos pequeños de trabajadores la responsabilidad de ensamblar un vehículo completo. Además, las serias condiciones económicas posteriores a 1973 desalentaron las expectativas de los trabajadores y redujeron las alternativas de empleo.

Sin embargo estas experiencias sólo fueron disimuladas. En los años ochenta, los trabajadores europeos continuaron encontrando el trabajo de la producción en masa tan poco recompensante que las prioridades en las negociaciones continuaron siendo la reducción de las horas pasadas en la planta. [Womack, 1992]

Esta situación de la producción en masa estancada tanto en los Estados Unidos como en Europa podía haber continuado indefinidamente si no hubiera surgido en Japón una nueva industria del motor. El verdadero significado de esta industria fue que no consistía simplemente en otra réplica del ahora venerable enfoque americano de la producción en masa. Los japoneses estaban

desarrollando un modo totalmente nuevo de hacer las cosas, que se denominó "Lean Production".

La concepción de la nueva filosofía está envuelta en tres etapas: [Koskela, 1993]

- Puede ser vista como una herramienta
- Como un método de manufactura
- Como una filosofía general de administración

Así también esta nueva filosofía es una generalización de los enfoques tales como JIT (Just in time), TQM (Gestión de calidad total), Benchmarking, Ingeniería concurrente, Valor basado en la administración y reingeniería. Como ya hemos visto esta nueva filosofía ha tenido un fuerte impacto en la industria manufacturera automotriz y en la industria electrónica.

La implementación de nuevas tecnologías es más fácil en "Lean Production", debido a que son necesarias menos inversiones y la producción es mejor controlada.

## DEFINICIÓN DE LEAN CONSTRUCTION

En la industria de la construcción, la difusión de esta nueva filosofía parece estar algo limitada y sus aplicaciones incompletas. La Calidad Total en la industria de la construcción ha sido adoptada por algunas empresas de la construcción, primero en los materiales de construcción y los componentes de manufactura, y después en el diseño y construcción.

Dentro de un proceso existen actividades de conversión y de flujo. Mientras todas las actividades consumen tiempo y costo, únicamente las actividades enfocadas en la conversión de entradas en salidas proporcionan un valor agregado al producto del proceso. [Koskela, 1993]

Podemos decir que las actividades de flujo son: supervisión, suministro y transportación de materiales. Los sistemas o métodos tradicionales de administración y programación de obra consideran a todas las actividades como actividades de conversión que proporcionan un valor agregado cuando en realidad no todas lo hacen.

"Lean Construction" (Construcción sin pérdidas) es una nueva filosofía que visualiza a cada proyecto de construcción como un sistema de producción donde las acciones son alineadas y orientadas para producir un valor único al producto. [Koskela, 1993]

Los análisis muestran que así como en manufactura, la base conceptual de la ingeniería en construcción y administración es la conversión o actividad orientada (Koskela, 1992). La información y el flujo de trabajo del diseño y construcción son identificados y medidos, primero en términos de su pérdida interna (actividades que no adicionan valor), seguidos por su duración y el valor de rendimiento.

Generalmente tomar los flujos como unidad de análisis en construcción nos lleva a cambios profundos de conceptos y énfasis.

Existen ciertas peculiaridades en la construcción las cuales poco a poco han sido salvadas a través de distintas soluciones, como ejemplo podemos mencionar que la presencia de proyectos únicos y no repetitivos se ha solucionado a través de la estandarización y coordinación modular, las dificultades constructivas en el sitio de la obra han sido libradas a través de la prefabricación y cuadrillas especializadas.



## **PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION**

La meta principal de "Lean Construction" es evitar las pérdidas del tiempo, dinero, material, etc. Todo es enfocado en el mejoramiento de la productividad y reducción de costos.

Los principios básicos de "Lean Construction" son: [Fisher, 1995]

- Equipo de trabajo
- Comunicación
- Uso eficiente de los recursos
- Eliminación del desperdicio
- Mejoramiento continuo

"Lean Construction" trata de eficientizar los procesos de construcción usando los principios básicos mencionados, tratando de aplicarlos en todas las actividades del proyecto constructivo.

Así como ya se ha visto esta nueva teoría de construcción se enfoca a las actividades que dan valor agregado al proyecto de construcción y pone especial atención a los flujos de información, materiales y mano de obra, de manera que sean claramente identificables y medibles, primero en términos de sus pérdidas, duración y valor de salida.

Actualmente se han podido identificar ciertas prácticas que conducen a la reducción de pérdidas en la construcción y adición de valor agregado al producto final del proceso, y por esto algunas empresas se han enfocado en la aplicación de técnicas como TQM (Administración de Calidad Total) y JIT (Just in time) para el suministro de materiales.

La introducción de esta nueva filosofía en la construcción requiere nuevas medidas del desempeño. Los modelos tradicionales ofrecen solamente una limitada colocación de medidas.

La modelación y evaluación del desempeño en proyectos de construcción han sido un reto para la industria de la construcción. Muchos modelos y procedimientos han sido propuestos para la evaluación del desempeño del proyecto en el sitio y nivel del mismo. Algunos de esos modelos se enfocan en la predicción del desempeño de un proyecto, mientras que otros se enfocan en la medida, sin embargo muchos de ellos limitan su análisis a un número de medidas tales como costo, programación y/o productividad. [Alarcón, 1993]

La aplicación de la nueva filosofía de producción en construcción requiere la evaluación de nuevas medidas (Koskela 1992), tales como pérdidas, valor, ciclo del tiempo y/o variabilidad. Sin embargo los sistemas de control tradicional y modelos no son apropiados para medir tales elementos del desempeño.

La palabra desempeño envuelve todos los aspectos de construcción. Este término comprende siete criterios o elementos los cuales se mencionan a continuación. [Alarcón, 1993]

1. Efectividad: es una medida de terminación de las cosas en forma correcta.
2. Eficiencia: una medida de la utilización de los recursos, esta puede ser representada como la relación de recursos que se espera sean consumidos divididos entre los recursos que son consumidos.
3. Calidad: una medida de la conformidad respecto a las especificaciones.
4. Productividad: teóricamente es definida como la relación entre las salidas y las entradas. En el contexto de la industria de la construcción, las salidas son la estructura que es construida o algún componente de ésta. Las entradas incluyen la fuerza laboral, materiales, equipo, administración y capital.

**5. Calidad en la vida del trabajo**

**6. Innovaciones:** este es el proceso creativo de la adaptación del producto, proceso y servicio.

**7. Rentabilidad:** es la medida de las ganancias que se esperan sean obtenidas.  
La evaluación del desempeño en construcción generalmente se concentra solo en algunos aspectos del desempeño por el uso de medidas que reflejan una imagen parcial, usualmente rentabilidad y productividad.

## **CONSTRUCTABILIDAD**

### **ANTECEDENTES**

El tema de la Constructabilidad es cada vez más común y está con mayor frecuencia en el vocabulario del mundo de la construcción y de los proyectos de diseño. Es una disciplina que no surgió originalmente para ser aplicada en la construcción pero que ha generado grandes aportaciones a este medio.

No existe una definición única para la constructabilidad ni sobre lo que abarca, tampoco sobre qué conceptos y actividades se aplican, por lo que las definiciones sobre la constructabilidad están basadas en su mayoría en experiencias de quienes y en donde se ha aplicado; esto hace que la constructabilidad sea una herramienta totalmente versátil, cualidad que va con las necesidades cambiantes de los proyectos.

### **DEFINICIÓN Y CRITERIOS DE CONSTRUCTABILIDAD**

La constructabilidad de acuerdo al Instituto de la Industria de la Construcción de Estados Unidos (CII) [Tatum, Vanegas y Williams, 1986] es: "La integración óptima del conocimiento y experiencias de la construcción y la experiencia de la planeación, diseño y abastecimiento en campo para lograr los objetivos planteados para un proyecto".

Otra de las definiciones que se le ha dado a la constructabilidad es la de O'Connor and Tucker [1983], y la definieron a partir de las áreas de oportunidad que encontraron en ella cuando la aplicaron en el proyecto de una refinería:

"Diseños sensibles a la construcción; Comunicación efectiva al intercambiar información de ingenierías; Técnicas de construcción óptimas originadas por los propios constructores (basadas en la experiencia); Estándares de administración de proyectos efectivos; mejora en el servicio que brindan los proveedores y/o

subcontratistas; Retroalimentación del constructor o contratista general durante el diseño". También ellos encontraron en la práctica que dentro de los beneficios que otorga la constructabilidad está el intercambio entre los beneficios directos en la construcción debido a: mejores diseños, uso de maquinaria y equipo de vanguardia, una mejor programación y secuencia en las actividades a realizar; contra el costo "extra" que representa el desarrollar diseños con estas características para poder lograr los beneficios que se mencionaron.

Otra definición más es la que utilizó la compañía Procter & Gamble [buildability manual] en alguna ocasión en la que definió a la constructabilidad como": Una infusión de tecnología ingenieril de vanguardia en combinación con experiencia en construcción e información histórica". Esta compañía también utilizó el término "Edificable" para describir a la constructabilidad, término que resume en sí mismo todo lo que la constructabilidad abarca.

Desde el punto de vista ingenieril y arquitectónico Bryson [1984], describe que un programa enfocado a la constructabilidad es: " La interacción planeada de la experiencia constructiva con la definición del proyecto y el diseño, esto con el propósito de lograr un efecto en todos los factores que afectan al diseño y contribuyen a mejorarlo.

Muchas de las personas involucradas en proyectos que han utilizado la herramienta de la constructabilidad para mejorar el resultado de su proyecto, se han referido a ella como una actividad semejante a la Ingeniería de Valor, sin embargo se puede decir que la ingeniería de valor o el ejercicio de aplicar estudios de valor viene a ser una herramienta que ayuda a que la constructabilidad sea aplicada.

La constructabilidad se enfoca hacia el desarrollo de mejores proyectos, disminuir costos, incrementar la productividad, con tiempos efectivos; el uso óptimo del conocimiento constructivo y experiencia en la planeación, diseño,

abastecimiento y operación en campo para alcanzar los objetivos globales y principales de cualquier proyecto que se quiera desarrollar bajo estas premisas.

A la constructabilidad se le puede describir como la habilidad de ensamblar o construir un edificio fácil y eficientemente esperando que por ello se dé un número muy pequeño de problemas durante la construcción.

Los criterios principales de la constructabilidad son [García, 1999]:

- Simplicidad
- Normalización (Estandarización)
- Comunicaciones Claras

#### **A) Simplicidad**

Creando diseños simplificados fáciles de llevar a la práctica, detalles y conceptos fáciles de manejar, ejecutados de manera satisfactoria, dando resultados de alta calidad, esto forma parte del termino "fácil de ensamblar" (ease of assembly) [Allen, 1993].

#### **B) Normalización o Estandarización**

Diseñar y construir en base a la filosofía de la producción es serie; No hacer que actividades que pueden ser repetitivas se conviertan en actividades personalizadas para el proyecto. Una actividad repetitiva es más económica de realizar y menos propensa a tener errores por la experiencia que se adquiere repitiendo una y otra vez lo mismo, a esto se le conoce también como repetición de ensamblaje (repetitious assembly) [Allen, 1993]. También el especificar productos de medidas estándar y diseñar en base a estos. A la estandarización evitando el corte y modificación de los materiales (uncut units) [Allen, 1993].

#### **C) Comunicaciones Claras**

Se refiere a la eliminación de la práctica de separar la ingeniería y la construcción, ya que para que funcione la constructabilidad estas dos prácticas

deben de estar relacionadas directamente. Todos los involucrados desde el principio deben de intercambiar opiniones y experiencias para desarrollar un proyecto construible.

La constructabilidad se esta vislumbrando como una de las disciplinas más importantes de mejora y aumento de oportunidades dentro de la industria de la construcción, ya que se enfoca especialmente en ligar el diseño con la construcción.

Es importante que la aplicación de la Constructabilidad se haga desde el inicio de un proyecto. En muchos países como Estados Unidos ha sido aplicado con éxito, pero aún no toma el auge que debería, no todos los desarrolladores de proyectos se han inclinado por esta práctica.

La razón por la cual la constructabilidad no está siendo aplicada en más proyectos es que desgraciadamente no todo mundo esta enterado de lo que significa la palabra constructabilidad, es un tema que no está bien difundido, mas es necesario que se de a conocer para que se pueda aplicar. Existe falta de difusión sobre las historias de éxito en donde la constructabilidad se ha aplicado dando excelentes resultados, es necesario que se difunda su importancia. Con la intención de hacer esto se hablara de algunos proyectos donde se aplico la constructabilidad con resultados exitosos.

## EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Los ejemplos que se presentan tienen la característica de que la constructabilidad se aplicó desde la etapa de planeación y de diseño .Existen casos donde las medidas de constructabilidad se han aplicado durante la etapa de ejecución resultando exitosos también.

El primer proyecto en donde se puede percibir de manera práctica la aplicación del criterio de comunicaciones claras, es un edificio de oficinas en el cual se haría una ampliación. Estas oficinas eran para la compañía IBM en San José California [Tatum, Vanegas y Williams, 1986].

La necesidad del proyecto surgió a raíz de una serie de movimientos telúricos en la zona y de la recomendación de la División de Construcción y Bienes Raíces del Estado de California para que se mejorara estructuralmente el edificio de cinco niveles.

IBM contrató a un arquitecto y a un despacho especialista en estructuras para que diseñaran el edificio que tenía que ser reforzado debido a los temblores que frecuentemente se presentaban en esa zona y para que cumpliera con el reglamento estructural de zona sísmica. Después de haber contratado a los diseñadores IBM inmediatamente involucró al contratista.

Después de estudiar varias posibilidades y alternativas en el diseño, IBM aprobó un diseño estructural que comprendía una expansión de 133,000 pies cuadrados al edificio existente. Este diseño implicaba ampliaciones en dos lados (opuestos entre sí) del edificio existente y en los cinco niveles. La restricción del proyecto era: mantener el tiempo de ejecución bajo control para no afectar las actividades de operación del resto del edificio que se mantendrían durante todo el proyecto.

La planeación de este proyecto fue "de atrás para adelante" es decir se trabajó a partir de la fecha de terminación de construcción y desde esta fecha clave, se partió para planear el programa de abastecimiento con sus fechas de entrega estratégicas y se establecieron fechas metas para la entrega de ingenierías. De esta manera se planeó con la fecha de entrega y es menos probable que se den retrasos, lo que para IBM era muy importante por cuestiones de costo y operación.



Para éste proyecto se hizo énfasis en la fecha en que se "congelaría" el diseño, porque así se ejecuta con la posibilidad de tener menor número de cambios. Por que si los cambios suceden antes de congelar el diseño, lo más probable es que se den de manera justificada y controlada.

El hecho de haber aplicado éstas medidas en el proyecto provocó que no hubiera retrasos significativos, siempre respetando las fechas claves que se habían establecido desde un inicio.

Otro ejemplo es el proyecto de residencias comunitarias desarrollado en la ciudad de San Antonio Texas para una comunidad de personas jubiladas (Tatum, Vanegas y Williams, 1986). El proyecto comprendía 152 "townhouses", un edificio de trece pisos con 265 departamentos y otro edificio para reuniones y fiestas.

Para este proyecto el contratista y el diseñador trabajaron en equipo desde el inicio, desde el desarrollo conceptual. Durante el desarrollo del diseño, el contratista asistió al diseñador con alternativas que dieron como resultado una mejor ejecución y excelentes resultados. En éste ejemplo se manifiestan los criterios de comunicaciones claras y simplicidad como los criterios de constructabilidad aplicados.

Las consideraciones de constructabilidad que aplicaron en este proyecto fueron:

- Como estrategia de diseño ubicaron las unidades de departamentos en un solo edificio en lugar de hacer dos edificios como se tenía pensado cuando se inició el proyecto conceptual, esto logró ahorro de recursos al eliminar dos cimentaciones y solamente desarrollar una, igualmente para la estructura. Un solo edificio era más barato y más rápido, los ahorros significativos fueron principalmente en los sistemas eléctricos, aire acondicionado y calefacción; así como en las instalaciones y número de elevadores.

- En el diseño estructural del proyecto se puso especial atención en alinear las columnas permitiendo con esto que se pudieran utilizar formas ordenadas, reduciendo el trabajo de concreto por mantener formas regulares.
- El uso de un sistema de escaleras de emergencia prefabricadas eliminando el trabajo en campo, logrando así reducir tiempos y tener acceso a los pisos durante la construcción más rápido y seguro, lo cual ayuda a la ejecución de la obra. El resultado fue un proyecto que cumplía con las necesidades originales pero con tiempos de ejecución más cortos y costos más bajos superando completamente las expectativas.

Otro de los proyectos fue la ampliación que se llevo a cabo en una refinería [O'Connor y Davis, 1988], el cual se desarrolló en tiempos record y con bajo costo. En este proyecto el cliente directamente impuso una estrategia muy agresiva de constructabilidad.

El proyecto se enfoco principalmente en los prefabricados como la estrategia de constructabilidad más importante (aplicación directa del criterio de estandarización y simplicidad). Esto permitió que se dieran actividades paralelas en campo. El cliente se encargó de contratar a los responsables de ejecutar la obra desde el inicio para que con el equipo que desarrollara la ingeniería, trabajara en conjunto para establecer las estrategias a seguir en campo.

Algunos de los esfuerzos que se llevaron a cabo para aplicar la constructabilidad en el proyecto fueron:

- Las especificaciones del proyecto fueron revisadas en conjunto por el cliente, diseñador y constructor, esto con el fin de simplificar el diseño y evitar cosas innecesarias y trabajando para estandarizar el proyecto.
- El programa de diseño y de construcción estaba principalmente enfocado a reducir los tiempos de ejecución en campo (objetivo claro desde el inicio).

- La mayoría de las piezas que se diseñaron para ser ensambladas incluían las instalaciones necesarias y los acabados. Con esto se redujo el uso de andamios aumentando la productividad, evitando accidentes y bajando costos.
- La tubería para el oleoducto se pre-ensambló con todo lo que se requería para soportarla, para que en campo solamente se hicieran los trabajos civiles y de tercercerías (excavaciones, etc.).

El hecho de haber tomado la decisión de prefabricar las piezas no sólo ahorra tiempo sino que también la calidad se vio positivamente afectada por el control que existió en los procesos.

Este proyecto es un ejemplo de que la constructabilidad funciona, el proyecto concluyó 14 semanas antes de lo programado y en costo global se ahorró alrededor de un 23% con respecto al presupuesto que se estimó al iniciar.

Esto no es muy común que se de en los proyectos por lo general siempre cuestan más de lo presupuestado y tardan más de lo previsto. Esto puede cambiar significativamente si se toma la iniciativa de aplicar la constructabilidad.

Así como los ejemplos anteriores existen muchos que han tenido éxito en la aplicación de la estrategia de constructabilidad. No es difícil de aplicar lo que se requiere es la voluntad de hacerlo y establecer un procedimiento para llevarlo a cabo.

## **TECNOLOGÍAS COSNTRUCTIVAS**

### **1.-TECNOLOGÍA TRADICIONAL**

#### **Productos**

El block de concreto curado a vapor es elaborado a partir de 3 materiales: Agregado grueso, cemento Pórtland y agua. El proceso de producción del block de concreto comienza con la recepción de los materiales en los llamados silos bajos, aquí se recibe el agregado caliza, donde se separa los gruesos de los finos. En estos silos se tienen compartimientos para llevar a cabo esta etapa. Mediante un sistema de bandas se transporta el agregado donde dirige a los llamados silos altos o elevados.

Estos silos elevados, están conformados por varios compartimientos para la recepción de agregado fino y grueso, donde se monitorea la textura del material y se hacen las modificaciones adecuadas, o sea que cantidad se requiere de agregado fino o grueso. De aquí, se pasa a unas básculas, donde se obtiene el proporcionamiento adecuado del agregado y del cemento Pórtland y se vacía en una mezcladora donde se hace un premezclado en seco y posteriormente se le agrega el agua. En caso de que el agregado se encuentre húmedo, la maquinaria inyectará el agua requerida.

Esta etapa de mezclado tiene una duración aproximada de 5 minutos. La mezcladora empleada es horizontal, ya que es la recomendada para un mezclado semi-seco (las mezcladoras verticales se emplean para concreto hidráulico). La mezcladora tiene una capacidad de 100 ft<sup>3</sup> (2.8 m<sup>3</sup>) de capacidad. Posteriormente, la mezcla se vacía en moldes para así obtener el block.

Después estos moldes se colocan en pequeños vagones o carritos, donde se trasladan a los hornos o cuartos de curado, donde permanecen 12 hrs. El fin de que permanezcan en los hornos, es para acelerar la maduración del block y así

poderlo manejar con mayor facilidad. Por último se trasladan a los patios para su almacenaje o directamente a los camiones para su distribución.

Dentro de los productos de la tecnología tradicional se tiene:

- Block de 4",6" y 8" (de 2 o 3 huecos)
- Block ligero o liviano
- Block U
- Block acanalado
- Block cara de piedra
- Vigueta y bovedilla
- Adoquín

### **Propiedades**

El block de concreto curado a vapor tiene una resistencia de 65 Kg. /cm.<sup>2</sup> (ésta resistencia es un promedio obtenido de las resistencias que ofrecen varias bloqueras) y un peso de 13 Kg. / pieza. Este tipo de block acepta cualquier tipo de recubrimiento ya que se tiene una buena adherencia debido a su porosidad.

El peso del block liviano o ligero es aproximadamente la mitad del block normal y una resistencia de 35 Kg. /cm.<sup>2</sup> y está elaborado con material de origen volcánico, por lo que posee buenas propiedades de aislamiento térmico y acústico ya que este agregado esta formado por celdillas internas. Este block se recomienda su empleo en aquellos muros donde se exponga mucho al sol, pero se requiere que se refuercen sus elementos estructurales tales como vigas y columnas para que el peso no descansa sobre el muro a base de block liviano.

## **Elementos estructurales**

Esta tecnología es la más empleada en México, la cual usa preferentemente elementos de carga de concreto armado, los cuales son: cimientos, columnas, trabes y losas.

Los amarres se llevan a cabo con elementos que dan rigidez y pueden ser los castillos y las cadenas.

Los elementos de carga de concreto armado, deben ser calculados por un técnico en construcción.

### **a) Cimientos**

- Limpieza del terreno

Antes de realizar la cimentación, se realizará la limpieza del terreno donde se va a construir la casa, quitando basura, hierbas, restos de construcciones anteriores y en general la capa vegetal (30 a 40 cms. típicamente); retirando fuera de la obra ese material, ya que no sirve para rellenos.

Cuando se trata de una serie de casas o fraccionamiento, esta actividad se realiza con maquinaria.

Para definir el nivel de piso terminado, se rellena en capas de 10 a 15 cms. con tierra limpia humedecida o con la combinación de piedra chica y tierra limpia, y se compacta con un pisón de mano o con apizonadora manual.

- Trazo

Se marcan sobre el terreno los ejes (centro del muro) tomando como base uno de los lados colindantes de la vivienda.

Para realizar los trazos perpendiculares de los muros, se hace el uso de una escuadra o de la regla del triángulo rectángulo (3, 4, 5). El hilo de los ejes se pasa sobre los puentes de madera y se marca sobre ellos el ancho del cimiento.

Los puentes se colocan a 1m fuera de la excavación, después se marca el ancho de la zanja con cal sobre el terreno.

- **Excavaciones**

La excavación del terreno se puede llevar a cabo a mano o con maquinaria, dependiendo del tamaño y de la dureza del terreno, y la profundidad dependerá de acuerdo a la capacidad del suelo.

- **Cimentación**

Los cimientos son los apoyos que sirven para tomar el peso de la vivienda y transmitirlo al suelo de manera uniforme.

La cimentación puede ser corrida a base de concreto ciclópeo o mampostería con un 60% de concreto de  $f'c = 100 \text{ Kg. /cm.}^2$  y 40 % de piedra bola o caliza triturada de 4" a 10" de tamaño máximo. Se lleva una dala de contracimientto de 15x20 cm. con concreto  $f'c= 150 \text{ Kg. /cm.}^2$  llevando 4 varillas de 5/16" y anillos de 1/4" a cada 30 cm.

## **b) Columnas**

Son elementos estructurales muy importantes que reciben la carga de las trabes y de las vigas.

Se requiere de un cálculo preciso hecho por un técnico en construcción. Para su colado se utiliza concreto  $f'c= 200 \text{ Kg. /cm.}^2$  de resistencia mínima y grava de 3/4".

### **c) Trabes**

Son elementos estructurales que soportan las cargas de las losas o de otras vigas.

Las trabes de concreto armado deben ser calculadas por un profesional de la construcción, quien vigilará su armado y colado, ya que una falla sería fatal para la estructura de la casa.

El concreto que debe usarse será de  $f_c = 200 \text{ Kg. /cm.}^2$  y grava de 3/4". Los traslapes mínimos del acero serán de 40 veces el diámetro.

### **d) Losas**

Las losas que se emplean para este tipo de tecnología, pueden ser muy diversas, pero los más comunes son la losa de vigueta y bovedilla, y la losa maciza de concreto.

- **Losa de vigueta y bovedilla**

Este tipo de losa tiene la ventaja de construirse sin cimbra, porque al apoyarse las bovedillas en las viguetas, se cubre toda la superficie. Las semi-viguetas se apoyan sobre los muros o trabes, apuntalándolas provisionalmente.

Los elementos ligeros pueden ser bovedillas o dovelas, que se apoyan sobre las semi-viguetas; aligeran la losa y sirven de cimbra al concreto, colado en sitio. Una capa de electro-malla se extiende por toda la losa, sobre los elementos ligeros; para servir de refuerzo contra efectos de temperatura y como capa de compresión.

La losa queda unida a la estructura de los muros y los castillos mediante cadenas de concreto, que se cuelan sobre los muros del perímetro.

Sobre estos elementos se cuele el concreto, para que éste rellene las nervaduras y forme una capa de compresión sobre los elementos ligeros (el espesor debe ser de 4 cm. como mínimo).



- **Losa de concreto reforzado**

1. **Cimbrado:** se colocan puntales, los cuales reciben a las vigas mdrinas y estas a su vez a los polines que van colocado en forma trasversal, para después clavar tablas de 3/4" sobre estos. Los puntales van apoyados sobre un arrastre para que quede firme el cimbrado. Para evitar que el concreto se pegue a la cimbra, es necesario con anterioridad bañar la cimbra con aceite quemado. La unión de las tablas deben quedar a tope para evitar que el concreto escurra. La cimbra se debe retirar a los 15 días después de haber vaciado el concreto; o en caso de que se use aditivo acelerante, se puede retirar la cimbra en un tiempo más corto; es conveniente dejar puntales al centro del claro.
2. **Armado:** el armado de una losa se realiza con varilla corrugada, la cual debe ser con un  $f_y = 4200 \text{ Kg. /cm.}^2$ , formando una retícula en ambas direcciones. El diámetro y la separación de las varillas dependerá del cálculo previamente hecho por un profesional en la construcción, además que éste, debe revisar el armado, dobleces y traslapes.
3. **Colado y curado:** El colado puede hacerse mediante el acarreo de concreto en botes o por bombeo. El concreto debe tener la plasticidad necesaria para hacer manejable la revoltura. Es recomendable que las losas se cuelen de una sola pieza. El concreto para que tome su resistencia debe ser curado, una vez que ha fraguado (5 a 6 hrs.), deberá ser regado con agua constantemente. Esta actividad se debe hacer durante 4 o 5 días

#### **e) Muros**

En este tipo de tecnología, los muros pueden ser elaborados de dos tipos de materiales, ya sea de tabique recocido o de block de concreto curado a vapor.

Dentro de los muros de tabique recocido, existen diversos tipos y dependiendo de su forma de colocación, se pueden clasificar en:

- Al hilo: Es aquel muro donde los tabiques se colocan en sentido longitudinal, son útiles para soportar cargas mayores.
- Capuchino: Cuando se coloca por su cara angosta; y son empleados en divisiones pequeñas.
- A tizón: Cuando se colocan en sentido transversal, son útiles para soportar cargas mayores.
- Combinados: Cuando se alternan los tres tipos anteriores.
- Huecos: Cuando se deja en su interior una cámara de aire; se recomienda para climas extremos, trabaja como aislante del frío y del calor.

En todos los casos anteriores, es necesario cuatrapear los tabiques. Las dimensiones del tabique son de 7x14x28 cm.

El otro tipo de muro es a base de block de concreto el cual, es recomendable por sus condiciones aislantes del frío y del calor. Sus dimensiones son de 15x20x40 cms. con una resistencia mínima de 40 Kg. /cm.<sup>2</sup>

Antes de comenzar a desplantar el muro, se coloca después del cimiento una cadena de desplante con un  $f' c = 150 \text{ Kg. /cm.}^2$  armada con 4 varillas No. 3 (3/8") y estribos de alambón (1/4") a cada 30 cm. y/o con armex 15-20-4. La cadena de cerramiento tienen las mismas características que el de desplante.

Una vez terminada la cadena se inicia el desplante del muro, colocando la hilada en el sentido largo del block sentados con mortero cemento-arena en proporción 1:5 hasta llegar a la altura requerida. Se colocan castillos de concreto armado, estos se colocan de acuerdo a lo indicado en el proyecto con el fin de que se ligen y rigidicen verticalmente los muros. Los castillos tendrán una dimensión de 15x15 cm. empleando un concreto de  $f' c = 150 \text{ Kg. /cm.}^2$  elaborado en obra armado con 4 varillas del # 3 y estribos de alambón de 1/4" a

cada 30 cms. o similar de armex 15-15-4 los cuales son anclados a la dala de cimentación y a la losa.

#### **f) Escaleras**

Las escaleras sirven para unir dos o más niveles de un inmueble. Se pueden construir de madera, concreto o de acero.

La estructura de las escaleras de concreto una rampa de concreto armado con varilla del No. 2.5 (5/16") o No. 3 (3/8") y su espesor es de 10 cm.

- La huella no debe ser menor de 28 cm. El peralte será de 18 cm. como máximo.
- El ancho mínimo de la rampa debe ser de 90 cm. (Desarrollo urbano, 2001).

#### **g) Instalaciones**

##### **Eléctricas**

- Esta instalación se realiza con tubería de poli ducto y se usa cable TW #12 en contactos y TW # 14 para las salidas de lámparas.
- La tubería de la instalación eléctrica en losas estará de manera ahogada, por lo que debe instalarse antes de que se realice el colado de la losa.
- Para la colocación en los muros, se debe primeramente ranurar el muro, para después colocarlo, y por ultimo se recubre con mortero.
- La acometida será de tubo galvanizada de 32 mm. de diámetro de pared gruesa.

##### **Sanitarias**

- Se ejecutará dentro de las líneas, niveles y diámetros marcados en el proyecto.
- Las descargas de los muebles, bajadas de aguas negras y ventilas serán de tubería P. V .C. sanitarias, las conexiones serán del mismo material PVC.
- La pendiente mínima será del 2%.

- La descarga domiciliaria será de P. V .C. de 4" de diámetro.

#### Hidráulicas

- Se ejecutarán dentro de las líneas, niveles y diámetros marcados en el proyecto.
- Todas las alimentaciones de agua fría y caliente serán de cobre e irán instaladas por el muro y nunca en contacto directo a la tierra.

#### De gas

- Se usarán las mismas especificaciones de la instalación hidráulica dejando alimentaciones donde marque le proyecto.
- Se debe realizar pruebas de hermeticidad tanto en la instalación sanitaria, como las hidráulicas en firmas y losas, así como antes de entregar la vivienda.

## 2.- TECNOLOGÍA A BASE DE PANEL DE YESO

### Productos

Esta tecnología está basada en paneles de yeso y perfiles de acero galvanizado, algunas de sus aplicaciones son: en la construcción y remodelación de casas, condominios y edificios de hasta 4 niveles. Dentro de los productos de la tecnología a base de panel de yeso se tienen (Panel rey, 2001).

- Paneles de yeso estándar
- Paneles resistente al fuego
- Paneles resistente a la humedad
- Paneles para exteriores
- Paneles de cemento permabase
- Dens glass gold
- Panel OSB
- Perfiles de acero galvanizado
- Plafones

### **a) Panel de yeso estándar**

El panel de yeso consiste en un cuerpo de yeso formulado y procesado entre dos cartonillos; uno de color manila y otro color gris claro en su cara principal, el principal elemento que forma el cuerpo de panel es el yeso, sulfato de calcio bi-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), por lo que tiene una resistencia natural contra el fuego.

Para aumentar la resistencia al impacto y a la flexión, contiene fibra de celulosa y/o fibra de vidrio en su cuerpo.

Este tipo de panel se puede emplear para: (Panel Rey, 2001)

- Para construir muros divisorios y plafones en interiores, instalado sobre una estructura de acero galvanizado o de madera.
- Para detalles arquitectónicos (nichos, muretes, arcos, relieves, etc.).
- Es ideal para construcciones como casas, edificios de oficinas, centros comerciales, hoteles, restaurantes, etc.
- En cielos o plafones corridos de suspensión oculta.
- Como revestimiento de muros existentes de mampostería y otros.

### **b) Panel de yeso resistente a la humedad**

Su cuerpo está compuesto por materiales hidrofugantes, que lo hacen impermeable al agua. En su cara principal lleva un cartonillo encolado color verde, que le proporciona una mayor protección contra el agua; en su cara posterior lleva un cartonillo de color café. Se emplea principalmente en zonas húmedas, como baños, regaderas, cocinas, lavanderías, cuartos de limpieza u otras áreas expuestas a la humedad interior. Las áreas que por el funcionamiento del baño, cocina, etc. pudieran ser mojadas, se debe revestir con azulejo, mármol laminado o similares. No se recomienda para zonas donde es expuesto directo al agua o a una humedad alta (baños de vapor, saunas, albercas techadas, etc. (Panel Rey, 2001)

### **c) Panel de yeso para exteriores**

Formado con núcleos de yeso con mayor protección a la humedad y confinada entre dos cartonillos repelentes de agua. Colocado hacia el exterior, como base para recibir cualquier tipo de acabado, desde un aplanado hasta un recubrimiento de piedra o ladrillo.

### **d) Panel de cemento permabase**

Está formado por un núcleo de cemento aligerado entre dos capas de malla de fibra de vidrio. Se utiliza generalmente en áreas que están en contacto con el exterior o con la humedad, como son en muros exteriores, muros en fachada, alrededor de fregaderos, jardines, albercas, entre otros.

### **e) Dens Glass Gold**

En un panel con cubierta de fibra de vidrio resistente al agua, al fuego y más fuerte que los paneles de yeso convencionales. Se emplean en exteriores debido a su resistencia a los factores ambientales.

### **f) Panel OSB**

Es un panel de madera tratado con resinas para aumentar su resistencia a la humedad, además tiene una resistencia a la flexión homogénea en todas las direcciones, es empleado para techumbres inclinadas para recibir la teja asfáltica y aligerar el peso de la losa.

### **g) Perfiles de acero galvanizado**

Los perfiles de acero galvanizado reúnen dos cualidades, resistencia y durabilidad, por lo que representa el alma de la obra con esta tecnología. Debe resistir las fuerzas derivadas de cargas muertas (peso propio de los perfiles y peso de los materiales que la estructura sostiene) y las cargas vivas (presiones fuertes del viento y sismos, peso de nieve y de elementos de la naturaleza) que a través de ella se transmiten a la cimentación.

Los perfiles están elaborados por acero galvanizado de alta resistencia, con un  $F_y=2812 \text{ Kg. /cm.}^2$  Existen tres tipos de perfiles: (Catálogo de perfiles, 2001)

- 1) Perfiles para muros divisorios.
- 2) Perfiles para plafones corridos.
- 3) Perfiles estructurales.

### *1.-Perfiles para muros divisorios*

Los perfiles para muros divisorios, están diseñados para formar estructuras ligeras que resistan las cargas de trabajo normales de un muro divisorio, tales como estanterías, cuadros, espejos, gabinetes de cocina, etc.

Son usados para hacer estructuras de:

- Muros divisorios interiores
- Muros resistentes al fuego
- Muros divisores sencillos
- Muros resistentes a la humedad interior
- Muros termo aislantes
- Muros de resistencia múltiples

Otro uso de los perfiles es como estructura para la elaboración de cajillos, faldones, repisas, muretes, clósets, etc., son muy utilizados en detalles arquitectónicos que no reciben peso estructural.

### *2.-Perfiles para plafones corridos*

Los perfiles para plafones corridos son utilizados para formar la estructura (suspensión) sobre la cual se fijarán los paneles de yeso por medio de tornillos. Esta estructura se suspende del techo mediante colgantes y se apoya en los muros con un ángulo perimetral.

### ***3.-Perfiles estructurales***

Este tipo de perfiles son utilizados para formar la estructura principal que soportará las cargas de edificaciones, como son casas, condominios, centros comerciales, restaurantes, hoteles, oficinas, etc.

#### **h) Plafones**

Los plafones son también conocidos como techos o cielos falsos” los cuales son membranas que en la mayoría de los casos ocultan cableados, ducteria, vigas o partes de instalaciones y equipo que se encuentran en la parte superior del lugar.

Existen dos tipos de plafones que son los corridos y los registrables. (Plafones acústicos, 2001)

##### ***1.-Plafones corridos***

Los plafones corridos dan la apariencia de un techo más bajo, consiste en una superficie continua formada por una membrana monolítica, Pueden construirse plafones de uno o varios planos delimitados por líneas curvas, rectas o la combinación de ambas. Este tipo de plafones permite construir bóveda hemisférica, de crucería, de cañón corrido, de secciones poligonales o cualquier diseño de superficie curva.

##### ***2.-Plafones registrables***

Registrable significa que cada hoja o placa del plafón sirve de registro, tiene la característica de 'ser desmontable, por lo que permite el acceso a las instalaciones ocultas. La estructura que sostiene las placas, se conoce con el nombre de suspensión.



## **Propiedades**

### **a) Ligereza**

Los componentes que conforman al panel de yeso, son ligeros, incombustibles, duraderos y resistentes, por lo que permite un ahorro en estructuras y cimentación, así como en su transportación y maniobras.

### **b) Rapidez**

Por sus características el panel de yeso reduce el tiempo de ejecución de la obra, además la productividad en el trabajador aumenta.

### **c) Versatilidad**

Este tipo de tecnología se adapta a todos los estilos arquitectónicos, así como los detalles más difíciles.

### **d) Control de sonido**

Esta tecnología es muy buen aislante de transmisión de sonido, teniendo un valor STC (Sound Transmisión Class) entre 45 y 60 (el valor de un muro de block es de 45 STC).

## **Elementos estructurales**

### **a) Cimentación**

Es necesario para colocar muros de panel de yeso, contar con una superficie lisa sobre la que se colocara un canal C, esta superficie consiste en una losa de cimentación con una resistencia de concreto mínima  $f'c = 150 \text{ Kg. /cm.}^2$  y 10 cm. de peralte, y con cadenas perimetrales de 15x30 cm. armadas con varillas 3/8" y estribos del no. 2., la losa de cimentación debe estar reforzada con malla electro soldada 6x6-10/10. Las losas de cimentación son muy empleadas cuando se presentan suelos arcillosos o de baja capacidad de carga,

debido a que se pueden presentar asentamientos iguales y se evita la fractura en la estructura de la vivienda.

#### **b) Muros**

La construcción de muros de panel de yeso se logra colocando un bastidor de canales C fijados al piso y losa mediante tornillos especiales auto taladrantes, sobre estos canales se colocarán postes metálicos ligeros que tendrán orificios para el paso de instalaciones, la disposición de estos serán aproximadamente de 61 cm. de distancia uno a otro. Luego que el bastidor está terminado, se colocan las hojas de panel de yeso dependiendo del área y de los factores a los que estará expuesto, (e.g. si se está cerca de un área húmeda se colocará el panel de yeso resistente a la humedad) y como acabado final para darle la apariencia lisa y perder las uniones de los paneles se coloca una serie de cintas (prefacinta) con una mezcla de pasta especial. Es importante colocar esquineros de acero en las aristas que se queden expuestas para evitar daño directo al panel.

#### **c) Losas**

Una solución adicional a la tecnología que actualmente se conoce para entresijos y techumbres a base de concreto es realizado utilizando lamina acanalada rectangular, esto es comúnmente usado en áreas de estructuras de acero y que desean ser cubiertas, la construcción de este sistema se realiza colocando la lamina acanalada rectangular sobre una serie de vigas de la estructura principal, sobre esta lamina se verterá concreto  $f'c=150\text{kg/cm}^2$ , previamente armado con malla electro soldada 6-6/10-10 con espesor mínimo de 8 cm. como capa de compresión.

### **3.- TECNOLOGIA A BASE DE CONCRETO CELULAR AUTOCLAVEADO (CCA)**

#### **Productos**

El concreto celular autoclaveado (CCA) se elabora a partir de cinco materias primas: arena sílica, cal, cemento, yeso y agua combinadas con un agente expansor. El proceso de producción de concreto celular inicia cuando la arena sílica y el yeso se muelen a la granulometría requerida en un molino de bolas. Posteriormente, la arena sílica y el yeso molidos se mezclan con la cal y el cemento que son almacenados en silos, con agua y un agente expansor.

Estas materias primas son dosificadas automáticamente por peso. La mezcla se vacía en moldes metálicos en los cuales el agente expansor reacciona con los otros elementos. El agente mencionado se expande en la mezcla formando millones de burbujas o celdas de aire interdependientes y uniformemente distribuidas en la masa. En este punto, el producto pasa a un proceso de pre-curado por varias horas y después se transporta a la cortadora de hilos. El proceso de corte se realiza mediante hilos de acero, cortándose de la pieza inicial los elementos de construcción a las dimensiones requeridas. La consistencia del producto y la tecnología de corte dan como resultado piezas con tolerancias dimensionales de +/- 1.5 mm. La fase final del proceso de producción consiste en el curado del material, el cual se lleva a cabo en autoclave s a condiciones controladas de temperatura, humedad y presión. Tras 12 horas de curado, los elementos reciben un empaque y se transportan al almacén de producto terminado.

Los elementos empleados en el sistema constructivo a base de CCA son los paneles para losa, paneles para muro, peldaños y dinteles, tienen acero de refuerzo (elementos reforzados). El acero de refuerzo es liso y de alta resistencia. Los tramos de acero se cortan y se forma una malla de refuerzo electro soldada. Las varillas transversales desarrollan el anclaje entre el concreto y el acero longitudinal. La malla de refuerzo recibe un tratamiento

anticorrosivo acrílico base agua que asegura bastantes años de protección al acero, para colocarse después dentro del molde. El molde se coloca bajo la tolva de colado, y se repite el proceso descrito anteriormente. El hecho de ser un producto prefabricado (pre-cast), garantiza una calidad siempre uniforme.

### **Propiedades**

Los productos a base de CCA tienen propiedades como la exactitud dimensional de las piezas que componen este sistema, esta propiedad permite lograr una gran calidad en la construcción, lo que resulta en ahorros de material y tiempo de ejecución en la etapa de acabados. Entre otras propiedades se tienen: propiedades térmicas, resistencia al fuego, propiedades mecánicas y de diseño, propiedades acústicas, resistencia a la humedad, entre otras. (Contec Mexicana, 2001).

#### **a) Propiedades térmicas**

- Esta propiedad es un muy importante desde el punto de vista de temperatura interna de una construcción y depende en gran medida de las propiedades de aislamiento térmico de los elementos que componen los muros y losas.
- El CCA posee buenas propiedades de aislamiento térmico debido al aire incluido. Estas propiedades hacen que la mayoría de los casos no se requiera aislamiento térmico suplementario para tener una temperatura interior confortable.
- La temperatura interior en una construcción depende principalmente de la cantidad de calor que transmiten los muros y losas. El gradiente de temperatura es un elemento de la construcción que se obtiene dividiendo la diferencia de temperaturas entre la cara exterior y la cara interior, entre el espesor del elemento. La cantidad de calor que transmite el elemento es igual al producto del gradiente de temperatura y el coeficiente térmico "k".

- Este coeficiente representa la propiedad llamada conductividad térmica del material de construcción del que está compuesto el elemento. Entre menor sea el valor del coeficiente térmico "k", menor será la cantidad de calor que transmite el elemento y mayor será su poder de aislamiento térmico.
- La resistividad térmica o valor "R" de un elemento se define como el coeficiente del espesor del elemento entre el coeficiente de térmico del material. Para un elemento compuesto de varias capas de materiales, por ejemplo un muro con acabado exterior e interior, el valor total de "R" es la suma de los valores individuales "R" de cada capa. A mayor valor "R", mayor el aislamiento térmico que proporciona.

#### **b) Resistencia a la humedad**

- La estructura celular del material da a los productos una gran resistencia a la humedad.
- La mampostería tradicional (ladrillo de barro o block de concreto) se satura rápidamente ya que estos materiales ofrecen poca resistencia a la humedad debido a su alta porosidad y capilaridad.
- La estructura celular de los productos a base de CCA no favorece la absorción de humedad dado que no proporciona vasos comunicantes entre sí, esto ayuda a que el material no se sature a menos que se encuentre sumergido por un largo periodo de tiempo.

#### **c) Otras propiedades**

Esta tecnología tiene aparte otras propiedades muy importantes como son:

##### **Trabajabilidad**

- Los blocks de concreto celular se pueden cortar, perforar y ranurar fácilmente con herramientas manuales y/o eléctricas. Esto permite lograr una gran productividad en la realización de las instalaciones hidráulicas,

eléctricas y sanitarias ya que las distintas tuberías se pueden alojar en el material una vez construida la estructura.

- Los paneles de losa se pueden cortar y perforar dentro de ciertos límites para dar paso a ductos e instalaciones.

#### **Contracción por secado**

- A la salida del curado en autoclave, el concreto celular posee en peso hasta un 40% de humedad. Esta humedad se disipará gradualmente hasta alcanzar un valor de equilibrio, dependiendo de las condiciones ambientales donde se localice el proyecto. Como resultado de la pérdida de humedad, ocurre una contracción de secado, menor al 25%.

#### **Punto de fusión**

- La temperatura de fusión del concreto celular, al igual que otros productos de cemento, es de aproximadamente 1600 °c.

#### **Propiedades químicas**

- El concreto celular es alcalino, con un pH entre 9.0 y 10.5, Y no corroe otros materiales de construcción. Al igual que otros tipos de concreto, el CCA debe de protegerse de concentraciones elevadas de dióxido de carbono, sulfatos, cloruros, y ácidos fuertes.

#### **Toxicidad**

- El CCA no contiene sustancias tóxicas, ni emite olor. Ni la producción, ni el manejo, ni el desecho del-concreto celular presentan riesgos contra la salud o el medio ambiente.

#### **Elementos Estructurales**

La versatilidad y eficiencia de los elementos de esta tecnología hacen posible su uso en todo tipo de edificaciones. Este sistema constructivo reduce las tareas tradicionales, tales como habilitado de acero, uso de cimbras, colados ce

concreto, etc., y con ello permite el lograr rapidez y economía en la construcción. A continuación se detallan algunos aspectos de la construcción. (Contec mexicana, 2001).

#### **a) Cimentación**

Para cualquier proyecto con la tecnología a base de concreto celular se recomienda realizar un estudio de mecánica de suelos llevado a cabo por un laboratorio profesional y reconocido de tal manera de contar con los parámetros para el diseño de la cimentación.

Se deberán tener en cuenta las consideraciones necesarias para suelos expansivos, suelos de baja capacidad, rellenos, etc.

#### **b) Desplante de muros**

##### **1.-Firme de concreto**

Una vez terminada la cimentación, se recomienda construir primeramente el firme de concreto reforzado y después, desplantar los muros.

Una superficie de concreto terminado correctamente construida facilita el desplante de muros. Se recomienda el cuidado en el alineamiento de las fronteras perimetrales de cimbra, y un buen control de los niveles de la superficie del firme.

Algunos o la totalidad de los servicios (eléctricos, hidráulicos, etc.) se ahogará en el firme o losa de cimentación, y se conducirán hacia la localización definitiva. A fin de que las distintas tuberías se puedan alojar mediante ranuración en los muros de block, es necesario que las mismas se localicen dentro del espesor de los muros.

También es necesario que las subidas se localicen lo más cercano posible al patio de salida previsto para que la profundidad de la ranura no exceda un tercio del espesor del muro.

- 1.-Desplante de muros (Procedimiento constructivo)
- 2.-Limpiar el firme.
- 3.-Trazo y nivelación.

Ubicar cerca de la obra el equipo, los materiales y la herramienta necesaria.

- Colocar puentes, utilizando hilo para el desplante del block.
- Desplantar la primera hilada de block sobre una cama de mortero cemento- arena 1:4, corrigiendo el nivel de cada block colocado.
- Preparar el mortero adhesivo especial para la unión de block.
- Revisar el trazo de los ejes en muros de carga después de la colocación de la primera hilada de block, esto para evitar desfasamientos en los ejes de carga y cualquier problema al momento de montar los paneles.
- Asegurarse de cepillar la superficie de cada block donde se aplica el mortero adhesivo.
- Colocar el mortero adhesivo solo el área que corresponda al espesor del block.
- Retirar el adhesivo de las boquillas a fin de evitar escurrimientos en muros y su posterior limpieza.
- Revisar que el traslape de boquillas verticales entre block y block sea de 10 cm. como mínimo.
- Las laminillas conectoras deberán estar colocadas a cada 40 cm. (Estas laminillas se colocarán en la unión de muros con castillos de concreto, así como en las juntas de control).
- Ubicar y colocar juntas de construcción y/o control únicamente en donde las marquen los planos.
- Revisar el plomo de muros cuando menos cada cinco hiladas de block.
- Identificar el ajuste de apoyo de dintel.
- Identificar, suministrar y colocar los dinteles.



- Revisar que el enrase de block este a nivel con objeto de asegurar el apoyo de los paneles a nivel.

#### **c) Construcción de muros interiores**

La unión de los muros interiores o secundarios con los muros principales se puede realizar traslapando los block de ambos. Además, se tiene la opción de construir los muros principales primero y dejar la preparación para conectar los muros secundarios posteriores mediante el uso de laminas conectoras. Las laminas conectoras se colocan cada dos hiladas en los muros de block standard (a cada 40 cm.) y a cada hilada en block mini jumbo.

#### **d) Manejo y colocación de dinteles.**

Los barrotes se deben almacenar sobre tarimas de madera en una zona plana. Debe evitarse contacto directo con el terreno. Su colocación debe ser utilizando un mortero especial.

Previo a la colocación de un dintel se debe verificar que las zonas de apoyo se encuentren a un mismo nivel. La longitud mínima de apoyo para los dinteles identificados como no cargadores es de 11.5 cm. esta longitud varía de 20 cm. (claros hasta 1.2 mts.) o 25 cm. (claros hasta de 1.5 mts.) para dinteles cargadores.

Las longitudes de apoyo se deben marcar claramente sobre los muros para facilitar el montaje del dintel. Los dinteles se colocaran manualmente, situando previamente los andamios y respetando las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes.

#### **e) Manejo y colocación de peldaños de escalera**

Los peldaños de escalera se deben almacenar sobre barrotes o tarimas de madera en una zona plana del terreno. Se debe evitar almacenar los peldaños en contacto directo al terreno.

Los peldaños se surten a la obra en las dimensiones requeridas por el proyecto. Los peldaños de escalera se apoyan en ambos extremos sobre block de concreto celular. La longitud mínima de apoyo es de 5.0 cms.

Los peldaños se colocan preferentemente utilizando mortero especial. Previo a la colocación del peldaño, se debe verificar que las zonas de apoyo se encuentren a un mismo nivel. Igualmente, se podrá colocar el peldaño sobre una capa de mortero cemento-arena de espesor mínimo de 1 cm. los block de concreto celular se cortan para ajustar las zonas de apoyo en peralte y longitud. Las piezas de ajuste deben ser piezas independientes; no se debe utilizar piezas de ajuste cortadas en "L".

En la colocación de peldaños se debe respetar el desarrollo horizontal y vertical de la escalera. El peralte estándar es de 17.5 cms., para peraltes mayores se utilizan juntas de mortero cemento-arena entre cada peldaño.

Los peldaños de escalera se colocan manualmente y se nivelan con la ayuda de un martillo de goma. El barandal de la escalera se puede construir con block.

## **F) Instalaciones en muros**

### **Tuberías**

Las instalaciones para tuberías de diámetro pequeño en muros se realizan mediante corte y ranuración. La profundidad de cortes y ranuras no debe exceder un tercio del espesor del block. Una vez colocada la tubería, se deben resanar las ranuras utilizando mortero resanador especial, en caso de que la profundidad o espesor del resane sea mayor de 4 cms., se debe utilizar mortero cemento-arena y en caso de exceder 7 cms. se utiliza concreto normal.

En la primera hilada se requiere realizar un resaque en las piezas de block para acomodar la salida de tubería.

El block se presenta y se marca la posición de la salida de tubería y el ancho necesario para acomodar la misma.

El resaque se logra seleccionando este ancho mediante cortes sucesivos realizados con el serrucho o con sierra eléctrica. El material seccionado se retira utilizando el costado del serrucho o bien una llana metálica.

A partir de la segunda hilada, las instalaciones se realizan mediante ranuración utilizando un ranurador especial. Se recomienda que primeramente se trace sobre el muro la trayectoria de la tubería y después se procede a la ranuración. El ancho de la ranura deberá ser el mínimo requerido para alojar la tubería.

La longitud de ranuras horizontales en muros cargadores no deberá exceder de 1.0 mt., ni la profundidad de las ranuras excederá de un sexto el espesor del block en profundidad. Las tuberías de diámetros mayores se alojan en los muros realizando cortes en el block. Los espacios entre la tubería y el hueco se rellenan con mortero cemento-arena. Se recomienda un mínimo de 15 mm. de mortero cemento-arena alrededor de las bajantes pluviales y sanitarias para lograr un aislamiento acústico adecuado.

#### **g) Contactos y registros eléctricos**

El hueco para alojar en el muro las cajas de contacto y registro se puede ahuecar con la ayuda de un taladro eléctrico de baja revolución y una broca para concreto. El hueco se trabaja con la broca hasta lograr la forma deseada.

#### **h) Manejo y montaje de paneles de losa**

Los paneles de losa se entregan a la obra por el proveedor en paquetes conteniendo varios paneles flejados entre sí. Los paneles se descargan con la ayuda de una grúa y/o montacargas y se almacenan sobre barrotes o tarimas de madera en una zona plana del terreno. Se debe evitar almacenar los paneles en contacto directo con el terreno.

Los paneles de losa se surten a la obra en las longitudes y cortes requeridos por el proyecto. Un panel de este tipo no se debe cortar en obra.

El acero expuesto que pudiera existir se debe proteger con un recubrimiento anticorrosivo.

Los paneles de losa se apoyan sobre elementos cargadores o de cualquier material de construcción tradicional (tales como vigas de concreto o vigas metálicas). En todos los casos, los paneles se apoyan directamente sobre el elemento cargador, sin requerir mortero adhesivo.

El montaje de paneles de losa se realiza con la ayuda de una grúa. Se recomienda que el traslado y la instalación de paneles se realicen con la ayuda de unas tenazas.

#### **i) Colocado de juntas longitudinales y de anillo perimetral**

Tras la colocación de paneles se debe proceder a colocar hacer de refuerzo en las juntas o calles longitudinales entre cada panel y en el perímetro para formar en anillo perimetral de confinamiento. Se debe prever apuntalamiento en claros largos, cuando se prevean cargas importantes en los días inmediatamente posteriores al colado.

El mortero cemento-arena para colado de juntas longitudinales entre paneles debe tener un proporcionamiento 1:3 y un revenimiento entre 8 y 10 cm.

El concreto para colado de anillos perimetrales debe tener un revenimiento entre 10 y 12 cm. Las superficies de colado se deben humedecer antes de la colocación del concreto. El concreto se coloca y se compacta manualmente.

Las superficies se deben rebosar y afinar para lograr una superficie de losa lo más uniforme posible.

#### **j) Instalaciones en losas**

##### **1.-Eléctricas**

- Se pueden alojar tubería de  $D \leq 13$  mm. a través de ranuras por la parte inferior del panel en sentido longitudinal y en sentido transversal al panel en una longitud no mayor de 0.5 veces el ancho del panel.
- No se pueden realizar ranuras por la parte superior del panel en el sentido transversal.
- Para tuberías de  $D \leq 25$  mm., se puede alojar a través de las juntas longitudinales por la parte superior del panel.
- Para tuberías de  $D \leq 25$  mm., se puede ensanchar la junta longitudinal entre paneles por la parte inferior de los mismos.
- Se pueden definir áreas de corte por concepto de instalaciones eléctricas.

##### **2.-Hidráulicas y sanitarias**

#### **Opciones de instalación:**

- Por encima del panel: se debe dejar un escalón o un nivel de piso (relleno ligero) arriba del panel para esconder las respectivas líneas con sus pendientes especificadas.
- En medio del panel: se deja secciones de losa sólida o losa aligerada para ahogar instalaciones.

Por debajo del panel: se alojan las líneas por debajo del panel, utilizando tensores amarrados a la varilla de refuerzo de la junta entre paneles, o bien utilizando colgantes fijados con clavos.

#### **4.- SISTEMA STACK PARA VIVIENDA**

##### **MATERIAL: ACERO**

Este es otro enfoque y otra forma de atacar el problema de la vivienda flexible y su punto de partida es que el acero interviene como material de refuerzo en la construcción de viviendas, pero todavía no es tan demandado como elemento principal en este tipo de construcción, lo cual quizá se debe, en gran medida, a la idiosincrasia mexicana, que asocia la vivienda con un patrimonio familiar duradero y adjudica tal permanencia a las construcciones hechas con tabique y concreto.

De este modo, la utilización del acero estructural en la construcción habitacional se limita a edificios mayores para usuarios de alta capacidad económica, de aquí que las nuevas generaciones, particularmente de la clase media, muestran una mayor apertura a este material, por su significativa reducción de costos en comparación con los sistemas tradicionales.

En el caso de edificaciones menores, su uso se limita a secciones ligeras, pisos de concreto acero, ventanería estructural, varillas, así como mallas electro soldadas.

##### **VENTAJAS**

En tal sentido, actualmente se desarrollan sistemas que sustituyen castillos y trabes por columnas y largueros de acero para que la construcción sea más rápida, limpia y barata, entre 10 y 20% (según sus fabricantes). Tal es el caso del sistema Stack desarrollado y elaborado por Altos Homos de México (AHMSA) mediante la filial del mismo nombre, que puede modularse de acuerdo con las necesidades del usuario en un mismo nivel en sentido horizontal, o bien, para un segundo piso, en este caso, en sentido vertical.

Ya que fue diseñado para la autoconstrucción, cuenta con partes ligeras, de menos de 20 kg, fáciles de levantar por una persona. Su uso propicia el

trabajo de las constructoras y agiliza la ejecución, ya que, de acuerdo con el fabricante, el tiempo de instalación se reduce hasta en un 40 por ciento (según sus fabricantes).

## CARACTERISTICAS

Los muros pueden ser de block, tabique, panel o lámina , y el techo de concreto o también de lámina. La reducción del costo varía entre 10 a 20 por ciento.

La utilización de columnas, trabes, vigas, puertas y ventanas de acero aumentan la resistencia de la edificación a los sismos y no requiere mano de obra especializada.

Como conocimiento general, cabe mencionar que en la República Mexicana la capacidad de las industrias dedicadas a fabricar estructuras pesadas de acero es mayor que la demanda.

Sin embargo, en el caso particular de la vivienda ocurre lo contrario: es mayor la demanda que las capacidades de fabricación y esto incluye todos los sistemas constructivos.

## **DESARROLLO DE LA VIVIENDA EN MÉXICO.**

### **Necesidades**

Actualmente, México cuenta con un parque habitacional de 22.5 millones de viviendas. Promotores de la Vivienda AC (Provivac) estima que para el 2020 deberá casi duplicarse dicha cantidad con la construcción de 16.5 millones de casas más para abatir la demanda y el déficit existente en este rubro de la construcción.

Lo anterior se debe a que en el territorio nacional hay 53 millones de personas menores de 25 años que pronto demandarán un lugar propio para vivir. De ahí la urgencia por acabar con el déficit de la vivienda que, hasta finales de 1999, era de cinco millones 200 mil casas con una demanda generada por alrededor de 700 mil parejas que contraen matrimonio cada año, según estadísticas del INEGI.

Según los datos oficiales, para las próximas dos décadas habrá que construir anualmente 825 mil viviendas, incluida la construcción no formal, para poder abatir tanto el déficit como la demanda.

La cifra parece más que imposible, sobre todo si se realizan las siguientes estimaciones: para edificar 825 mil casas por año habría que construir 2,260 casas al día y contar con 150 millones de m<sup>2</sup> de reservas territoriales, por lo que es eminente la urgencia de delinear un plan nacional de vivienda en el que se integren las iniciativas financieras, sociales y políticas para el desarrollo del mismo.

Durante 1999, según estimaciones de Provivac, aproximadamente 350 mil viviendas se erigieron mediante la autoconstrucción —de esta cifra 110 mil asentadas de forma irregular— que, aunadas a las 292 mil construidas por el



sector formal, da la cifra de 642 mil viviendas. Como se observa, sólo 45.5% fueron hechas por los promotores.

No obstante, para los próximos años las constructoras planean incrementar el porcentaje de su participación a 85% y construir 700 mil de las 825 mil habitaciones proyectadas. El resto estaría en manos de la autoconstrucción.

### **Impacto Urbano**

Al involucrar problemas del diseño urbano, espacial y ambiental en un contexto limitado por costos, tiempo densidad, la vivienda de interés social es uno de los temas más difíciles para el diseño y la arquitectura.

La asociación de los grandes conjuntos de viviendas como espacios públicos hostiles y peligrosos es casi instantánea. De ahí, su reto urbano. La arquitectura de grandes bloques alineados produjo a lo largo de los años 60, 70 y 80 ejemplos poco afortunados tanto en México como en otras partes del mundo.

Con frecuencia los programas de mejora de vivienda se resolvieron con largos edificios que retomaban las ideas de Le Corbusier sobre la ciudad radiante, cuyo principal enunciado es el cambio de la estructura urbana existente por una más racional basada en trazos ortogonales. ([www.obrasweb.com](http://www.obrasweb.com))

Los ejemplos son numerosos, la vivienda prefabricada de la Rusia comunista, los new towns ingleses, las ciudades periféricas francesas, los megaproyectos en zonas centrales degradadas de las grandes ciudades de Estados Unidos, como Chicago o Nueva York. En muchos casos, el uso de estos conjuntos llevó a su abandono y decadencia. En Europa, la mayoría los ocuparon inmigrantes asiáticos o africanos; en Estados Unidos se han vuelto ghettos para los negros e hispanos.

Basta observar un instante la propuesta de Le Corbusier en 1929 para el centro de París, para comprender por qué se equivocó el enfoque: simplemente propone borrar toda la trama urbana y dejar algunos elementos importantes, sustituyéndola por una retícula de edificios altos.

Es indispensable comprender y aprender que la ciudad está compuesta de muchos accidentes construidos que le dan identidad, historia y jerarquía, y que un conjunto masivo de viviendas es en sí mismo una ciudad de diez, 15 o 20 mil habitantes. Las ciudades y pueblos inician su identificación con un nombre y la composición de los espacios públicos, después de siglos de habitar y transformar ese lugar, que si resulta exitoso, en todos los casos las ciudades persisten. Su forma es el resultado de la sobreposición y sobreconstrucción de una ciudad sobre la otra; incluso, tras eventos catastróficos como las guerras, maremotos, explosiones volcánicas y terremotos. Estos accidentes históricos que integran la estructura vial y espacial urbana no son siempre fortuitos ni agradables, aunque adquieran cargas de significado muy altas y resultan indispensables para formar un tejido urbano apropiable e identificable. ([www.obrasweb.com](http://www.obrasweb.com))

Conviene comprender que en los grandes conjuntos de viviendas —más de mil unidades— es importante la creación de un sistema de jerarquías, tanto urbanas como de uso del espacio al interior del conjunto, ya que —de hecho— se diseña una ciudad. Por lo tanto, se requieren los equipamientos comercial, de salud, de educación, de esparcimiento y de servicios para una comunidad, pero estos espacios no pueden ser solamente un área marcada con pintura o pasto.

Del mismo modo, debe haber una mezcla de diferentes tipos de vivienda y una jerarquización de su valor en función de la ubicación o conveniencia dentro de un mismo conjunto. En cualquier pueblo o ciudad habrá zonas más deseables que otras y se emplearán socialmente como un elemento de status, que a la vez articula su funcionamiento y provoca acciones determinantes para el crecimiento y operación.

El problema más importante de los conjuntos del siglo XX fue la falta de comprensión de estos elementos, que –adicionalmente– es casi imposible generar por una sola mente en un solo momento. Por ello, el reto urbano fundamental de este siglo será encontrar elementos que brinden cohesión social, espacial y de significado a los conjuntos de viviendas. Puesto que el modelo suburbano de desarrollo ha sido dominante en muchas de las ciudades, los conjuntos de viviendas del siglo XXI enfrentarán entre sus retos la rehabilitación y recuperación de edificios e incluso de zonas completas, cercanas al centro de las ciudades.

### **Impacto Arquitectónico**

Menos es menos. Menciona Hassan Fathy en su libro *La arquitectura para los pobres*, en el que afirma que la construcción con materiales industrializados orilló a la vivienda más económica a dimensiones ridículamente pequeñas, en las que sus habitantes no pueden desarrollar una vida sana personal, familiar ni social. Es curioso que las viviendas mínimas de hace 30 años con 60 m<sup>2</sup>, ahora se consideren viviendas medias, y que las normas admitan viviendas de hasta 42 m<sup>2</sup> y, en algunos casos, de menor área.

Por otra parte, existe una profunda contradicción en la obligación del adquirente de habitar toda su vida una vivienda subsidiada. La vivienda debe cambiar conforme cambian sus habitantes, lo que es evidente en los edificios de departamentos; uno pequeño puede ser suficiente para una pareja sin hijos en la que los dos trabajan, pero inadecuado para una familia con dos, tres o más niños.

La falta de *flexibilidad* de los diseños arquitectónicos para adaptarse a estos cambios ha generado que la vivienda multifamiliar se use solamente como un primer paso para la adquisición de un espacio propio, lo cual ocasiona el deterioro en los edificios, un mercado clandestino de viviendas subsidiadas en renta y una enorme cartera vencida de créditos irrecuperables.

Este fenómeno se presenta con menor intensidad en la vivienda unifamiliar, porque es más versátil que los edificios y tiende a modificarse rápidamente. Sin duda, ello ocasiona una alteración en la imagen de los conjuntos, pero —por otra parte—, garantiza su vigencia como unidades de habitación al mimetizarse de tal forma, que en algunos desarrollos con 20 o 30 años de antigüedad ya no es posible reconocer la base de las viviendas.

*De ahí que uno de los retos más importantes de los diseños arquitectónicos de viviendas de bajo costo en este siglo sea proveer la flexibilidad para adaptarse a los cambios familiares y sociales actuales y futuros de los núcleos urbanos.*

Pareciera fácil decir que sólo se debe hacer viviendas familiares, pero la solución no es tan directa, pues una consecuencia evidente de los desarrollos habitacionales unifamiliares de interés social en las periferias de las ciudades ha sido su increíble presión por una baja densidad sobre los servicios públicos de comunicaciones, transporte, agua potable, drenaje, educación y salud, entre otros. Cada nuevo desarrollo en la periferia ahoga más al centro del área urbana, con lo que no sólo falla en la promesa de una vida mejor para los compradores, sino que afecta severa y negativamente a los demás habitantes de la ciudad. ([www.obrasweb.com](http://www.obrasweb.com))

Es indispensable densificar las ciudades, sobre todo en las áreas con buena infraestructura y ubicación, pero mal aprovechadas e incluso abandonadas. Para esto, el reto es crear una vivienda de alta y media densidad que permita insertarse fácilmente en el tejido urbano al revitalizarlo para revertir la tendencia de la segunda mitad del siglo XX a un crecimiento cada vez más distante sobre los mejores campos agrícolas de los valles.

## **Impacto Ecológico**

Ciertamente, la forma salvaje y desordenada de crecimiento de la mayoría de las ciudades grandes y medianas ha repercutido en un deterioro ambiental muy acelerado y grave. Las nubes de polución que marcaron las metrópolis del siglo XX y que le han dado una fama muy negativa a las ciudades mexicanas en el nivel internacional, tienen su origen en una actitud indiferente e irresponsable ante el medio ambiente. El problema es de tal magnitud que, sin duda, afecta la salud de los habitantes y disminuye sensiblemente su calidad de vida.

Particularmente en México hay una tendencia a destruir y alterar la naturaleza sin ninguna consideración; no se toman en cuenta los cauces de arroyos y ríos, los árboles adultos, las superficies de captación de agua para el subsuelo, la topografía del sitio. Se parte de la idea que es más barato quitarlo todo, limpiar el terreno, hacer una plataforma plana y después llenarla de edificios y cemento. Al fin y al cabo, aquí la vida de un árbol o un animal, literalmente no vale nada.

Otro problema sumamente grave es el agua. Sólo se usa y se desecha contaminada y revuelta con toda clase de basura. Cuando hay más habitantes, lo único a hacer es traer más agua de donde se encuentre, aunque cada día es más difícil hallarla y más costoso acarrearla, siempre a costa de quitársela a otros que también la necesitan para beber, regar el campo o criar el ganado.

El agua no puede operar en un ciclo abierto y mucho menos en un conjunto habitacional, donde se emplean volúmenes enormes. Debe ser obligatorio el tratamiento de las aguas servidas, el reciclado para inodoros y otros usos no potables, la inyección del agua pluvial al subsuelo y la disposición de excedentes con la misma calidad que se recibe. Efectivamente, esto tiene un costo, pero el que pagamos todos por el despilfarro actual es alarmante: los lagos se secan, los ríos y arroyos están gravemente contaminados, el agua del

subsuelo se extrae a profundidades cada vez mayores y en muchas ciudades simplemente no hay agua suficiente para vivir dignamente.

Cabe entender que la naturaleza funciona en ciclos e inexorablemente las acciones de hoy tendrán consecuencias en el corto, mediano o largo plazos. Por ello, uno de los mayores retos de la vivienda de bajo costo para este siglo será establecer un equilibrio con la naturaleza, operar en ciclos más cerrados y permitir un desarrollo armónico del hombre con su medio ambiente

### **Impacto Tecnológico**

Dos revoluciones tecnológicas marcaron el siglo XX. La primera fue la línea de producción en serie, iniciada en las plantas automotrices de Ford, que llevó a un cambio radical en la manera de diseñar, construir, operar y comprar los objetos. Con ello, se modificaron los patrones de vida, las formas de la vivienda y el crecimiento de las ciudades, en parte porque los autos se volvieron más baratos y accesibles a una masa enorme de la población mundial.

Una vez superado el problema básico de producir un automóvil que la gente pudiera comprar, el diseño y la tecnología se enfocaron a elevar los estándares de seguridad, comodidad, economía, contaminación, y respuesta a los deseos y necesidades específicas de determinados segmentos del mercado.

Tal pareciera que estos conceptos no se han incorporado exitosamente a la producción en serie de viviendas de bajo costo. Los intentos de viviendas prefabricadas, tales como el Hábitat 67 de Moshe Safdie, o los bloques de los países socialistas, presentaron desventajas sobre los sistemas tradicionales al punto de no extenderse su uso. Por otra parte, es evidente la necesidad de mejorar los estándares de calidad, seguridad y confort, particularmente en las de menor costo.

Uno de los grandes retos tecnológicos es incorporar los conceptos en otros objetos de uso cotidiano comunes, al grado que resulta impensable elaborarlos de otro modo.

La segunda gran revolución del siglo XX fue la de la informática, herramienta que ha incidido en todas las actividades: trabajo, diversión, descanso, ahorro, viajes, etcétera. La revolución de la comunicación ocasiona que desarrollemos nuestra vida de una forma distinta, por lo que la vivienda del siglo XXI deberá considerar estos cambios en las actividades y las formas de vida.

En la actualidad todavía hay que desplazarnos al trabajo, la escuela, la tienda, la biblioteca o el cine. Sin embargo, hay una clara tendencia de que estas actividades se puedan hacer desde un mismo lugar que, de manera lógica, puede ser el hogar.

Surgen necesidades de nuevos espacios que generarán un uso intensivo de algunas áreas por toda la familia, una mayor necesidad de espacio abierto, áreas verdes y esparcimiento dentro o alrededor de la vivienda. Así mismo, conviene pensar en un mobiliario distinto, en más instalaciones de comunicación y eléctricas, y requerimientos mayores de iluminación natural y ventilación, entre otros.

Los retos tecnológicos son muy grandes y demandarán que se transforme tanto la vivienda como la sociedad en la que se ubican. Basta pensar cómo eran los espacios a principios del siglo XX para comprender la magnitud de los cambios previstos para los próximos años. En conclusión, cabe afirmar que estos retos deben enfrentarse con nuevos conceptos urbanos, arquitectónicos, ambientales y tecnológicos que den forma a la vivienda del nuevo milenio.

### **Evolución de la ciudad.**

En un análisis de la evolución de la arquitectura y de los cambios sucedidos en el siglo XX destaca el avance técnico que permitió modificar los sistemas constructivos y liberar al diseño de sus limitantes físicas.

Con ello, el rascacielos se convirtió en el protagonista de las grandes ciudades, donde se concentra la población para realizar una gama cada vez más variada de actividades.

Sin embargo, el resultado no fue del todo feliz. La necesidad de dotar de un hábitat a un gran número de personas, en un corto plazo y en áreas reducidas, provocó la generación de lugares monótonos, confusos, vulgares y agresivos que aislaron al hombre de la naturaleza y lo sometieron cotidianamente al estruendo y la aglomeración. Ésta última, paradójicamente, produjo fuertes sentimientos de soledad y angustia que frecuentemente se tradujeron en patologías sociales, tales como acciones violentas y delincuencia generalizada. ([www.obrasweb.com](http://www.obrasweb.com))

Esta acelerada urbanización de la población alentó el crecimiento de las ciudades. La vivienda masiva adquirió importancia como sujeto de la arquitectura y modificó su concepto tradicional, considerado anteriormente sólo como expresión artística. El hecho, unido al nacimiento del diseño como una disciplina y a la aparición de sus teorías y metodologías, sustentó los cambios en la práctica y la enseñanza de la arquitectura.

El inicio del siglo fue testigo de la primera modificación relevante, representada por la rebelión antiacadémica, que se sintetizó en la oposición de privilegiar únicamente el aspecto estético, basado en los cánones estilísticos de épocas pretéritas como la directriz principal del diseño arquitectónico.

La respuesta, posteriormente conocida como funcionalista, se originó en el desarrollo del diseño en instituciones como Werkbund, asociación de arquitectos



e industriales fundada en Alemania en 1907, y de la cual surgió como principio rector la reducción intencional de las formas a modelos geométricos básicos, concepto que complementó los postulados de Wright, quien ya en 1901 había declarado: "La máquina y la producción industrial son instrumentos y elementos importantes del proceso de diseño". Estas opiniones se consolidaron con las ya muy conocidas aportaciones de Gropius, Mies van der Rohe y Le Corbusier, quienes en conjunto con otros arquitectos conformaron el estilo funcionalista o racionalista que se expandió por todo el planeta, estandarizando las soluciones formales y el uso de materiales y procesos de construcción.

En la década de los sesenta surgieron los primeros cuestionamientos a esta corriente, que se originó para resolver los requerimientos del ser humano común y terminó por ser un estilo estético más en el que la inquietud individual o colectiva de los usuarios no era considerada.

Desde la aparición del famoso Manifiesto de Venturi en 1963 se han originado múltiples y diversas corrientes que enfatizan uno o varios aspectos de la arquitectura como lineamientos para el diseño. Así, se tienen las propuestas de Jencks, Alexander, Broadbent y Rubert de Ventos, por sólo mencionar a algunos.

Para lograr la armonía entre la solución de las necesidades integrales de los individuos y de las sociedades, en los edificios y en las ciudades, es preciso conocer las características de ambos y asumirlos como sujetos del quehacer arquitectónico.

Por ello, al conocer los atributos de la sociedad, se pueden inferir los rasgos culturales de los miembros de una comunidad. De esta manera se puede concluir que el estudio de las sociedades permitirá al arquitecto conocer y resolver todos los requerimientos espaciales.

La explicación a la diversidad de enfoques y respuestas formales que se encuentra en las construcciones representativas de este siglo puede hallarse, tal vez, en la asincronía entre la evolución ideológica, económica y social de la cultura occidental y las teorías que han sustentado la creación arquitectónica.

Ejemplo notable de lo anterior es el concepto de modernidad acuñado desde el Renacimiento, cuando el hombre decidió que la razón era un máximo atributo con el que contaba para dominar a la naturaleza. La racionalidad se convirtió en la base del desarrollo tecnológico y la evolución científica actuales, que han logrado traspasar las fronteras de nuestro sistema solar, pero que no han sido suficientes para proveer tanto de alimento como de albergue digno a la mayor parte de la población de los países pobres, ni evitar la degradación moral en las economías más poderosas.

Ante esta situación de incongruencia, en los años veinte Max Horkheimer y Theodor Adorno, miembros de la Escuela de Frankfurt, iniciaron una corriente conocida como "pensamiento posmoderno" —continuada por otros filósofos como Lyotard y Habermas—, cuyo común denominador es que la razón no es suficiente para alcanzar el bienestar integral del ser humano.

Es evidente que la denominación de arquitectura moderna está relacionada con la manera racionalista de concebirla, y es también cierto que las posiciones contrarias a este modelo, llamadas en general posmodernas, se refieren a la oposición ideológica al paradigma de la modernidad. Sin embargo, el concepto de modernidad arquitectónica empieza a ser desarrollado cuando se inicia la demostración de los errores del racionalismo. No es sino cuatro décadas después, cuando la crítica de la arquitectura hace notar las limitaciones del predominio de la razón en el diseño arquitectónico, que tampoco fue capaz de proporcionar espacios para el bienestar total de sus habitantes, principalmente en las respuestas masivas de vivienda.

Este ejemplo de falta de sincronía sirve para manifestar la importancia de conocer las características de la sociedad en la que se ha de crear la arquitectura del nuevo milenio, aun cuando los cambios en todos los órdenes se realizan cada vez con mayor velocidad y aparecen variables inéditas, tales como el desarrollo de las tecnologías de información, que modifican radicalmente las actividades humanas y sus requerimientos de espacio.

De acuerdo con procedimientos y equipos actualmente en uso, las personas podrán trabajar, educarse, comprar, hacer operaciones bancarias, adquirir información y entretenimiento desde su computadora personal, sin necesidad de desplazarse ni tener un mismo horario.

Bajo este panorama todos los escenarios se modificarán, pues ya no será tan importante, por ejemplo, construir automóviles que no consuman energéticos no renovables; un sencillo sistema de transporte público será capaz de resolver el reducido flujo de usuarios que necesiten desplazarse. También se verá disminuida la necesidad de construir grandes edificios de oficinas, centros escolares, comerciales y de recreación, así como las complejas vialidades que caracterizan a las grandes metrópolis que se gestaron en este siglo. (Apuntes de Historia de la arquitectura y la ciudad, ITESM, 2002)

## BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

- ASCE (American Society of Civil Engineers). Constructability Journal, consultado Marzo 2004. Base de datos Tecnológico de Monterrey.
- Alarcón, Luis (1993) *Modeling waste and performance in construction. Lean construction.* Editorial Balkema.
- Allen, Edward. (1993). *Architectural Detailing Function, Constructability and Aesthetics.* Wiley.
- Arballo Osuna, Arcelia C. (2001) Tesis: Constructabilidad aplicada a las etapas de planeación y diseño con el fin de disminuir el desperdicio de recursos en la etapa de construcción, ITESM, Monterrey, México.
- BIMSA CMDG (2001) *Bimsa-costos.* BIMSA CMDG S.A. DE C.V.
- BIMSA CMDG (2004) *Cost reports by BIMSA.* BIMSA CMDG S.A. DE C.V.
- Bryson, RD. (1984) *Constructability Lessons from Recent Projects,* ASCE.
- Castro, Juan Eduardo (2001) Tesis: Constructabilidad aplicada en edificación, ITESM, Monterrey, México.
- CII (Construction Industry Institute) 1987. *Guidelines for Implementing a Constructability Program.*
- CMIC (Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción). 2000. *Indicadores económicos de la construcción en México.*
- Contec Mexicana (2001) *Manual de curso de supervisión y montaje.*
- Fisher J., Deborah (1995). *The knowledge process. Lean Construction,* Alarcón, Luis. Editorial Balkema.
- Fomento y Desarrollo Urbano (2001) *Fichas técnicas.*
- García, Salvador (1999) *Apuntes de Construcción Sostenible.* Departamento de Ingeniería Civil. ITESM.
- Hernández Sampieri, Roberto. (1998) *Metodología de la Investigación (segunda Edición).* México. McGraw-Hill.
- *Indicadores Sociodemográficos de México 1930-2000.* INEGI Primer Trimestre 2004.

- Koskela, Lauri (1993) Lean production in construction. Lean construction, Alarcón, Luis. Editorial Balkema.
- Koskela, Lauri (1992) Application of the new production philosophy to construction. Lean Construction, Alarcón, Luis. Editorial Balkema.
- Lobato Paz, José Luis (1999) Tesis: Diseño de matrices para el aseguramiento de calidad en un proyecto de vivienda de interés social, ITESM, Monterrey, México.
- Oberlender, Garold D (2003) Project Management for Engineering and Construction. McGraw Hill. Second Edition.
- O'Connor J.T. y Tucker R.L. (1983). Improving Industrial Project Constructability, CII (Construction Industry Institute).
- O'Connor J.T. y Davis V.S. (1987) Constructability During Field Operations. CII (Construction Industry Institute).
- Panel Rey (2001) Manual Técnico. Panel Rey Sistemas constructivos.
- Procter & Gamble, Building Manual Engineering Division.
- Public Technology Institute. (1996). Sustainable Building Technical Manual.
- Tatum C.B., Vanegas J.A. y Williams J.M. (1986) Constructability during Conceptual Planning. CII (Construction Industry Institute).
- Santillán Castrellón, Erick de Dios (2002) Tesis: Comparativa técnico - económica de las tecnologías actuales empleadas en la construcción de viviendas. ITESM, Monterrey, México.
- Schmelkes, Corina (1998). Manual para la Presentación de Anteproyectos e Informes de Investigación. Segunda Edición. México, Oxford University Press.
- Suárez Salazar, Carlos (2001) "Costo y tiempo en la edificación" Tercera edición, Editorial Limusa.
- Womack, James (1992) La máquina que cambió el mundo, Mc Graw Hill.
- [www.obrasweb.com](http://www.obrasweb.com) (consultado los días 3-15 de Julio de 2004).
- [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx) (consultado el día 25 de Noviembre de 2004).

## GLOSARIO

## GLOSARIO

- *Cocina*: Cuarto de la vivienda utilizado para cocinar o calentar los alimentos, independientemente de que tenga otros usos.
- *Cocina exclusiva*: Cuarto de la vivienda utilizado para cocinar o calentar los alimentos y que no se usa para dormir.
- *Cocina-dormitorio*: Cuarto de la vivienda que además de ser utilizado para cocinar o calentar los alimentos, se usa también para dormir.
- *Construcción tradicional*: Sistema de construcción a base de tabique, ladrillo o block unidos con mortero y estructura de concreto armado.
- *Construcción no tradicional*: Sistema de construcción generalmente experimental y poco utilizado en nuestro país.
- *Constructabilidad*: Diseño sensible a la etapa de construcción.
- *Cuarto*: Espacio de la vivienda delimitado por paredes fijas y techo de cualquier material, destinado al alojamiento de personas, en donde se desarrollan diversas actividades de la vida familiar; los baños, patios, azotenuelas, cocheras o garajes no son considerados como cuartos de la vivienda.
- *Dormitorio*: Cuarto de la vivienda que se utiliza principalmente para dormir.
- *Lean Construction*: Construcción sin pérdidas, optimización de recursos.
- *Minimalismo*: Corriente de diseño arquitectónico basada en la utilización de elementos en su mínima expresión.
- *Prefabricado*: Elemento constructivo producido bajo condiciones altamente controladas, generalmente en una planta de producción.
- *Sinergia*: Generación de un resultado mayor a la suma de cada uno de los elementos de forma independiente.  $1+1=3$ .
- *Sistema constructivo*: Medio para la edificación basado en estructura, divisiones, cubierta e instalaciones.
- *Tenencia de la vivienda*: Situación legal o de hecho en virtud de la cual los ocupantes habitan la vivienda. Se considera únicamente la propiedad de la

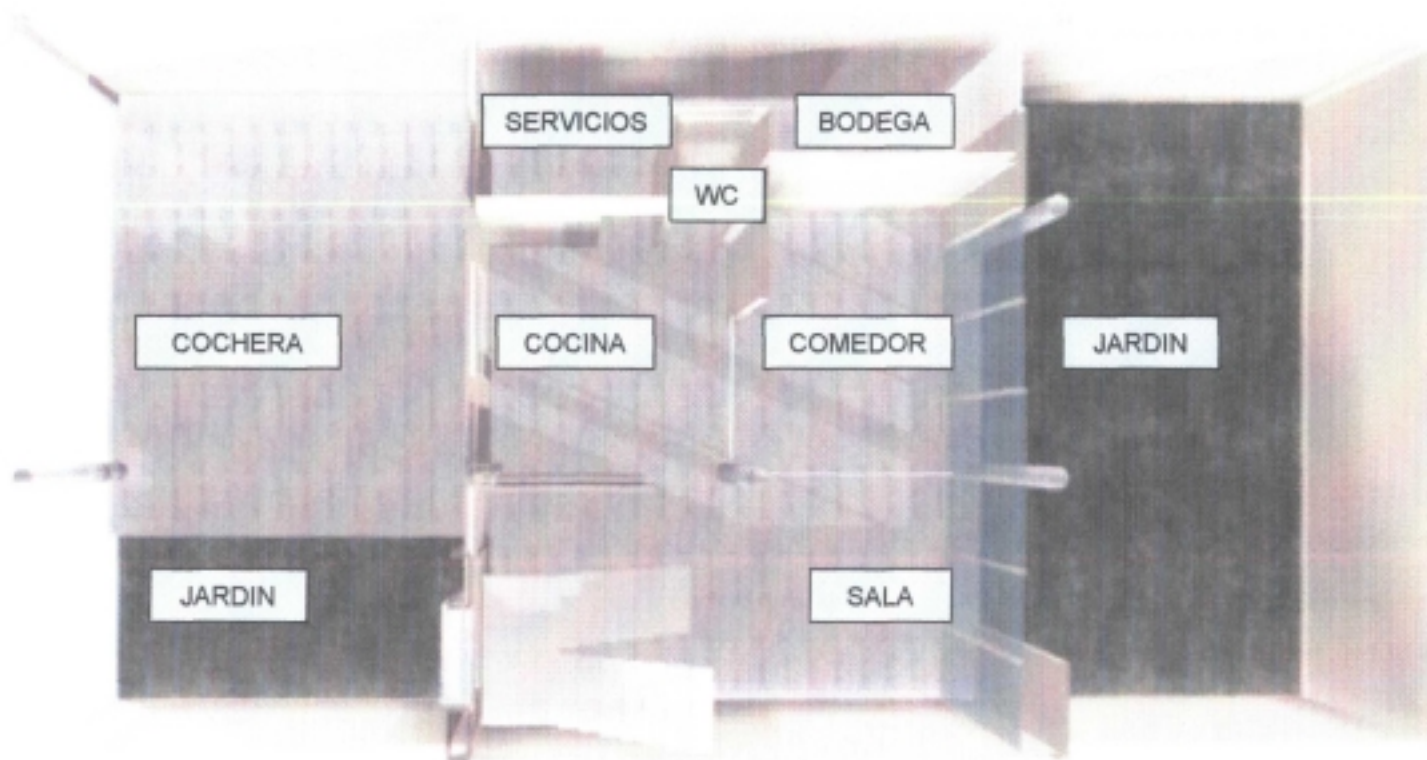


vivienda sin importar la del terreno. Se clasifica en: propia, sea que esté pagándose o ya pagada, o bien, en otra situación y no propia, que puede ser rentada, prestada o en otra situación.

- **Vivienda:** Espacio delimitado normalmente por paredes y techos de cualquier material, con entrada independiente, que se utiliza para vivir. (Se considera entrada independiente al acceso que tiene la vivienda por el que las personas pueden entrar o salir de ella sin pasar por el interior de los cuartos de otra). Cabe mencionar que cualquier espacio delimitado que en el momento del Censo se utilice para alojamiento, aunque haya sido construido para un fin distinto al de habitación se considera como vivienda.
- **Vivienda flexible:** Aquella vivienda que puede crecer y transformarse.
- **Vivienda económica:** de acuerdo al INFONAVIT, aquella cuyo costo no sea mayor a 150,000 pesos. En realidad se considera un pie de casa.
- **Vivienda de interés social:** Construcción con los requerimientos mínimos para el confort del usuario. Hasta 100 m<sup>2</sup>.
- **Vivienda de nivel medio:** Construcción que cuenta con espacios básicos más áreas de recreación, entretenimiento y cocheras. Aproximadamente de 100 a 250 m<sup>2</sup>.
- **Vivienda residencial:** Construcción mayor a 250 m<sup>2</sup>, que cuenta con espacios básicos, áreas de recreación, entretenimiento, cocheras e instalaciones y acabados de lujo.
- **Vivienda particular:** Vivienda destinada al alojamiento de una o más personas que forman uno o más hogares. Se clasifican en: casas independientes, departamentos en edificios, viviendas en vecindades, cuartos en azoteas, locales no construidos para habitación, viviendas móviles y refugios.

**ANEXOS**

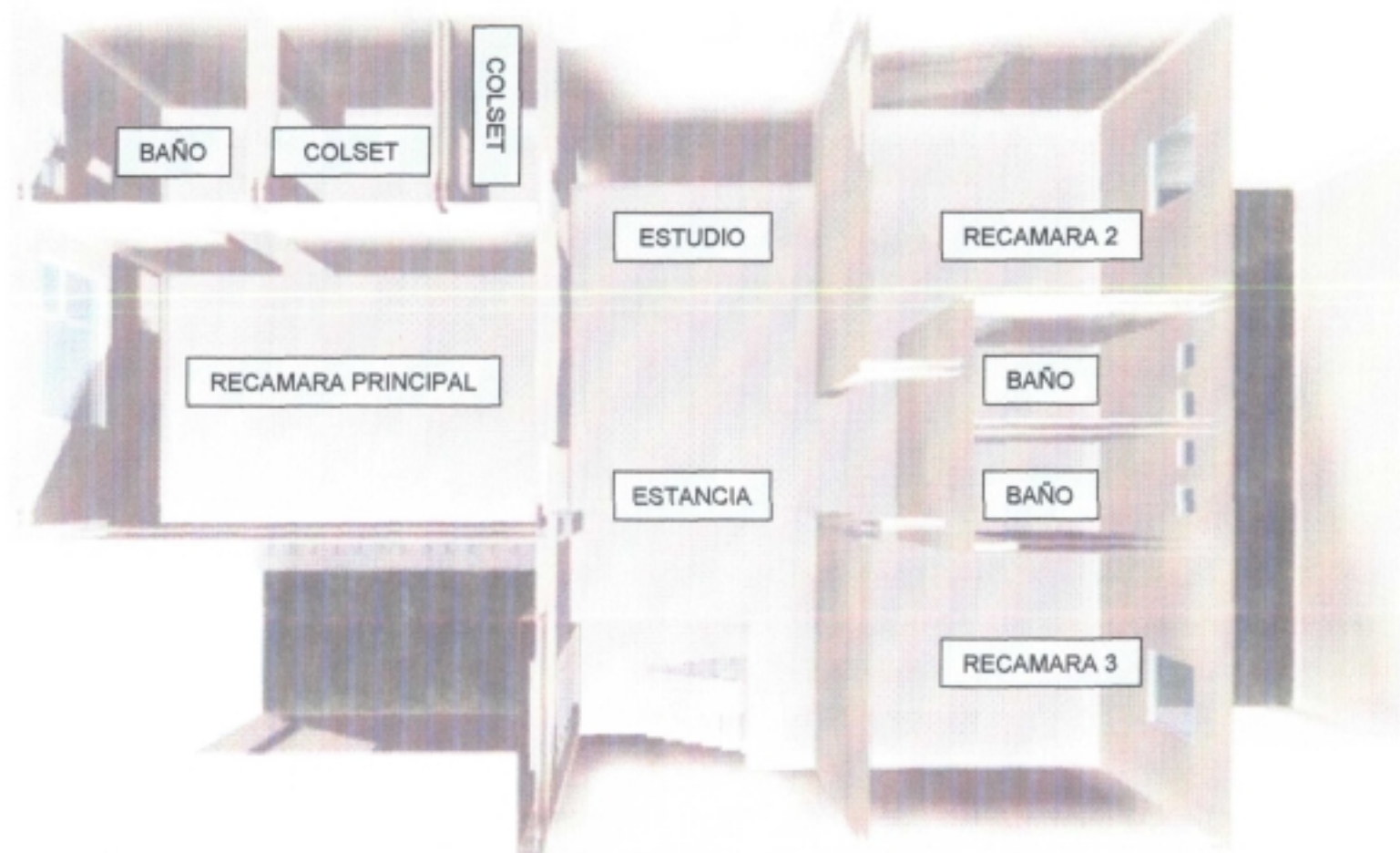
# CASO DE ESTUDIO: PROTOTIPO DE VIVIENDA



ANEXO I

PLANTA BAJA / 104 M<sup>2</sup>

## CASO DE ESTUDIO: PROTOTIPO DE VIVIENDA



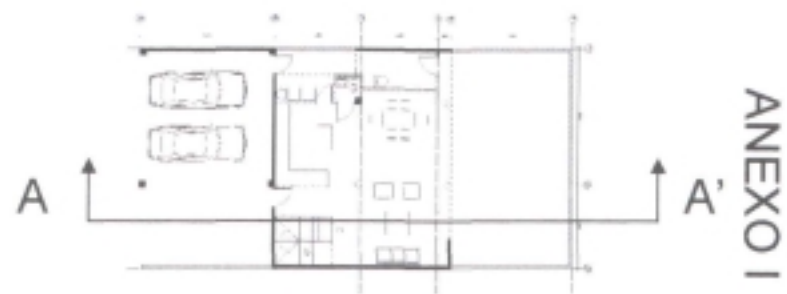
ANEXO I

# CASO DE ESTUDIO: PROTOTIPO DE VIVIENDA

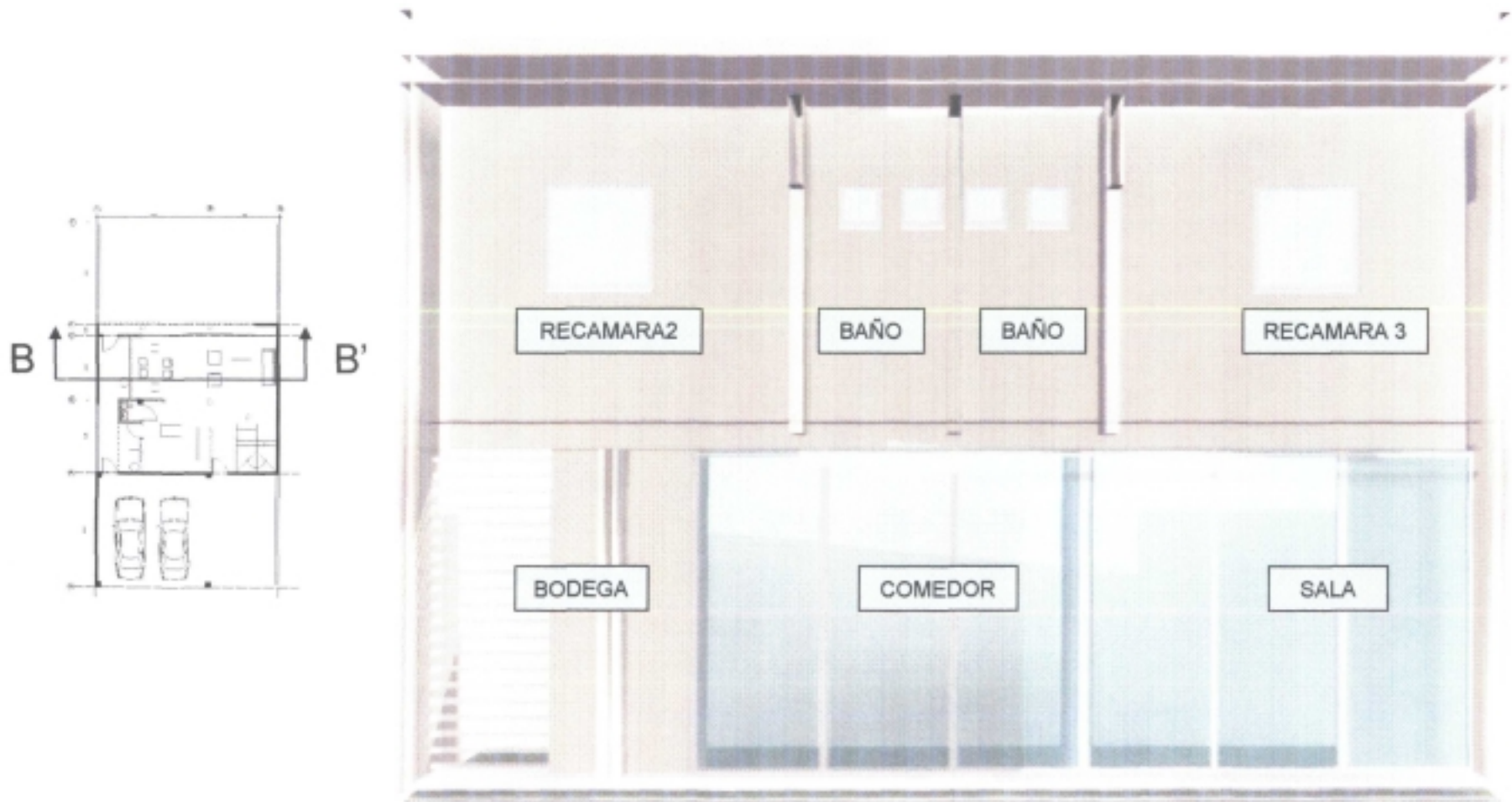


109

**CORTE LONGITUDINAL**



# CASO DE ESTUDIO: PROTOTIPO DE VIVIENDA



CORTE TRANSVERSAL

ANEXO I

## CASO DE ESTUDIO: PROTOTIPO DE VIVIENDA



ELEVACIONES

## CASO DE ESTUDIO: PROTOTIPO DE VIVIENDA





PRESUPUESTO (POR ENSAMBLES) DE ACUERDO A UNIFORMATO	CANTIDAD	UNIDAD	P. U.	IMPORTE	RENDIMIENTO X JORNADA	TIEMPO
<b>1 CIMENTACION</b>						
Excavación a máquina en material tipo "B" seco cepas 0 a 2 mts. incluye: afloje, extracción, amacice, limpieza de plantilla y taludes, medida en banco.	80.00	m <sup>3</sup>	\$ 93.58	\$ 7,486.40	40.00	2.00
Compactación de terreno natural material "B" 20 cm de espesor al 90% proctor en area de desplante de terraplenes, incluye: escarificación, mezclado y tendido.	120.00	m <sup>2</sup>	\$ 7.81	\$ 937.20	156.25	0.77
Zapata corrida concreto f <sub>c</sub> =200kg/cm <sup>2</sup> de 80 cm de ancho, 10-20 cm de peralte, habilitado de 65 kg de acero 1/2" x m <sup>3</sup> de concreto. Incluye: plantilla de 5 cm. de espesor y cimbra.	12.00	m <sup>3</sup>	\$ 2,754.56	\$ 33,054.72	12.76	0.94
<b>FIRMES Y PISOS DE CONCRETO</b>						
Piso de concreto armado f <sub>c</sub> =200 kg/cm <sup>2</sup> de 10 cm. hecho con revoladora, refuerzo de malla electrosoldada 66-1010, incluye: acarreo a 1a. Estación a 20 m.	104.00	m <sup>2</sup>	\$ 169.35	\$ 17,612.40	11.19	9.29
<b>2 SUBESTRUCTURA</b>						
Dala de desplante, sección 15x20cm, concreto f <sub>c</sub> =150kg/cm <sup>2</sup> , reforzada con 4 varillas de 3/8" y estribos 1/4" @20 cm, cimbrado común.	48.00	m	\$ 143.12	\$ 6,869.76	13.87	3.46
Dala de desplante, sección 15x30cm, concreto f <sub>c</sub> =150kg/cm <sup>2</sup> , reforzada con 4 varillas de 3/8" y estribos 1/4" @20 cm, cimbrado común.	38.00	m	\$ 182.12	\$ 6,920.56	13.26	2.87
Dala de desplante, sección 20x30cm, concreto f <sub>c</sub> =150kg/cm <sup>2</sup> , reforzada con 4 varillas de 3/8" y estribos 1/4" @20 cm, cimbrado común.	10.00	m	\$ 209.78	\$ 2,097.80	12.05	0.83
Dala de liga, 12 x 15 cm concreto f <sub>c</sub> =200kg/cm <sup>2</sup> con 4 varillas 3/8", estribos de 1/4" @20cm cimbra común.	12.00	m	\$ 142.97	\$ 1,715.64	11.75	1.02
<b>3 SUPERESTRUCTURA</b>						
<b>LOSAS Y TRABES</b>						
Trabe de 40 x 60 cm de concreto f <sub>c</sub> =250kg/cm <sup>2</sup> en superestructura, incluye: cimbra común, habilitado 140 kg de acero 5/8" y 1/2" x m <sup>3</sup> de concreto.	2.88	m <sup>3</sup>	\$ 4,077.06	\$ 11,741.93	2.00	1.44
Losa nervada de 30 cm de peralte a base de concreto hecho en obra f <sub>c</sub> =250kg/cm <sup>2</sup> armado en nervaduras con varilla corrugada del No. 3 y capa de compresion con malla electrosoldada 66-1010	220.00	m <sup>2</sup>	\$ 359.49	\$ 79,087.80	59.88	3.67
<b>COLUMNAS</b>						
Columna circular 40 cm diámetro concreto f <sub>c</sub> =200kg/cm <sup>2</sup> , habilitado en super estructura 190 kg de acero 5/8" y 1/2" x m <sup>3</sup> de concreto. Incluye: cimbra aparente con sonotubo rojo.	2.50	m <sup>3</sup>	\$ 5,181.10	\$ 12,952.75	2.00	1.25
Columna 30 x 30 cm concreto f <sub>c</sub> =200kg/cm <sup>2</sup> , habilitado en super estructura 190 kg de acero 5/8" y 1/2" x m <sup>3</sup> de concreto. Incluye: cimbra aparente.	2.00	m <sup>3</sup>	\$ 5,876.73	\$ 11,753.46	2.00	1.00
<b>ESCALERA</b>						
Rampa escalera 15 cm espesor concreto f <sub>c</sub> =200kg/cm <sup>2</sup> en estructura hasta 3.5m de altura, incluye: cimbra común, habilitado de 95 kg de acero 3/8" x m <sup>3</sup> de concreto	2.50	m <sup>2</sup>	\$ 554.50	\$ 1,386.25	11.00	0.23

**4 CUBIERTA EXTERIOR VERTICAL**

<b>FACHADAS</b>						
Muro de block de concreto mediano 12x20x40 cm, 12 cm de espesor, asentado con mezcla de mortero plasto-cem-arena 1:5 con refuerzo de escalerilla a cada 2 hilaas, juntas de 1 cm, acabado común, hasta 3.5m de altura.	65.00	m <sup>2</sup>	\$ 119.42	\$ 7,762.30	14.71	4.42
Castillo de 10 x 20 cm concreto f <sub>c</sub> =200kg/cm <sup>2</sup> normal agregado 3/4" con 4 var 3/8" y estribos 1/4" @20 cm, incluye: cimbra común 3 caras y acarreo a 20 mts.	68.00	m	\$ 143.46	\$ 9,755.28	11.45	5.94
Aplanado fino en muros con mortero de cem-are 1:5 2.5 cm de espesor hasta 3 m de altura incluye pulido con plana y acarreo.	132.00	m <sup>2</sup>	\$ 96.53	\$ 12,741.96	10.53	12.54
Repellado muros mortero cem-are 1:5 2 cm de espesor hasta 3 m de altura	132.00	m <sup>2</sup>	\$ 57.01	\$ 7,525.32	14.93	8.84
<b>COLINDANCIAS</b>						
Muro de block de concreto mediano 12x20x40 cm, 12 cm de espesor, asentado con mezcla de mortero plasto-cem-arena 1:5 con refuerzo de escalerilla a cada 2 hilaas, juntas de 1 cm, acabado común, hasta 3.5m de altura.	98.00	m <sup>2</sup>	\$ 119.42	\$ 11,703.16	14.71	6.66
Castillo de 10 x 20 cm concreto f <sub>c</sub> =200kg/cm <sup>2</sup> normal agregado 3/4" con 4 var 3/8" y estribos 1/4" @20 cm, incluye: cimbra común 3 caras y acarreo a 20 mts.	30.00	m	\$ 143.46	\$ 4,303.80	11.45	2.62
Aplanado fino en muros con mortero de cem-are 1:5 2.5 cm de espesor hasta 3 m de altura incluye pulido con plana y acarreo.	196.00	m <sup>2</sup>	\$ 96.53	\$ 18,919.88	10.53	18.61
Repellado muros mortero cem-are 1:5 2 cm de espesor hasta 3 m de altura	196.00	m <sup>2</sup>	\$ 57.01	\$ 11,173.96	14.93	13.13
<b>5 TECHOS</b>						
Entortado en azoteas mortero cem-are 1:6 de 6 cm de espesor sobre relleno	104.00	m <sup>2</sup>	\$ 121.10	\$ 12,594.40	10.00	10.40
Gotero losa aparente chaflan 19mm, mortero cemento arena 1:5 hasta 3.5 m altura.	25.00	m	\$ 36.46	\$ 911.50	20.00	1.25
Chaflan 10x10cm de concreto f <sub>c</sub> =100kg/cm <sup>2</sup>	45.00	m	\$ 43.28	\$ 1,947.60	22.22	2.03
<b>IMPERMEABILIZACIÓN</b>						
Impermeabilización en cimentación	45.00	m <sup>2</sup>	\$ 175.15	\$ 7,881.75	16.67	2.70
Impermeabilización losa plana a base de festerblanc blanco.	104.00	m <sup>2</sup>	\$ 52.96	\$ 5,507.84	25.00	4.16

## 6 CONSTRUCCIÓN INTERIOR

PARTICIONES						
TRADICIONAL						
Muro de block de concreto mediano 12x20x40 cm, 12 cm de espesor, asentado con mezcla de mortero plasto-cem-arena 1:5 con refuerzo de escalerilla a cada 2 hilaas, juntas de 1 cm, acabado común, hasta 3.5m de altura.	183.50	m <sup>2</sup>	\$ 119.42	\$ 21,913.57	14.71	12.47
Castillo de 10 x 20 cm concreto f'c=200kg/cm <sup>2</sup> normal agregado 3/4" con 4 var 3/8" y estribos 1/4" @20 cm, Incluye: cimbra común 3 caras y acarreo a 20 mts.	36.00	m	\$ 143.46	\$ 5,164.56	11.45	3.14
Aplanado fino en muros con mortero de cem-are 1:5 2.5 cm de espesor hasta 3 m de altura incluye pulido con plana y acarreo.	367.00	m <sup>2</sup>	\$ 96.53	\$ 35,426.51	10.53	34.85
Aplanado en muros con yeso espesor 2 cm, fabricando muestras y a plomo y regla, hasta una altura de 3 mts.	367.00	m <sup>2</sup>	\$ 52.31	\$ 19,197.77	18.18	20.19
HIBRIDO						
Muro divisorio tablarroca normal, con 2 paneles de 12.7mm con bastidor a base de poste y canal listón ypsa de 9.2 cm cal 26 ancho de muro 11.74cm, sellado de juntas a base de compuesto redimix y prefacinta.	183.50	m	\$ 189.57	\$ 34,786.10	10.49	17.49
ACABADOS						
Piso de loseta vitrificada 30x30cm, de 1a asentado con mortero de cemento arena 1:4, lechadeado cn cemento blanco-agua.	208.00	m <sup>2</sup>	\$ 247.00	\$ 51,376.00	16.00	13.00
Piso de loseta vitrificada 20x20cm, de 1a asentado con mortero de cemento arena 1:4, lechadeado cn cemento blanco-agua.	85.00	m <sup>2</sup>	\$ 242.00	\$ 20,570.00	16.00	5.31
Remate con mortero yeso-agua en zoclos y recubrimientos tipo lambrín, hasta 3m de altura	42.00	m	\$ 17.38	\$ 729.96	66.67	0.63
PINTURA						
Pintura vinimex en muros y plafones con mezcla, incluye una mano de sellador y dos de pintura	604.00	m <sup>2</sup>	\$ 44.55	\$ 26,908.20	23.81	25.37
Pintura vinimex en muros y plafones con yeso, incluye una mano de sellador y dos de pintura	546.00	m <sup>2</sup>	\$ 36.76	\$ 20,070.96	25.00	21.84
ALUMINIO						
	1.00	lote	\$ 35,000.00	\$ 35,000.00		12.00
CARPINTERIA						
	1.00	lote	\$ 25,000.00	\$ 19,200.00		10.00

7 TRANSPORTACIÓN (NO APLICA)						
8 MECANICOS						
INSTALACIÓN HIDROSANITARIA	1.00	lote	\$ 52,000.00	\$ 52,000.00		10.00
AIRE ACONDICIONADO	1.00	lote	\$ 67,000.00	\$ 67,000.00		5.00
9 ELECTRICO						
ELECTRICIDAD	1.00	lote	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00		2.00
ILUMINACION	1.00	lote	\$ 18,500.00	\$ 18,500.00		3.00
SONIDO	1.00	lote	\$ 12,200.00	\$ 12,200.00		1.50
COMUNICACIÓN	1.00	lote	\$ 22,000.00	\$ 22,000.00		1.50
10 CONDICIONES GENERALES						
PROYECTO	1.00	lote	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00		2.00
LICENCIAS	1.00	lote	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00		3.00
IMPREVISTOS	1.00	lote	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00		1.50
IMPRECISIÓN DE MODELOS	1.00	lote	\$ 38,000.00	\$ 38,000.00		1.50
11 ESPECIALIDADES						
COCINA INTEGRAL	1.00	lote	\$ 85,000.00	\$ 85,000.00		5.00
OTROS	1.00	lote	\$ 68,000.00	\$ 68,000.00		3.00
12 OBRAS EXTERIORES						
LIMPIEZAS						
Limpieza de obra final con detergente en polvo, agua y acido muriatico diluido.	240.00	m <sup>2</sup>	\$ 9.13	\$ 2,191.20	40.00	6.00
Limpieza de muebles sanitarios con detergente en polvo, agua y acido muriatico diluido	8.00	pza	\$ 25.00	\$ 200.00	10.00	0.80
Limpieza durante la obra	240.00	pza	\$ 3.96	\$ 950.40	66.67	3.60
PRELIMINARES						
Limpieza y desentraice a mano de terreno con maleza de 1 m de altura. Incluye: apile de yerba y material.	200.00	m <sup>2</sup>	\$ 2.80	\$ 560.00	83.33	2.40
Trazo y nivelación topográfica de terreno plano por medios manuales para desplante de estructuras estableciendo ejes auxiliares, pasos y referencias. Superficies menores a 300m <sup>2</sup>	150.00	m <sup>2</sup>	\$ 8.68	\$ 1,302.00	222.22	0.68
JARDINERIA - pasto en rollo para tranzplante	60.00	m <sup>2</sup>	\$ 54.63	\$ 3,277.80	83.33	0.72

	TOTAL	TRADICIONAL	\$ 1,148,084.35	JORNADAS=	334.07
	TOTAL	HIBRIDO	\$ 1,101,168.04	JORNADAS=	280.90
		Ahorro	Hibrido/Tradicional		
Diferencia de costo, sistema tradicional - sistema hibrido		46,916.31	96%		
Jornadas totales invertidas		53.17	84%		

ANEXO IV

RELACION DE PARTIDAS TRADICIONALES CON FORMATO MAESTRO	
PARTIDAS	
TRADICIONALES	FORMATO MAESTRO

A GASTOS GENERALES	1 REQUERIMIENTOS GENERALES
B CIMENTACION	3 CONCRETO 4 ALBAÑILERÍA
C ESTRUCTURA DE CONCRETO	3 CONCRETO
D ESTRUCTURA METÁLICA	5 METALES
E ALBAÑILERÍA	4 ALBAÑILERÍA
F ACABADOS	9 ACABADOS
G INSTALACIÓN HIDRÁULICA	15 INSTALACIONES MECÁNICAS
H INSTALACIÓN SANITARIA	15 INSTALACIONES MECÁNICAS
I INSTALACIÓN ELÉCTRICA	16 INSTALACIONES ELÉCTRICAS
J HERRERÍA	8 PUERTAS Y VENTANAS DE VIDRIO
K YESERÍA	9 ACABADOS
L CARPINTERÍA	6 MADERA Y PLÁSTICOS
M CERRAJERÍA	8 PUERTAS Y VENTANAS DE VIDRIO
N VIDRIERÍA Y PLÁSTICOS	8 PUERTAS Y VENTANAS DE VIDRIO
O PINTURA	9 ACABADOS
P INSTALACIONES ESPECIALES	10 ESPECIALIDADES
Q IMPERMEABILIZACIÓN	7 PROTECCIÓN TÉRMICA Y HUMEDAD
R OBRAS EXTERIORES	2 OBRAS EXTERIORES
X VARIOS	11 EQUIPAMIENTO ARQUITECTÓNICO 12 AMUEBLADO 13 CONSTRUCCION ESPECIAL (alberca) 14 ELEVADORES

RELACION DE FORMATO MAESTRO CON PARTIDAS TRADICIONALES	
PARTIDAS	
FORMATO MAESTRO	TRADICIONALES

1 REQUERIMIENTOS GENERALES	A GASTOS GENERALES
2 OBRAS EXTERIORES	R OBRAS EXTERIORES
3 CONCRETO	B CIMENTACION C ESTRUCTURA DE CONCRETO
4 ALBAÑILERÍA	B CIMENTACION E ALBAÑILERÍA
5 METALES	D ESTRUCTURA METÁLICA
6 MADERA Y PLÁSTICOS	L CARPINTERÍA
7 PROTECCIÓN TÉRMICA Y HUMEDAD	Q IMPERMEABILIZACIÓN
8 PUERTAS Y VENTANAS DE VIDRIO	J HERRERÍA M CERRAJERÍA N VIDRIERÍA Y PLÁSTICOS
9 ACABADOS	F ACABADOS K YESERÍA O PINTURA
10 ESPECIALIDADES	P INSTALACIONES ESPECIALES
11 EQUIPAMIENTO ARQUITECTÓNICO	X VARIOS
12 AMUEBLADO	
13 CONSTRUCCION ESPECIAL (alberca)	
14 ELEVADORES	
15 INSTALACIONES MECÁNICAS	G INSTALACIÓN HIDRÁULICA H INSTALACIÓN SANITARIA
16 INSTALACIONES ELÉCTRICAS	I INSTALACIÓN ELÉCTRICA

ANEXO V

**COSTO POR METRO CUADRADO DE CONSTRUCCIÓN**

TIPO	CASA HABITACIÓN
CATEGORÍA	MEDIA
SUPERFICIE	230m <sup>2</sup>
CARACTERÍSTICAS	3 RECÁMARAS, 2 1/2 BAÑOS Y COCINA INTEGRAL

**IMPORTE ESTIMADO POR PARTIDA**

PARTIDA	%	\$/m <sup>2</sup>
CIMENTACIÓN	4.03%	\$ 259.90
SUBESTRUCTURA	1.24%	\$ 79.97
SUPERESTRUCTURA	12.74%	\$ 821.63
CUBIERTA EXTERIOR	15.75%	\$ 1,015.75
TECHUMBRE	1.79%	\$ 115.44
CONSTRUCCION INTERIOR	23.65%	\$ 1,525.23
TRANSPORTACION		
SISTEMA MECANICO	8.43%	\$ 543.67
SISTEMA ELECTRICO	5.47%	\$ 352.77
CONDICIONES GENERALES	16.09%	\$ 1,037.67
ESPECIALIDADES	10.81%	\$ 697.16
OBRAS EXTERIORES		
<b>TOTALES</b>	<b>100%</b>	<b>\$ 6,449.19</b>

Estos precios incluyen los siguientes parámetros:

Indirectos y utilidades de contratistas	24%
Proyectos y licencias	+/- 5%
Impuesto al valor agregado	No incluye

Fecha de actualización 15 de Agosto 2004

Fuente: Costos de edificación / BIMSA / Sept. 2004







## **CAPITULO III CASO DE ESTUDIO**

### **CAPITULO III**

#### **CASO DE ESTUDIO**

El principal objetivo de esta investigación se plantea sobre la propuesta de un sistema constructivo híbrido aplicable a la construcción de una vivienda de nivel medio, a fin de comprobar que mediante su implementación reduce costos y tiempo de ejecución además de brindar propiedades térmicas positivas a la misma generando un menor costo de operación y mantenimiento. Para la racionalización de procesos en este caso se aplican principios de construcción sostenible al proyecto, como lo es la constructabilidad en la etapa de diseño, “Lean Construction” en la etapa de construcción y características de vivienda flexible para lograr que esta sea adaptable a los cambios del proyecto durante su ciclo de vida sin afectar la economía de sus ocupantes.

Para lograr conjuntar estas propiedades en un solo proyecto fue necesaria la generación de un proceso de diseño basado en las dimensiones de los materiales de construcción utilizados en el prototipo. Mediante unos pasos sencillos que consisten en identificar primeramente las medidas estándares de los materiales utilizados en la construcción con sistema tradicional, sistema de paneles de yeso y el sistema que utiliza bloques de concreto celular.

La propuesta de diseño está basada en una vivienda de nivel medio de alrededor de 200 m<sup>2</sup> de construcción con este sistema híbrido, en la que se aplican los conceptos de constructabilidad en la etapa de diseño y Lean Construction en la etapa de construcción, para de esta forma obtener resultados fundamentados de la suma de ventajas de los cuatro principales conceptos considerados en esta investigación:

- Tecnología constructiva híbrida
- Constructabilidad
- Lean Construction
- Vivienda flexible

## PROCESO DE DISEÑO

Previo a la propuesta del prototipo de vivienda en el cual se aplica la tecnología constructiva híbrida, se generó un proceso de diseño que permite la implementación de constructabilidad en la primera etapa del proyecto, que es la etapa de diseño preliminar. La primera parte consiste en elegir un terreno con las características apropiadas para vivienda media, la segunda parte consiste en identificar las medidas nominales de los materiales constructivos utilizados por los distintos sistemas mencionados en el capítulo VI. El tercer paso del proceso es el de identificar qué medidas son las más aptas para la construcción con estos materiales, posteriormente se proponen las dimensiones que otorgan mayor flexibilidad al proyecto y con este punto de partida se genera su diseño.

Se propone un terreno que cumpla con ciertas características de dimensión para limitar las probabilidades de la configuración del mismo.

1) Para vivienda de nivel medio se propone un terreno de 150 a 250 m<sup>2</sup> basado en consideraciones de INFONAVIT y CANADEVI (2004). Que clasifican que un terreno menor es considerado apto para vivienda social y un terreno mayor es considerado apropiado para vivienda de lujo. (ver tabla 8.1)

Medidas de terrenos												
		Frente (metros)										
		8.0	8.5	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	18.0
Profundidad (metros)	12.0	96.0	102.0	108.0	120.0	132.0	144.0	156.0	168.0	180.0	192.0	216.0
	15.0	120.0	127.5	135.0	150.0	165.0	180.0	195.0	210.0	225.0	240.0	270.0
	16.0	128.0	136.0	144.0	160.0	176.0	192.0	208.0	224.0	240.0	256.0	288.0
	18.0	144.0	153.0	162.0	180.0	198.0	216.0	234.0	252.0	270.0	288.0	324.0
	20.0	160.0	170.0	180.0	200.0	220.0	240.0	260.0	280.0	300.0	320.0	360.0
	22.0	176.0	187.0	198.0	220.0	242.0	264.0	286.0	308.0	330.0	352.0	396.0
	25.0	200.0	212.5	225.0	250.0	275.0	300.0	325.0	350.0	375.0	400.0	450.0
	28.0	224.0	238.0	252.0	280.0	308.0	336.0	364.0	392.0	420.0	448.0	504.0
	30.0	240.0	255.0	270.0	300.0	330.0	360.0	390.0	420.0	450.0	480.0	540.0

CARACTERÍSTICA N° 1

Terreno de 150 a 250 m<sup>2</sup> de superficie

 Terrenos que cumplen con requisito N°. 1

Tabla 8.1.- Medidas de terrenos que cumplen con el rango de área superficial.

2) Se propone que el terreno tenga una proporción longitud / frente de 2 a 2.5; esto se debe a que entre mayor es la dimensión de la parte frontal de un terreno, mayor es el costo respectivo, absorbido de pavimentos y servicios públicos; lo que se traduce en un costo de terreno más elevado, por otra parte un terreno que tenga una proporción demasiado alta (más de 2.5) se considera ineficiente debido a su estrechez que limita el diseño y la funcionalidad del mismo. (ver tabla 8.2)

Proporción profundidad/frente											
Profundidad (metros)	Frente (metros)										
	8.0	8.5	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	18.0
12.0	1.50	1.41	1.33	1.20	1.09	1.00	0.92	0.86	0.80	0.75	0.67
15.0	1.88	1.76	1.67	1.50	1.36	1.25	1.15	1.07	1.00	0.94	0.83
16.0	2.00	1.88	1.78	1.60	1.45	1.33	1.23	1.14	1.07	1.00	0.89
18.0	2.25	2.12	2.00	1.80	1.64	1.50	1.38	1.29	1.20	1.13	1.00
20.0	2.50	2.35	2.22	2.00	1.82	1.67	1.54	1.43	1.33	1.25	1.11
22.0	2.75	2.59	2.44	2.20	2.00	1.83	1.69	1.57	1.47	1.38	1.22
25.0	3.13	2.94	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.39
28.0	3.50	3.29	3.11	2.80	2.55	2.33	2.15	2.00	1.87	1.75	1.56
30.0	3.75	3.53	3.33	3.00	2.73	2.50	2.31	2.14	2.00	1.88	1.67

CARACTERISTICA N° 2

Terrenos con proporcionamiento profundidad/frente entre 2 y 2.5


 Terrenos que cumplen con requisito N° 2

Tabla 8.2.- Medidas de terrenos que cumplen con el rango de proporción fondo / frente.

3) En este paso, se sobreponen los resultados de los dos pasos anteriores para obtener las medidas de un terreno que cumpla con ambos requisitos. (ver tabla 8.3)

Terrenos que cumplen con ambas características											
Profundidad (metros)	Frente (metros)										
	8.0	8.5	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	18.0
12.0	96.0	102.0	108.0	120.0	132.0	144.0	156.0	168.0	180.0	192.0	216.0
15.0	120.0	127.5	135.0	150.0	165.0	180.0	195.0	210.0	225.0	240.0	270.0
16.0	128.0	136.0	144.0	160.0	176.0	192.0	208.0	224.0	240.0	256.0	288.0
18.0	144.0	153.0	162.0	180.0	198.0	216.0	234.0	252.0	270.0	288.0	324.0
20.0	160.0	170.0	180.0	200.0	220.0	240.0	260.0	280.0	300.0	320.0	360.0
22.0	176.0	187.0	198.0	220.0	242.0	264.0	286.0	308.0	330.0	352.0	396.0
25.0	200.0	212.5	225.0	250.0	275.0	300.0	325.0	350.0	375.0	400.0	450.0
28.0	224.0	238.0	252.0	280.0	308.0	336.0	364.0	392.0	420.0	448.0	504.0
30.0	240.0	255.0	270.0	300.0	330.0	360.0	390.0	420.0	450.0	480.0	540.0

CARACTERISTICA N° 3

 Terrenos que cumplen con requisitos N° 1 y 2

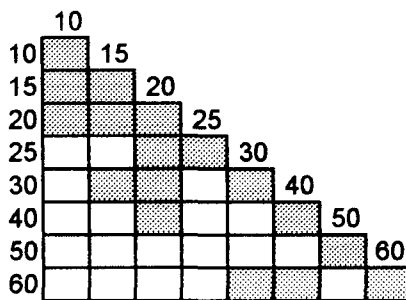
Tabla 8.3.- Terrenos que cumplen con rangos de superficie y rangos de proporción fondo / frente.

4) Para finalmente obtener la configuración del terreno utilizado en este proyecto, se aplicó un principio estadístico básico, el terreno cuyo valor superficial está más próximo a la media poblacional es el que se elige.

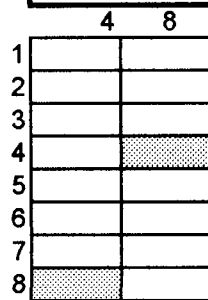
El valor de la media de las 11 posibilidades anteriores es igual a 200.9 mts el terreno cuyo valor superficial es el más aproximado a este valor mide 10 x 20 metros, con una superficie de 200 metros cuadrados.

Una vez definida la dimensión del terreno, se genera una matriz con las medidas más comunes de pisos, block y paneles. (ver tablas 8.4 y 8.5)

Medidas de pisos más comunes. (cms)



Medidas de paneles mas comunes (en pies)



La dimensión del block de concreto más común es la de 40 cms de longitud, para fines de este paso de la investigación se consideran irrelevantes su espesor y su altura.

En el paso siguiente (ver tabla 8.6) se genera una lista con las medidas aplicables a los espacios en un proyecto de vivienda que van desde los 90 cms (un espacio menor a esto no es considerado funcional) hasta los 6 metros; en intervalos de 10 cms (con la finalidad de mantener simplicidad en los procesos, lo que se traduce en mayor productividad en etapas posteriores).

Longitud	Medidas de piso aplicables sin cortes (cms)							Paneles		Dif. (m)	Block	Optima
								(ft)	(m)			
0.9	10	15		30				3.0	0.92	0.02		
1.0	10		20	25		50						
1.1	10											
1.2	10	15	20		30	40	60	4.0	1.22	0.02		
1.3	10											
1.4	10		20									
1.5	10	15		25	30		50	5.0	1.53	0.02		
1.6	10		20			40						
1.7	10											
1.8	10	15	20		30		60	6.0	1.83	0.03		
1.9	10											
2.0	10		20	25		40	50					
2.1	10	15			30			7.0	2.14	0.03		
2.2	10		20									
2.3	10											
2.4	10	15	20		30	40	60	8.0	2.44	0.04		
2.5	10			25			50					
2.6	10		20									
2.7	10	15			30			9.0	2.75	0.04		
2.8	10		20			40						
2.9	10											
3.0	10	15	20	25	30		50	60	10.0	3.05	0.05	
3.1	10											
3.2	10		20			40						
3.3	10	15			30			11.0	3.36	0.06		
3.4	10		20									
3.5	10			25			50					
3.6	10	15	20		30	40	60	12.0	3.66	0.06		
3.7	10											
3.8	10		20									
3.9	10	15			30			13.0	3.97	0.06		
4.0	10		20	25		40	50					
4.1	10											
4.2	10	15	20		30		60	14.0	4.27	0.07		
4.3	10											
4.4	10		20			40						
4.5	10	15		25	30		50	15.0	4.58	0.08		
4.6	10		20									
4.7	10											
4.8	10	15	20		30	40	60	16.0	4.88	0.08		
4.9	10											
5.0	10		20	25			50					
5.1	10	15			30			17.0	5.19	0.09		
5.2	10		20			40						
5.3	10											
5.4	10	15	20		30		60	18.0	5.49	0.09		
5.5	10			25			50					
5.6	10		20			40						
5.7	10	15			30			19.0	5.80	0.09		
5.8	10		20									
5.9	10											
6.0	10	15	20	25	30	40	50	60	20.0	6.10	0.10	






-  Dimensiones más flexibles en medidas de pisos a recibir.
-  Dimensiones de paneles mas comunes en el mercado
-  Combinaciones de paneles de yeso sin cortes.
-  Dimensiones compatibles con block sin necesidad de cortes.
-  Modulaciones óptimas que reúnen 2 o más propiedades requeridas.

Tabla 8.6. Compatibilidad de dimensiones de material constructivo.

Posteriormente se identifican las distintas medidas de piso aplicables a cada una de estas dimensiones, con la condicionante de que sean piezas completas para reducir desperdicios de material y hacer los procesos más eficientes. El mismo criterio se aplica con paneles de yeso y block de concreto.

Una vez obtenidas las dimensiones de longitud óptimas (en rojo, ver tabla 8.6), se generan áreas de forma matricial y se identifican los usos que se les puede dar y de esta forma proponer las más flexibles. (ver tabla 8.7) que en este caso son 3.6 y 4.8 metros, debido a que dentro de ellas puede acomodarse la mayor diversidad de funciones de una vivienda.

		1.2				
1.2	1/2 baño		2.4			
	Servicio / Baño	Baño / Lavandería				
2.4			3.6			
	Servicio / Baño	Lavandería / Cocineta	Recámara secundaria			
3.6				4.8		
	Servicio	Lavandería / Cocineta	Recámara / Cocina	Cochera / Sala / Rec		
4.8					6.0	
	Servicio	Lavandería / Cocineta	Recámara / Cocina	Cochera / Sala	Cochera	
6.0						

Tabla 8.7. Dimensiones combinadas que generan áreas utilizables.

Posteriormente se realizó un diseño de vivienda basado en los procesos descritos anteriormente. En el ANEXO I se incluyen los planos arquitectónicos y constructivos del prototipo.

En un análisis posterior, se cuantifica material, tiempo y costo de ejecución. Se generó un presupuesto conceptual para determinar las diferencias entre el sistema constructivo tradicional y el sistema híbrido. Dichos presupuestos se incluyen en el ANEXO II.

En la siguiente tabla (8.8), se muestra la diferencia en tiempos de ejecución y de peso estructural del sistema tradicional y del sistema constructivo propuesto.

ANÁLISIS DE MUROS		
	Metros Lineales	
Material	Block	Panel
PB	58.5	13.4
PA	40.6	46.7
ALTURA	3.05 mts	
AREA	Metros Cuadrados	
PB	178.5	40.9
PA	123.7	142.5
TOTAL	302.3	183.5
Total muros	485.7 mts <sup>2</sup>	
PESO	Block	Panel
Kg / m <sup>2</sup>	288.0	48.0
(W) Total	Block	Híbrido
PESO (Kg)	139,885.2	95,855.4
PESO (Ton)	139.9	95.9
Diferencia	44.0 Tons.	
RENDIMIENTO	Block	Panel
m <sup>2</sup> / jornada	10.00	40.00
TIEMPO	Block	Híbrido
(jornadas)	48.6	34.8
Diferencia	13.8 Días	

Tabla 8.8. Comparativa de sistemas constructivos en peso estructural y tiempo. (Aplicada en muros)

Se observa claramente la diferencia existente en peso estructural, poco más de 40 toneladas, lo que se traduce en una cimentación menos masiva y por ende menos costosa. Por otra parte el tiempo de ejecución con el sistema constructivo híbrido tiene un ahorro de casi 11 días, lo que se traduce en ahorros de salarios y en una recuperación más rápida de la inversión.

La incorporación del sistema de concreto celular se realiza según la orientación de la vivienda, sustituyendo muros de block de concreto por muros de sistema Hebel. Esto permite una reducción en flujos de temperatura entre el interior y el exterior, representando un ahorro de energía para la operación de la vivienda.

Se pueden generar decenas de tablas como la que se observa a la izquierda, sin embargo la misma información puede inferirse directamente de los presupuestos y programa de obra. (ANEXOS II y III)



## **COSTOS DE EDIFICACIÓN.**

Los costos de construcción tienen un carácter profundamente aleatorio debido a las condiciones bajo las que se desempeña la actividad, el usuario bajo un criterio de Pareto debe investigar con precisión los materiales, equipos, destajos, rendimientos y matrices de mayor relevancia.

Los precios de mano de obra son obtenidos a partir de una investigación directa con constructores en ejecución adicionando los sobre costos por efecto de cuotas e impuestos. Cabe mencionar que el cálculo del salario real utilizado se analiza sobre las bases de Obra Pública razón por la cual no se incluye e cargo por SAR e Infonavit. El costo de herramienta calculado como porcentaje de la mano de obra se incluye dentro de cada una de las cuadrillas, ya que al no existir impedimento normativo alguno resulta mucho más sencillo el estructurarlo de esta manera. Podrá observarse que la diferencia entre el costo de cuadrilla habitacional o no, está en el IVA aplicable sólo a la herramienta. (BIMSA 2001)

Los datos aquí mostrados fueron obtenidos de la publicación “Costos” (BIMSA 2004) manejando clasificación de partidas internacionalmente conocido como Formato- Maestro de la construcción (Master-format).

El formato maestro consiste en 16 partidas o divisiones y en los países como Estados Unidos y Canadá la emplean todos los participantes del proceso de la construcción: proyectistas - Ingenieros y Arquitectos, fabricantes de insumos, dependencias y entidades gubernamentales, grandes contratantes (Wal-Mart) y por supuesto los Contratistas en su gran mayoría. La correspondencia entre lo que en general y tradicionalmente se ha manejado en nuestro medio y las 16 partidas del mencionado formato, puede verse en el ANEXO IV. Y en el ANEXO V se muestra el costo por metro cuadrado de construcción en una vivienda de nivel medio, así como sus características físicas y espaciales.

Para el proceso de presupuestación (ANEXO II), se utilizó información del mismo libro (“Costos” BIMSA, 2004), en el que se establecen costos directos con IVA para obra habitacional. La cuantificación por otra parte se realizó con base en planos constructivos (ANEXO I) y la programación de obra (ANEXO III) se realizó con base en los rendimientos establecidos en: BIMSA, 2004 y CMIC, 2002.

Los procesos y materiales que difieren entre prototipo tradicional y el híbrido, están claramente señalados en el presupuesto y programa, la comparativa técnico-económica se realiza con un costo fijo que incluye todos aquellos conceptos con varianza igual a cero y las comparaciones se basan en los conceptos variables. Como se ve en la tabla 8.9.

MURO INTERIOR (PARTICIONES)						
COCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P. U.	IMPORTE	RENDIMIENTO X JORNADA	TIEMPO (HOR.)
<b>SISTEMA TRADICIONAL</b>						
Muro de block de concreto mediano 12x20x40 cm, 12 cm de espesor, asentado con mezcla de mortero plasto-cem-arena 1:5 con refuerzo de escalerilla a cada 2 hilaas, juntas de 1 cm, acabado común, hasta 3.5m de altura.	1.00	m <sup>2</sup>	\$ 119.42	\$ 119.42	14.71	0.07
Aplanado en muros con yeso espesor 2 cm, fabricando muestras y a plomo y regla, hasta una altura de 3 mts.	1.00	m <sup>2</sup>	\$ 52.31	\$ 52.31	18.18	0.06
Aplanado fino en muros con mortero de cem-are 1:5 2.5 cm de espesor hasta 3 m de altura incluye pulido con plana y acarreo.	1.00	m <sup>2</sup>	\$ 96.53	\$ 96.53	10.53	0.09
Repellado muros mortero cem-are 1:5 2 cm de espesor hasta 3 m de altura	1.00	m <sup>2</sup>	\$ 57.01	\$ 57.01	14.93	0.07
<b>SISTEMA HIBRIDO</b>						
Muro divisorio tablarroca normal, con 2 paneles de 12.7mm con bastidor a base de poste y canal liston ypsa de 9.2 cm cal 26 ancho de muro 11.74cm, sellado de juntas a base de compuesto redimix y prefacinta.	1.00	m	\$ 189.57	\$ 189.57	10.49	0.10

Tabla 8.9. Ejemplo de Conceptos variables de sistemas constructivos. (Aplicada en muros)

La aplicación de “Constructabilidad” y “Lean Construction” se asume teóricamente, basada en información bibliográfica mencionada y registrada en los capítulos IV y V. Ya que por falta de recursos es imposible medir dichas diferencias en una construcción real.

Observaciones: Los resultados de los presupuestos presentados, se han obtenido por el método de ensambles con una precisión de +/-15%, sistema que por su naturaleza requiere de una clasificación, estructura y desglose de partidas que atiende a elementos o sistemas constructivos divididos en 12 partes, conocido como UNIFORMATO. Ver Tabla 8.10

UNIFORMATO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	
1 CIMENTACIÓN	FIRMES
2 SUBESTRUCTURA	MUROS DE CONTENCION EXCAVACION PARA SOTANOS
3 SUPERESTRUCTURA	LOSAS Y TRABES COLUMNAS ESCALERAS
4 CUBIERTA EXTERIOR VERTICAL	FACHADAS COLINDANCIAS
5 TECHOS	IMPERMEABILIZACION TRAGALUCES
6 CONSTRUCCION INTERIOR	MUROS DE CONTENCION ACABADOS PARTICIONES
7 TRANSPORTACION	MUROS ACABADOS PARTICIONES
8 MECANICOS	HIDROSANITARIO AIRE ACONDICIONADO
9 ELECTRICO	ELECTRICIDAD ILUMINACION SONIDO COMUNICACIÓN
10 CONDICIONES GENERALES	PROYECTO LICENCIAS IMPREVISTOS IMPRECISION DE MODELOS
11 ESPECIALIDADES	COCINA INTEGRAL
12 OBRAS EXTERIORES	GENERAL

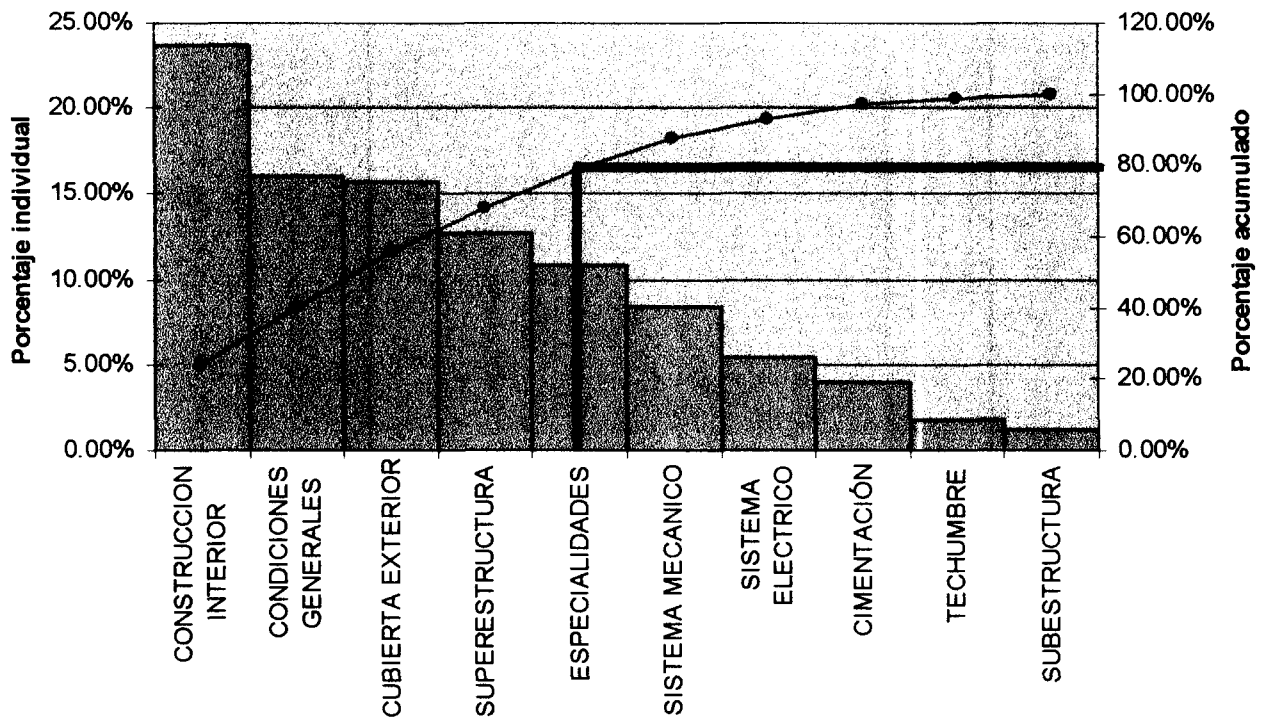
En el ANEXO V se hace una evaluación de costo por metro cuadrado de construcción, en el que se asigna un porcentaje a cada una de las particiones del uniformato. Orientado en este caso a vivienda de nivel medio que consta de 230 m<sup>2</sup> de construcción, 3 recámaras, 2 ½ baños y cocina integral.

Tabla 8.10. Uniformato de sistemas constructivos.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se observa que casi el 80% (79.04% para ser exactos) del costo de la vivienda se encuentra en 5 ensamblajes (ver gráfico 8.1):

- CONSTRUCCIÓN INTERIOR
- CONDICIONES GENERALES
- CUBIERTA EXTERIOR
- SUPERESTRUCTURA
- ESPECIALIDADES

**Diagrama de Pareto por Ensamblajes**



Ensamblajes definidos por un formato de sistemas constructivos

Gráfico 8.1. Impacto en costo total de vivienda definido por ensamble con aplicación de principio de Pareto.

Por lo que son los puntos en los que más énfasis se hace al diseñar y proyectar la vivienda y al proponer el sistema constructivo híbrido con racionalización de procesos.

La construcción interior formada por muros de contención internos, acabados y particiones (23.65% del costo) se optimiza al modular las dimensiones de espacios y muros consiguiendo ahorro de materiales utilizados en construcción interior así como pisos y recubrimientos, aplicando así el concepto de “uncut units”. Además se reduce la necesidad de aplicar ciertos acabados como por ejemplo yesería, concepto totalmente eliminado en muros hechos a base de panel de yeso. En este caso, toda la construcción interior se propone a base de muros de paneles de yeso.

Las condiciones generales que incluyen el costo del proyecto, licencias, imprevistos e imprecisión de modelos (16.09% del costo) se hacen menos costosas debido a la reducción de imprevistos e imprecisiones de modelos, por tener un diseño completamente terminado y una planeación sumamente precisa. Esto se logra mediante la aplicación de Constructabilidad en etapas de diseño y planeación. No se define exactamente cómo se divide este 16%, sin embargo los imprevistos junto con imprecisiones pueden representar por si solos hasta un 10% del costo de un proyecto de construcción de acuerdo a entrevistas con profesionales de la construcción.

La cubierta exterior vertical que comprende muros de fachadas y colindancias (15.75% del costo) se hace más eficiente al modular el sistema en dimensiones exactas para disminuir actividades que no generan valor. Como lo son el tener que transformar el material para cumplir con dimensiones que no cumplen con el concepto de “uncut units” (unidades enteras). En este proyecto se propone realizarlos con sistema tradicional para dar rigidez estructural al inmueble y seguridad, se recomienda sustituir el block de concreto por block de concreto celular en los muros que conforman la vivienda (no bardas colindantes) cuya incidencia solar proviene del poniente, con la finalidad de obtener un mejor desempeño térmico.

La superestructura compuesta por losas, trabes, columnas y escaleras (12.74% del costo) se optimiza al disminuir la carga estructural del edificio al utilizar materiales ligeros como son: losas aligeradas, paneles de yeso y concreto celular. Que también repercute directamente en ahorros de cimentación (44 toneladas de carga muerta menos. Es decir: 140 toneladas de muros contruidos únicamente con block contra 96 toneladas de muros contruidos exteriores con block e interiores con panel. Si consideramos los factores de seguridad aplicables, el peso ahorrado asciende hasta poco más de 60 toneladas).

Y por último el ensamble de especialidades cuyo porcentaje del costo del proyecto asciende a 10.81%, en este caso, al no ser conceptos realizados directamente por el diseñador/constructor representan un reto de coordinación entre éste y los especialistas para reducir su impacto en tiempo y costo en el resultado final del proceso. En este caso se sugiere aplicar principios de Lean Construction, como lo son: Ingeniería Concurrente y Just in Time (JIT). Para lograr mejoras en el desempeño del proyecto.

## **CAPITULO IV CONCLUSIONES**

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES

- 1.- Esta propuesta es una solución viable para el déficit de vivienda en México, ya que con la capacidad instalada de la industria constructora (meta para 2006: 750,000 casas al año) y con la misma cantidad de inversión (Infonavit 8,024 MDP Bancos y SOFOLES 586,700 MDP 2003) Se puede construir más vivienda, debido a un menor costo por unidad y a la mejora en productividad.
- 2.- Se rescata la relación cliente-arquitecto, al brindar opciones de configuración y diseño. Relación totalmente olvidada por la industria al producir vivienda en serie diseñada para generar utilidades y no para satisfacer necesidades.
- 3.- Se logra una optimización de recursos por medio del diseño sensible a la construcción, esto es: la constructabilidad. (Hasta en 23% en algunos casos). [Tatum, Vanegas y Williams, 1986]
- 4.- Se obtiene una vivienda que además de ser flexible, puede ser progresiva, debido a la misma flexibilidad, puede ser construida en dos etapas, primer nivel en la primera etapa y segundo nivel en la segunda, y en cada una de las etapas se obtiene un modelo completamente funcional y habitable.
- 5.- Los resultados obtenidos son sumamente convenientes tanto para el constructor (mayor productividad = mayores utilidades) como para el inversionista (menor tiempo para retorno de inversión) y los usuarios (una casa a la medida y ahorro de energía).
- 6.- En caso de que un cliente exija un solo sistema constructivo, aún se obtiene un ahorro en tiempo de ejecución y en desperdicio de materiales.



7.- Existen nuevos sistemas y productos constructivos a nivel mundial, que en nuestro país aún no están disponibles; lo que hace evidente el atraso tecnológico en el que la industria de la construcción se encuentra actualmente.

8.- Se obtuvo una vivienda flexible, puede crecer y transformarse, cuenta con mejores prestaciones para climas calurosos como lo es el aislamiento térmico en muros y losas lo que le otorga características de sostenibilidad, a un costo menor que el de una vivienda diseñada y construida con el sistema tradicional.

9.- Se hacen las siguientes recomendaciones acerca de la utilización de los diversos sistemas constructivos contemplados en la investigación:

- Usar el concreto celular (CCA) para muros exteriores que reciban la incidencia solar poniente, debido a que este material tiene propiedades térmicas de alto desempeño. Además reduce el peso de la estructura.
- Utilizar el sistema a base de paneles de yeso en divisiones interiores, porque reduce cargas estructurales lo que se traduce en menor costo, por otra parte es fácilmente reutilizable, lo que otorga flexibilidad a la construcción.
- El Sistema tradicional puede ser utilizado en la estructura y muros perimetrales, así como en cimentaciones, castillos, vigas y columnas, ya que es barato y la mano de obra mexicana lo conoce muy bien.

10.- Al sumar las características positivas que la filosofía “Lean Construction” (construcción sin pérdidas) aporta a un proyecto, se obtuvo un modelo de vivienda costeable, que puede ejecutarse 16% más rápido según los resultados obtenidos de esta investigación. Esto debido a la reducción de actividades que generan poco valor como transformación de materiales y acarreos, así como la reducción en la cantidad de actividades distintas para obtener un producto terminado.

11.- Se puede profundizar de forma individual en las variables fundamentales de la investigación:

- Lean Construction
- Constructabilidad
- Vivienda Flexible
- Sistemas Constructivos

Lo que deja abierta la posibilidad a futuras investigaciones.

12.- Es evidente que la prefabricación, reducción de desperdicios, recorte en tiempos y aumento en calidad, son conceptos que ya existen en otras industrias con resultados favorables, es por esto que debemos incorporarlos a la nuestra. La industria automotriz ya lo hizo a principios de siglo con la producción continua, la industria manufacturera con producción en serie entre otras estrategias. En realidad la construcción actualmente se encuentra en un gran atraso tecnológico en comparación con los otros motores de la economía. Ahí reside la importancia de invertir en investigación y desarrollo para la industria de la construcción.

13.- Existen muchos métodos y filosofías para optimizar procesos, se recomienda evaluar cada uno de estos para conocer la viabilidad de su aplicación en las etapas posteriores de las de planeación y diseño, lo que deja abierta la posibilidad a futuras investigaciones para analizar la aplicación de principios de calidad a las etapas de abastecimiento, construcción, mantenimiento, ocupación e incluso restauración de un proyecto.

14.- Tener un enfoque multidimensional de la vivienda nos ayuda a comprender sus procesos, resultados, conceptos y por lo tanto nos ayuda a optimizarla, debido a esto se recomienda analizar la vivienda desde todos los puntos de vista posibles y no sólo quedarse en materiales y funciones de la misma.

